



**Tesis en opción al grado académico de Máster en Ciencias en
Producciones más Limpias**

***Propuesta de Producciones más Limpias en la Planta de
Secado y Beneficio de granos UEB “Eduardo Lamas”***

Autora: Lic. Dianely Pacheco Martín

Tutora: Dr. C Zuleiqui Gil Unday

Dr. C: Janet Jiménez Hernández

Sancti Spíritus, 2022

Agradecimientos

A la ENPA, por permitirme acompañarlos en el cumplimiento de sus metas y contribuir a mi superación.

Al Centro de Estudios de Energía y Procesos Industriales, en especial a los profesores del módulo Producciones Más Limpias.

A mis tutoras por el apoyo en el desarrollo de esta investigación.

A Yusi por su ayuda incondicional en cada proceso de mi Maestría.

A mi familia maravillosa.

Dedicatoria

A mi padre; donde sea que esté, me acompaña.

A mami, que sin ella nada de lo que he logrado hubiera sido posible.

A YOSELIN, el Sol de cada uno de mis días.

A mi esposo, apoyo incondicional en cada paso de mi vida.

Resumen

Durante el proceso de beneficio y secado de granos en la Planta de Secado, Beneficio y Empaque "Eduardo Lamas Díaz", se generan volúmenes considerables de desechos (impurezas y materias extrañas, como las vainas del frijol, pajas y residuos de cosecha agrícola) unido a otros como las cenizas del proceso de secado, producto de la combustión de la leña y la cascarilla de arroz. La presente investigación persigue implementar alternativas de producciones más limpias para los residuos de dicha instalación. Se realizó la toma de muestras para la caracterización de la composición química de los bioresiduos en cuanto a macro y micro nutrientes a través de técnicas de espectrometría de masas con plasma de acoplamiento inductivo (ICP-MS) y el procesamiento de extracción por microondas. Los resultados apuntan a que son posibles a usar como fertilizantes orgánicos en la agricultura y en cuanto a la presencia de trazas tóxicas acorde con las normas analizadas no se consideran perjudiciales.

Índice

Introducción	1
Capítulo I: MARCO TEÓRICO REFERENCIAL	6
1.1 La producción de frijol: desde el surco hasta el grano limpio	6
1.1.1 Proceso de secado de granos.	7
1.1.2 Proceso de limpieza del frijol	8
1.2 Producciones más limpias en el sector agroproductivo.	9
1.2.1 Producciones más limpias en la agroindustria.	10
1.2.1.2 Producciones más limpias en Cuba.	11
1.3 Metodologías de Producción más Limpia.	12
1.4 Valorización de residuos agrícolas.	17
Conclusiones parciales.	18
CAPÍTULO II: PROCEDIMIENTO DE OPORTUNIDADES DE PML EN LA PLANTA DE SECADO, BENEFICIO Y EMPAQUE UEB “EDUARDO LAMAS DÍAZ”.	20
2.1. Aspectos para la caracterización General de la Planta de Secado, Beneficio y Empaque Eduardo Lamas Díaz.	20
2.2 Procedimiento de oportunidades de PML en la Planta de Secado, Beneficio y Empaque UEB “Eduardo Lamas Díaz”.	22
2.2.3. Fase I. Planificación del estudio.	22
2.2.4 Fase II: Análisis del proceso.	24
2.2.4 Fase III. Generación de oportunidades de PML .	27
Conclusiones Parciales.	31
CAPÍTULO 3: RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE LA APLICACIÓN DEL PROCEDIMIENTO DE OPORTUNIDADES DE PML EN LA PLANTA DE SECADO, BENEFICIO Y EMPAQUE UEB “EDUARDO	32

LAMAS DÍAZ”.

3.1 Resultados de la caracterización General de la Planta de Secado, Beneficio y Empaque Eduardo Lamas Díaz.	32
3.2 Resultados del procedimiento de oportunidades de PML en la Planta de Pecado, Beneficio y Empaque UEB “Eduardo Lamas Díaz”.	34
3.2.1 Fase I. Planificación del estudio.	34
3.2.2 Fase 2 Análisis del proceso.	36
3.2.3 Fase III. Generación de oportunidades de PML.	45
Conclusiones	54
Recomendaciones	55
Referencias bibliográficas	56

Introducción

La cantidad, en aumento cada día, de organizaciones prestadoras de productos y servicios que emplean materias primas e insumos, generan grandes volúmenes de desechos que generalmente, se disponen en la zona donde se encuentra asentada. Cada sector en particular genera residuos en diferentes porcentajes de acuerdo con los tipos de bienes que fabrican o procesan, por lo que es importante establecer acciones preventivas en las organizaciones para minimizar la contaminación antes del vertimiento o disposición final. A partir de esta problemática las sociedades, representadas por sus gobiernos, han exigido por un desarrollo sostenible y por la responsabilidad de cada quien dentro de un contexto de legislaciones cada vez más estrictas y presiones con relación a la contaminación del medio ambiente. (Méndez, 2011)

Los problemas ambientales ocasionados por la industria agropecuaria son evidentes: la contaminación hídrica, el deterioro de suelos, la pérdida de la biodiversidad y de la base ecosistémica.

La reutilización de los bioresiduos sólidos que se generan en el proceso agroproductivo de la cosecha y secado de granos continúan siendo hoy alternativas viables desde el punto de vista ambiental y económico. (Gollakota, 2019). entre estos se encuentran: las cenizas, los restos de biomasa de los cultivos (hojas, pajas, tallos, frutos), o el residuo agrícola de la cosecha (RAC) propiamente dicho que contiene restos de biomasa y algo de suelo.

La generación de ceniza se debe al aumento del uso de la biomasa como fuente renovable de energía para sustituir combustibles fósiles (Ouvrard, 2019). Este residuo resulta por tanto, de alto valor agregado por sus propiedades como fertilizante mineral tanto para la agricultura convencional como alternativa. (Symanowicz, 2018). No obstante, su valor fertilizante va a depender del tipo biomasa o procedencia y del suelo de origen. (Füzesi, 2019).

Acorde con la literatura las cenizas aportan macro y micronutrientes a los cultivos, los cuales pueden ser fácilmente absorbidos por las plantas por encontrarse en forma de óxidos, y en ocasiones pueden usarse como reguladores del pH o en tratamientos de recuperación de suelos acidificados en la producción agrícola. (Krishnan, 2020), (Maresca, 2017), (Trivedi, 2018)

Los resultados de la caracterización de las cenizas de biomasa a escala internacional indican bajos niveles de metales pesados (cadmio, plomo, zinc, cobre, cromo y níquel), lo que evita una futura contaminación del suelo y de las plantas actualmente una de las consecuencias adversas derivadas de la fertilización con fertilizantes fosfatados convencionales. (Renyong, 2017)

Los restos de biomasa de los cultivos y los (RAC) han sido ampliamente utilizados en los procesos agrícolas a partir de las técnicas de *mulch* y *compost* para fertilizar los suelos y mejorar sus características físico químicas. Por lo que existen importantes reportes en cuanto a la composición de micro y macro nutrientes de estos y la capacidad de absorberse por los cultivos. (Smitha, 2019 y Peña, 2016) resultados muy favorables obtuvo el compost de frijol en cuanto aportes de N al suelo en el cultivo de la *Ocimum sanctum Linn* para usos medicinales. (Smitha, 2019).

En el caso de la combinación de varios tipos de bio residuos originados de procesos agroindustriales donde las cenizas, restos de biomasa de los cultivos y el residuo agrícola de la cosecha (RAC) se utilizaron para la fertilización en la producción de cultivos tropicales. (Smitha, 2019 y Yong-Chou, 2016), también se obtuvieron resultados satisfactorios.

En el caso Cuba, los estudios sobre las cenizas han estado asociados a la combustión del bagazo y de la paja de caña (Cuellar, 2003). Las caracterizaciones de estas son del 2002 donde como resultado se obtuvo que el principal componente de la ceniza es el óxido de silicio, seguido en proporción comparativamente pequeña por compuestos de potasio, fósforo, aluminio, calcio, magnesio y microelementos como el hierro y se demostró los beneficios de estos como fertilizante orgánico para la producción cañera. (Cuellar, 2003)

Sin embargo, no son suficientes los estudios informados en la literatura consultada sobre el uso de cenizas a partir de la combustión de otras biomásas y su potencial en cuanto a presencia de micro y macro nutrientes para utilizarse en otros cultivos de alta demanda como la producción de frijol.

En cuanto a restos de biomasa de los cultivos y RAC se informan varios estudios de su utilización como fertilizante orgánico tanto en la agricultura

convencional como alternativa, usando para ellos diferentes residuos y todos ellos con resultados favorecedores. (Gálvez, 2019). No obstante, no se encontró suficiente información sobre la caracterización química de estos residuos.

El frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) forma parte del grupo de las leguminosas comestibles. Según estadísticas de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) se sitúa como un complemento nutricional indispensable en la dieta diaria de más de 400 millones de personas en el mundo. (Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2015) En 2018, la producción agrícola de frijol en Cuba ascendió a más de 161,5 mil toneladas métricas, el valor más alto reportado en el período expuesto. Esto representa un aumento de aproximadamente 22 por ciento con respecto al año anterior, cuando se produjeron en el país cerca de 132,2 mil toneladas de frijol. (Chailloux, 2006) El frijol absorbe cantidades altas de N, K y Ca y en menor cantidad S, Mg y P. Por lo que biofertilizantes con esa composición podrían influir de forma positiva en el desarrollo de una plantación de frijol. (Gálvez, 2019)

No obstante, esta creciente producción de granos en Cuba, en particular del frijol, hace necesario crear las condiciones para la sostenibilidad de las tecnologías implementadas, teniendo en cuenta el enfoque de economía circular y desarrollo sostenible que se establece en el Programa de desarrollo del País para el 2030. En este sentido, una de las herramientas utilizadas exitosamente, es la Metodología de Producción Más Limpia (PML), cuya esencia es la aplicación continua de estrategias ambientales preventivas integradas a los procesos, productos y servicios para aumentar la eficiencia y reducir los riesgos e impactos perjudiciales a los seres humanos y al ambiente. (Vargas, 2006)

De esta forma la Empresa Agroindustrial de Granos Valle del Caonao, ubicada en el municipio espiritano de Yaguajay, posee entre sus instalaciones la Planta de Beneficio, Secado y Empaque de granos “Eduardo Lamas Díaz” con capacidad de 40 t/d. El objetivo de dicha planta consiste en mejorar la calidad del grano que se procesa, a partir de su limpieza lo que permite optimizar su almacenamiento. Sin embargo, durante el proceso de beneficio del frijol se

generan volúmenes considerables de desecho (impurezas y materias extrañas, como las vainas del frijol, pajas y residuos de suelo) unido a otros como las cenizas del proceso de secado, producto de la combustión de la leña y la cascarilla de arroz (fuentes energéticas para el secado).

Todo lo anterior se puede resumir en la necesidad de introducir alternativas de producciones más limpias en las plantas de beneficio, secado y empaque de granos que contribuya a su sostenibilidad ambiental aprovechando las potencialidades que presuponen la reutilización de sus desechos en la propia producción de granos a partir de las características biofertilizantes de los restos de cosecha así como del proceso industrial de secado (cenizas).

Partiendo de estos elementos se plantea el siguiente **problema científico**:
¿Cómo pueden implementarse acciones de PML en función del manejo de los residuos generados de la Planta de Secado, Beneficio y empaque Eduardo Lamas Díaz?

Hipótesis

El manejo de los residuos generados en la Planta de Secado, Beneficio y Empaque UEB Eduardo Lamas Díaz puede constituir una alternativa de producción más limpias en beneficio de la propia organización.

Objetivo general

Proponer acciones de PML a partir del manejo de los residuos de la Planta de Secado, Beneficio y Empaque “Eduardo Lamas Díaz”

Objetivos específicos

1. Caracterizar los procesos de la planta de secado y beneficio de granos Eduardo Lamas Díaz.
2. Evaluar las potencialidades de la valorización agrícola de los residuos mediante una caracterización de estos a través de técnicas de espectrometría de masas con plasma de acoplamiento inductivo (ICP-MS) y el procesamiento de extracción por microondas.

3. Determinar oportunidades de PML en la planta de Secado y Beneficio de Granos, teniendo en cuenta la capacitación, la introducción de buenas prácticas y la valorización agrícolas de los residuos.

CAPÍTULO I: MARCO TEÓRICO

1.1 La producción de frijol: desde el surco hasta el grano limpio

El frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) es una leguminosa anual, intensamente cultivada desde el trópico hasta las zonas templadas, ocupando más del 80% de la superficie sembrada anualmente (15 millones de hectáreas). Las leguminosas de granos contienen 2,5 veces más proteínas que los cereales, y en esto reside fundamentalmente su prioridad nutritiva. Esa proteína es mucho más rica en lisina y aminoácidos, que la de los cereales, pero comparada con ellos, su contenido de metionina, un importante aminoácido azufrado, es ligeramente inferior. De ahí que el frijol constituya un adecuado complemento alimentario y por esa razón es un alimento básico para los países de América Latina. Los mayores productores de la región son México que siembra 1.6 millones de ha con 1.2 millones de toneladas y Brasil 3.9 millones de ha sembrada y 3.3 millones de toneladas. Los mejores rendimientos se obtienen en Canadá y EEUU con 1.9 y Argentina 1.3 t/ ha. En Cuba se siembran alrededor de 100 000 ha anuales para su consumo seco con un rendimiento medio de 1.1 t/ha. (O.N.E., 2009.) El per cápita anual normado para la distribución a la población es de 6.9 Kg, sin tener en cuenta el consumo de los comedores Institucionales. (FAO,2009)

El frijol común se cultiva en suelos con condiciones físicas y químicas muy variables. En algunos de ellos, las deficiencias nutricionales pueden afectar el desarrollo y el rendimiento del cultivo. La información disponible de varios autores es variable con diferentes variedades y poblaciones (250-300 mil plantas/ha). El promedio de absorción de nitrógeno, fósforo y potasio, es 133.8 – 16.0 – 116.6 kg/ha, respectivamente, y una media de extracción y exportación de 32.2 – 5.4 – 17.2 kg/t en las semillas, para alcanzar el potencial de rendimientos de las variedades. El fertilizante completo debe aplicarse en el fondo del surco en el momento de la siembra. Con la fórmula 8-24-16, (375 kg/ha) que aporta 25% de N, 60% con *Rhizobium* (1 kg/ha de inoculo) y 15% foliar (50 kg/ha de urea) según paquete tecnológico. (Ministerio de la Agricultura, 2016)

Para obtener un mejor rendimiento del cultivo del frijol en términos de producción de grano, una nutrición mineral balanceada es fundamental. El conjunto de prácticas agronómicas como la adecuada preparación del suelo y la fertilidad natural de este, el potencial productivo de la variedad, semilla, época y condiciones climáticas, son factores que influyen en el estado nutricional de la planta, resultando de una mayor o menor productividad.

El nitrógeno es un elemento muy importante en el cultivo del grano, de fósforo necesita cantidades pequeñas. Sin embargo, este elemento, en la mayoría de los casos no se encuentra disponible en el suelo. El cultivo tiene grandes necesidades de potasio y calcio. (Manual de recomendaciones técnicas,2009).

Estas necesidades son suplidas en la mayoría de los casos por fórmulas comerciales que implican altos costes para la producción de este importante alimento.

Al igual que con otros productos agrícolas, la producción de granos enfrenta el deterioro de los recursos naturales por la agresividad del grupo de fertilizantes químicos que necesita este cultivo. Por ello existe la necesidad de desarrollar alternativas de manejo rentables, respetuosas con el medio ambiente y que proporcionen mayores rendimientos.

1.1.1 Proceso de secado de granos.

El continuo aumento de la producción de granos y la conveniencia de realizar la cosecha anticipada de los mismos (separando al grano de la planta madre si bien ya formado pero con un alto contenido de humedad), exigencias del mercado, etc. hacen que día a día la práctica de secado acreciente su importancia.

El secado de grano, la preparación como limpieza y selección del mismo, es muy importante para guardarlo y para el éxito de cualquier método de almacenamiento. Si el grano húmedo se almacena sin que el aire pase a través de él, se calentará, respirará más rápido y producirá más calor y humedad; por lo tanto, el grano caliente, se deteriorará más rápido. Si el grano está húmedo el calor aumenta más rápido, los hongos se desarrollan velozmente y puede germinar.

El secado artificial produce la principal transformación del grano en lo que llamamos la post-cosecha y a su vez es el procedimiento que más atención requiere para no afectar la calidad del mismo. Su objetivo fundamental es lograr que, durante el almacenamiento, el grano conserve sus características por el mayor tiempo posible. (Muñoz, 2014)

Según Boffa, 2012, el proceso de secado de granos debe dar respuesta a cuatro requerimientos:

- 1) Disminuir el contenido de agua en los granos.
- 2) Evitar la germinación de las semillas.
- 3) Conservar la máxima calidad del grano.
- 4) Alcanzar un grado de humedad que no permita el crecimiento de bacterias y hongos y, que retarde considerablemente el desarrollo de ácaros e insectos.

El creciente impacto económico y ambiental derivado del uso de combustibles fósiles hacen del secado de granos una práctica de gran importancia técnico-económica, por lo que la industria ha intensificado la búsqueda de soluciones para mejorar el rendimiento de las secadoras de granos

El uso de la biomasa en sustitución de combustibles como el diésel, provoca como impacto negativo, la generación de cenizas. La mayoría de las instalaciones que procesan el secado de granos mantienen asentados grandes volúmenes de este residual si un destino final.

Es así que se hace necesario la propuesta de una estrategia ambiental que minimice o elimine este problema ambiental que afecta el entorno del local y, consecuentemente, la salud de los trabajadores.

1.1.2 Proceso de limpieza del frijol

La limpieza o clasificación constituye una etapa muy importante en la explotación del grano y tiene por finalidad eliminar en su totalidad las impurezas que acompañan a los cosechas provenientes de los campos, uniformizando y elevando su calidad independientemente de sus características.

La limpieza o clasificación debe ser realizada con la mayor eficiencia (máxima capacidad de separación y mínima pérdida del grano) ya que de otra manera el costo de la operación aumenta en forma notable. (Manual de manejo pos cosecha. Ministerio de la Agricultura, 2018)

El proceso se basa en la utilización de zarandas vibratorias, cribas y ventiladores que generan una corriente de aire, interviniendo en el proceso el tamaño y la densidad de los granos y de las impurezas que los acompañan. La separación de estas impurezas, favorecen el proceso de conservación, eliminando partículas con mayor contenido de humedad, o de mayor dimensión, para evitar que se puedan producir obstrucciones e incendios.

En este proceso, se entiende por impurezas no solamente las semillas de malezas o de cultivos contaminantes sino también las semillas anormales del propio cultivo (pajas de frijol, residuos de suelo) así como restos vegetales en general, insectos, tierra, arena, etc. Estos residuos son depositados de igual forma en lugares aledaños a la instalación impactando negativamente el ecosistema.

1.2 Producciones más limpias en el sector agroproductivo

La producción más limpia (PML) es una estrategia preventiva que se aplica a los procesos, productos y servicios, con la finalidad de aumentar la eficiencia y reducir los riesgos para los seres humanos y el medio ambiente (Rojas,2011). Este concepto, el cual tomará como referente la presente investigación, requiere modificar actitudes, desarrollar una gestión ambiental responsable, crear las políticas nacionales convenientes y evaluar las opciones tecnológicas.

La aplicación de procedimientos de PML va dirigido a mitigar la contaminación ambiental, mejorar el desempeño de la empresa, y la satisfacción de los clientes. Así, para la empresa se traduce en el incremento de los beneficios económicos, posibilita el acceso a nuevos mercados, reduce el riesgo de sanciones ante auditorías ambientales, permite la incorporación del concepto de mejoramiento continuo, así como de control de los costos y la satisfacción del criterio de inversión. Para los clientes muestra mayor confianza con la

gestión de la calidad y con la Gestión Ambiental demostrable, incrementa la sustentabilidad del producto y su aceptación, aumenta la vida útil del producto, propicia mayores cuidados en la disposición final del mismo, hace que la empresa piense más en el cliente y reduce el riesgo de no satisfacerlos. Referido al medio ambiente, trae consigo el uso racional de materias primas y otros insumos, la conservación de los recursos naturales, la disminución y control de los contaminantes y la armonización de las actividades con el ecosistema.” (Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial, 2014); (Cuba. Oficina Nacional de Normalización, 1999). (Citado por Gil, 2018)

1.2.1 Producciones más limpias en la agroindustria.

Acorde con (Djamhari, 2004), (Siregar, 2006), (Fadhil, 2017) la agroindustria es una solución para los productos agrícolas, lo que significa que los productos agrícolas necesitan ser procesados hasta cierto nivel para generar valores añadidos. Por lo que las PML son una opción de estrategias preventivas que permiten cumplimentar esos valores añadidos que abarcan las dimensiones sociales, ambientales y económicas.

Acorde con la FAO (2002) la agricultura ha sido uno de los sectores más afectados por la contaminación ambiental. En la búsqueda de soluciones a esta contaminación surgen el concepto de agroecología entendida como la aplicación de la ciencia ecológica al estudio, diseño y manejo de agroecosistemas sustentables como máxima expresión de las producciones más limpias en el sector agropecuario (Altieri M., 2011).

A la vez que aparece la creación de varios Centros de Producciones más Limpas (CP+L) en el contexto de las Américas entre 1995 y 2000, con la participación de Brasil, México, Costa Rica, Guatemala, El Salvador, Nicaragua y Cuba. El objetivo es ofrecer metodologías, accesorias y guías para la implementación de PML. Cada uno de los países cuenta con instrumentos y políticas que han permitido que el tema de la PML se introduzca en su agenda nacional (Roa, 2016).

Entre las responsabilidades que promueve el concepto de PML está el cumplimiento de la legislación ambiental vigente, la oferta y demanda de productos inocuos, el consumo sostenible, el posicionamiento competitivo de las empresas agropecuarias y de los sistemas productivos y la reducción de impactos ambientales durante el proceso de prestación del servicio. (European, 2017) ,(Gil, 2018), (Roa, 2016).

De acuerdo con el estudio realizado por Flórez y Calderón (2013) las estrategias de producción más limpia en el sector agropecuario se pueden dividir en tres categorías:

1. Estrategias de conservación de recursos: Sistemas agroforestales, patrimonio hídrico, mantenimiento de la base ecosistémica, prácticas de conservación del suelo y adecuado almacenamiento de productos y agroquímicos.
2. Estrategias de reducción de materias tóxicas: Manejo integral de residuos, manejo integrado de plagas y enfermedades, reducción de residuos tóxicos
3. Estrategias de eliminación de materias tóxicas: Producción 100% orgánica.

Sin embargo, en el caso de la producción agroindustrial de granos la introducción de metodologías de producciones más limpias ha sido limitada, y en Cuba existen muy pocas experiencias a pesar del crecimiento que ha existido en la última década de la modernización de la actividad agroproductiva relacionada con la producción de granos, su correcto tratamiento poscosecha y su comercialización dado a la necesidad de este como fuente de proteínas en la alimentación de los cubanos.

1.2.1.2 Producciones más limpias en Cuba

Los principios de la agricultura sostenible, la conservación de la biodiversidad, la reducción del uso de los agroquímicos, el empleo de buenas prácticas agrícolas, la elaboración y aplicación de biofertilizantes y bioplaguicidas, el rescate de las prácticas de la agricultura tradicional, la revalorización de la economía agrícola familiar, y el desarrollo socio-económico de la comunidad, entre otros, constituyen prioridades en las políticas de Gestión ambiental de

Cuba según el Informe de Cuba a la Conferencia de las Naciones Unidas sobre Desarrollo Sostenible Rio +20, en 2012..

Entre las principales acciones realizadas aplicables a la agroindustria, se destacan las regulaciones establecidas al efecto, como la integración del concepto de Desarrollo Sostenible al artículo 27 de la Constitución de la República, el establecimiento en 1993 del Decreto 179 referido a la protección, uso y conservación de los suelos y la aprobación de la Ley 81 de Medio Ambiente en 1997 (Villalon, 2010) que incluye como principio general, la adopción de enfoques preventivos en la gestión ambiental. A partir de esto, y hasta la fecha se aprecia un favorable avance en la implementación de buenas prácticas de las P+L con el objetivo de disminuir el impacto contaminante al suelo, el agua y la atmósfera en diferentes sectores del país. (RLPML, 2017). En 2003 se elaboró y publicó el documento “La PML en las políticas y prácticas vigentes en Cuba” que describe y analiza el marco regulatorio ambiental en el cual se inserta la PML. En 2005 el CITMA comenzó la implementación del Plan Nacional para la Introducción de la PML en la Gestión Ambiental Empresarial. En 2008 el CITMA lanzó el Programa Nacional de Lucha contra la Contaminación, con el objetivo de proporcionar un marco integrado de política y gestión para enfrentar la problemática de la contaminación ambiental y dar cumplimiento a las metas y acciones contempladas en la Estrategia Ambiental Nacional. En 2010 se lanza el Programa Nacional de Consumo y Producción Sostenibles y Eficiencia en el Uso de los Recursos (2010-2015).

1.3 Metodologías de Producción más Limpia.

Con la necesidad del desarrollo de la producción más limpia como estrategia integral preventiva y en consecuencia con las metodologías para su ejecución, cambian las formas de evaluación en general para reflejar la existencia de prácticas sostenibles. Las metodologías de producción más limpias varían con relación a los montos requeridos, objeto social de una determinada empresa y los sectores productivos en los que se promuevan los programas. De igual forma se basa en la situación tecnológica, el entorno competitivo y otros factores como a voluntad política de los gobiernos.

En general, un proyecto de PML puede resumirse en las fases, desde que se toma la decisión de implementación de una o más opciones de PML, hasta que se llega al punto de monitorear y evaluar las mejoras (Arango y Mejía, 2007).

Los proyectos de inversión en PML son aquellos proyectos que requieren una inversión inicial significativa para la implementación de opciones de PML con fines de un beneficio. (García y Slocombe, 2019)

Para el desarrollo de la presente investigación se determinó implementar el procedimiento de PML desarrollado por Espinosa, 2009, con el propósito de proponer opciones de PML a partir de la reutilización de residuos y minimizar el impacto ambiental de estos, además de haberse detectado que en esta instalación no existe un procedimiento que contribuya a apalear o a incidir sobre esta consecuencia. Para la aplicación de las fases de PML, es necesario la participación de todos los actores y niveles de organización: director y subdirectores, jefes de departamentos y trabajadores, donde cada factor es decisivo para la identificación, diseño y aplicación de acciones que lleven a la mejora continua de la organización.

Bases del procedimiento:

Este procedimiento sienta sus bases en la Norma de Gestión Ambiental (NC ISO 14001:2004) y en los principios siguientes:

- ✓ Mejoramiento continuo: El procedimiento tiene como base la Gestión Ambiental y contempla el regreso a etapas anteriores con el objetivo de ir mejorando las deficiencias que puedan presentarse en la organización. dentro del esquema de mejoramiento continuo: Planear – Hacer – Verificar – Actuar. (Deming,1989) Fig. 2.1



Figura 2.1 Ciclo PHVA o Ciclo Deming.4

El análisis del ciclo de vida (ACV) consiste en evaluar cada uno de los efectos ambientales generados a lo largo de la vida del producto, vale decir, desde las fuentes de recursos primarios (desde su “cuna”), hasta el consumo y disposición final (hasta su “tumba”). Ello permite identificar los impactos sobre los diferentes compartimentos ambientales más allá de los límites de la planta productiva. (Haya, 2016)

Dichos impactos inducidos pueden, en muchos casos, ser de mayor relevancia que aquellos ocasionados directamente por el proceso de manufactura del producto. Ver Figura 2.1.3



Figura 2.1.3 Análisis de Ciclo de Vida.

- ✓ Comunicación y aprendizaje: Contempla técnicas y herramientas de trabajo para lograr el consenso entre los involucrados se requiere de su capacitación y del ejercicio del método en reiteradas ocasiones.
- ✓ Adaptabilidad: Puede ser aplicado en otras instalaciones agroindustriales del país.
- ✓ Pertinencia: El procedimiento tiene la posibilidad de ser aplicado integralmente en las condiciones actuales de la institución, sin consecuencias negativas para la organización ni sus clientes.
- ✓ Suficiencia: Referida a la disponibilidad de toda la información (y su tratamiento) que se requiere para su aplicación en este tipo de instalación.
- ✓ Consistencia lógica: Sus etapas están diseñadas en secuencia lógica para un estudio de este tipo.
- ✓ Perspectiva o generalidad: Dada la posibilidad de su extensión como instrumento metodológico para ejecutar estos estudios en otros procesos similares

Descripción de las fases del procedimiento:

El procedimiento consta de cinco fases: planificación del estudio, análisis del proceso y propuesta de opciones de PML. Cada una de estas fases está

dividida en etapas para contribuir al logro de sus objetivos. Figura 2.1.2

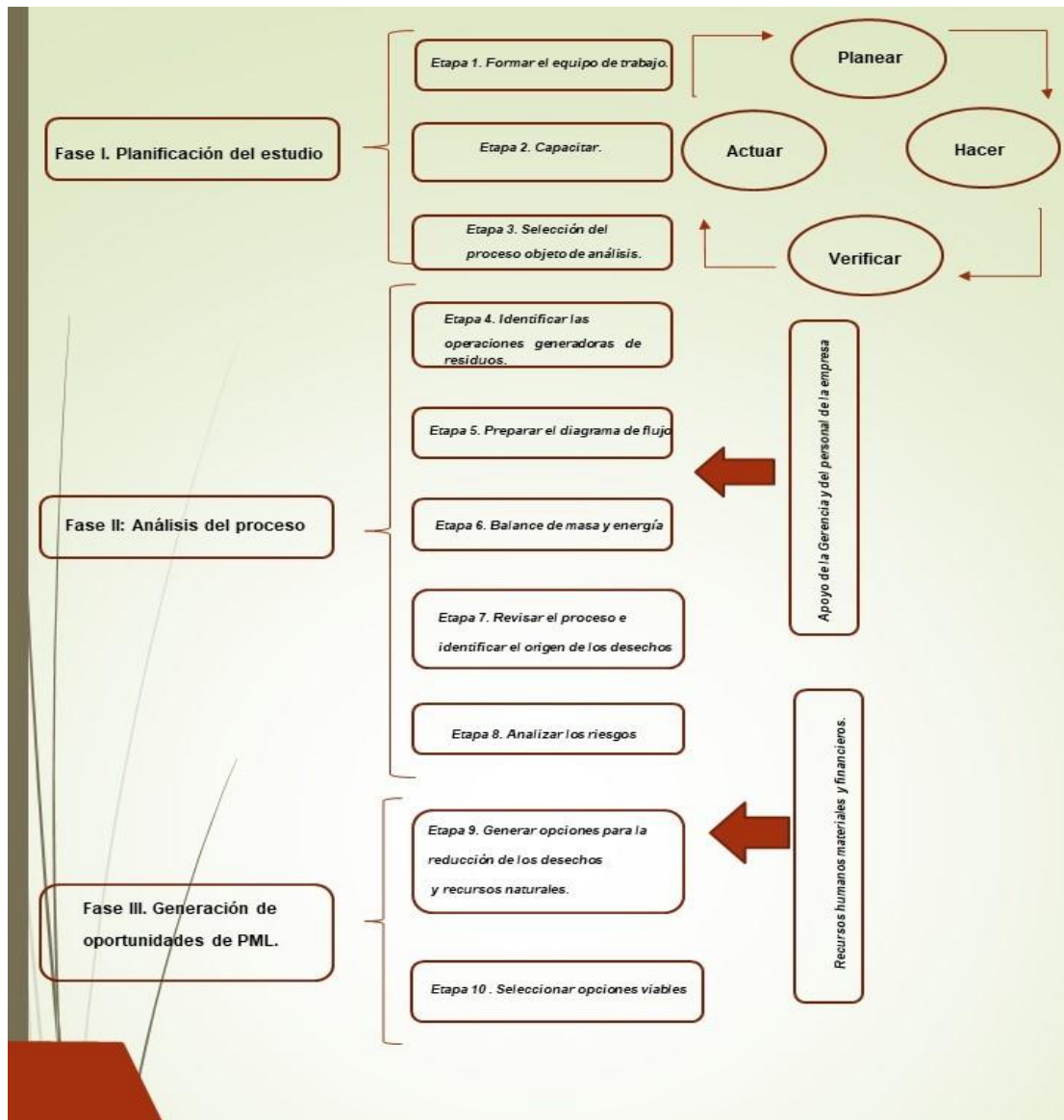


Fig 2.1.2 Fases del procedimiento mejorado de Espinosa, J.U (2009)

A partir de este estudio se comprueba la importancia de la aplicación de dicha metodología para el ordenamiento, implementación y seguimiento de las opciones. La propuesta de la misma está en concordancia en cómo aplicar de forma acertada la PML en una empresa, de manera que logre establecer armonía con el medio ambiente; se considera adecuado para establecer en el sector de la agricultura en nuestro país, si se tiene en cuenta que el uso de productos químicos que se emplean para contrarrestar la afectación por plagas y enfermedades en los diferentes cultivos, cada vez es mayor. Depende en

gran medida la voluntad de cada institución y de los líderes para obtener resultados que tributen a la preservación del medio ambiente.

1.4 Valorización de residuos agrícolas

Los residuos de cosechas constituyen una fracción o fracciones de un cultivo así como parte de la cosecha que no cumple con los requisitos de calidad mínima para ser comercializada como tal. Estos residuos se obtienen de los restos de cultivos al realizar la cosecha del mismo, u otros elementos residuales obtenidos en actividades agropecuarias.

En las actividades agrícolas de varios países no se realiza la disposición de residuos en un relleno o zona adecuada, siendo la opción más económica la quema descontrolada del material. Esto permite al agricultor reducir el volumen de material, limpiar, despejar la zona para el cultivo, eliminar plagas y liberar nutrientes (CCA, 2014; Magrama, 2013). No obstante, genera efectos nocivos al medio ambiente la quema de biomasa como madera, hojas y árboles, originando de su total 40% en CO₂, 32% en CO, 20% en material particulado y 50% en hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP), emitidos a escala mundial (CCA, 2014). (Citado por Chávez Rodríguez, 2016)

La quema de rastrojos es cada vez más frecuente ya que acorta el período entre los cultivos sucesivos; sin embargo, reduce el contenido de materia orgánica del suelo, contribuye a la degradación y pérdida de las propiedades físicas del suelo y aumenta el riesgo de inundaciones, encostramiento y enfermedades.

Entre los atributos negativos de los residuos se encuentra el posible aumento de la incidencia de enfermedades en los suelos húmedos si el manejo es inadecuado. Las pudriciones de las raíces, tales como las causadas por *Rhizoctonia* y *Pythium* (ver enfermedades) pueden ser un problema. Más aún, si los restos del cultivo anterior tenían muchas malezas, la incidencia de las mismas en el cultivo actual también puede ser importante (Magrama,2013).

Sin embargo, los residuos de cosecha pueden reutilizarse de manera efectiva, cerrando ciclos productivos. Por ejemplo, se pueden utilizar como forraje en la alimentación de ganado (Gómez et al., 2008 y SIACON-SIAP, 2011), así como

reutilizar como cobertura vegetal e incluso como materia prima para el compostaje.

Por otro lado, como parte del proceso de combustión de la biomasa, para el secado de granos en el horno de la planta, se obtienen grandes volúmenes a diario de cenizas, cuyo destino final son las áreas aledañas a dicha instalación. En general, la mayoría de las cenizas de los procesos de combustión e incineración de las plantas e industrias, no se disponen adecuadamente y son abandonadas en patios industriales, barrancas y espacios abiertos en donde son arrastradas por el viento a lugares en los que pueden ocasionar daños a la población y afectar los cuerpos de agua y el suelo.

Como alternativa a su transporte a vertedero, la aplicación de estas cenizas en terrenos agrícolas y forestales aparece como una prometedora vía de revalorización de este residuo. Diferentes investigaciones muestran el poder fertilizante de este tipo de cenizas de madera debido a sus características alcalinas, altas concentraciones de Ca, Mg, K y, en menor medida (Campbell, 1990; Lerner y Utzinger, 1986; Naylor y Schmidt, 1986; Etiégni y Campbell, 1991).

Las cenizas devuelven al suelo minerales que contribuyen a mantener el equilibrio de los mismos. Sin embargo, las cenizas poseen un carácter fuertemente alcalino, el cual podría aumentar el pH de los suelos y favorecer las pérdidas de nitrógeno por volatilización del amoníaco. La composición química de las cenizas depende en gran medida de la temperatura de combustión (Torres et. al.2014).

La utilización de cenizas de biomasa como fertilizante de suelos aparece como una prometedora vía de revalorización de este residuo, resolviendo en parte un doble problema: los inconvenientes en la gestión medioambiental, y por otra parte la restitución de nutrientes extraídos durante el aprovechamiento agrícola.

Conclusiones parciales

La construcción del marco teórico permitió profundizar en las cuestiones fundamentales y la importancia de la producción de granos, en específico el

frijol, desde el cultivo hasta la industria, así como, la necesidad de introducir buenas prácticas y el enfoque de producciones más limpias en este sector. La consulta y análisis de fuentes bibliográficas permiten discernir entre las metodologías para la aplicación de opciones de PML, adecuada a las características de la instalación objeto de la investigación.

CAPÍTULO II: PROCEDIMIENTO DE OPORTUNIDADES DE PML EN LA PLANTA DE SECADO, BENEFICIO Y EMPAQUE UEB “EDUARDO LAMAS DÍAZ”.

2.1. Aspectos para la caracterización General de la Planta de Secado, Beneficio y Empaque Eduardo Lamas Díaz.

Para la caracterización de la planta en general y de los procesos que serán objeto de estudio, se emplearon métodos empíricos para obtener información, tales como:

1. Revisión de documentos: (*registros estadísticos, estrategia de gestión y ambiental, manual de la planta, auditorías realizadas por el CTMA, políticas de desarrollo y cartera de proyectos*) bajo los parámetros de búsqueda y verificación de los siguientes aspectos (Anexo 2):
 - ✓ Cantidad de trabajadores y su distribución por sexo y grado de escolaridad.
 - ✓ Cantidad de horas de trabajo.
 - ✓ Directrices para abordar los aspectos ambientales, económicos y sociales de la planta.
 - ✓ Objeto social
 - ✓ Productividad
 - ✓ Misión, visión
 - ✓ Planes de desarrollo
 - ✓ Impactos negativos al medio ambiente
 - ✓ Procesos de la planta

2. Observación directa: se realiza con el objetivo de constatar en in situ la información obtenida de la revisión de los documentos, como aspectos esenciales de la guía de observación podemos destacar; observar cada uno de los procesos las entradas y salidas de los mismos, así como el día a día de la instalación. (Anexo 3)

3. Encuestas se hace con el objetivo de determinar la percepción de los trabajadores en cuanto a contaminación ambiental de la planta. (Anexo 4)

La Planta de Secado, Beneficio y Empaque Eduardo Lamas Díaz perteneciente a la Empresa Agroindustrial de Granos Valle de Caonao, está ubicada en la zona de Iguará, en el municipio de Yaguajay (Anexo 1)

La Planta de Secado, Beneficio y Empaque “Eduardo Lamas Díaz” tiene como: **Misión:** Comprar, secar, beneficiar, molinar empacar y comercializar, frijol, maíz, sorgo, soya y otros granos que produzcan las bases productivas del municipio Yaguajay, y el Norte de los municipios de Cabaiguán, y Taguasco, logrando una producción con mayor calidad y presentación cada día, con un personal con alto sentido de pertenencia, donde prime la seriedad y confianza en el éxito, con capacidad para asimilar tecnología, avalados por el reconocimiento de nuestros clientes y la excelencia de nuestros productos.

La Planta de Secado, Beneficio y Empaque “Eduardo Lamas Díaz” tiene una estructura organizativa constituida por un jefe de planta a los que se subordinan 7 departamentos. (Anexo 7). Posee una plantilla de 35 trabajadores, de ellos 4 tienen nivel superior, 8 cuentan con un nivel medio superior y 5 nivel medio. De ellos son mujeres 3. (Anexo 8)

Del documento “Manual de manejo y funcionamiento de la planta” en los acápites de; datos generales de la tecnología, áreas de flujo, equipamiento instalado y capacidad de los silos, se obtuvo la información que a continuación se describe:

- Datos generales de la tecnología
 - Planta de beneficio del frijol suministrada por DESACAFE (Costa Rica)
 - Horno con quemador dual suministrada por DESACAFE (Costa Rica)
 - Planta de Secado de granos suministrada por PAGE (Brasil)
 - Báscula de 80t suministrada por METLER TOLEDO (Brasil)

- Áreas del flujo tecnológico
 - Recepción y Prelimpieza

- Secado
- Almacenamiento en Silos
- Línea de Beneficio
 - Equipamiento instalado:
 - Capacidad de recepción del grano húmedo, pesaje, limpieza, almacenamiento y despacho: 40 t/d.
 - Capacidad de secado 40 t/d.
 - Capacidad de beneficio del frijol 40t/d
 - Capacidades de los silos:
 - Silos de recibo (2 unidades de 58 m³).
 - Silos de almacenamiento (3 unidades de 280 m³).
 - Silo de expedición 58 m³.
 - Silo de impurezas 29,1 m³.
 - Silo de Cascarilla 48,4 m³.

2.2 Procedimiento de oportunidades de PML en la Planta de Pecado, Beneficio y Empaque UEB “Eduardo Lamas Díaz”.

Para el desarrollo del Procedimiento Espinosa (2009) se deben seguir paso a paso las estrategias comprendidas en dichas fases, las cuales serán desarrolladas a través de medidas que sean posibles de cumplimentar.

2.2.3. Fase I. Planificación del estudio

Esta primera fase del procedimiento está compuesta por **tres etapas** que permiten definir elementos importantes para el desarrollo del estudio, como son: el equipo de trabajo, su capacitación y la selección del proceso objeto de análisis.

Etapa 1. Formar el equipo de trabajo

Como primer paso de la etapa inicial de este estudio es conformar el equipo de trabajo. Esta etapa es de vital importancia debido al valor que aporta a la investigación. Dicho equipo de trabajo ofrece su experiencia y conocimientos

además exhortan a la participación del personal en la toma de decisiones y debe estar conformado por personal de todas las áreas. • deben tener conocimiento, creatividad y autoridad. • deben ser capaces de identificar oportunidades, desarrollarlas e implementarlas. • deben coordinar las actividades del programa de PML. • tienen la responsabilidad de contribuir con la obtención de las metas establecida

Para la selección de dicho equipo se propone utilizar el método de expertos esta técnica se puede apreciar en el Anexo 5, según lo planteado por Hurtado de Mendoza (2003).

Este método nos permite consultar un conjunto de expertos para validar nuestra propuesta sustentado en sus conocimientos, investigaciones, experiencia, estudios bibliográficos, etc. Da la posibilidad a los expertos de analizar el tema con tiempo sobre todo si no hay posibilidades de que lo hagan de manera conjunta. Casi siempre sus ocupaciones lo impiden por los niveles de responsabilidad de cada uno y la dispersión de los lugares de ubicación de los mismos. Esta vía se caracteriza por permitir el análisis de un problema complejo dando independencia y tranquilidad a los participantes, es decir, a los expertos.

El equipo de expertos con el cual se trabajará en dicha investigación se muestra en el Anexo 6.

Una vez conformado el equipo de PML, se debe empezar con su organización, de manera que se asegure la comprensión del concepto de PML entre los miembros del equipo y de esta manera también la importancia del éxito del programa.

Etapa 2. Capacitar

En esta etapa se procede a dar una capacitación a todo el equipo que trabajará en la investigación, con el objetivo de perfeccionar sus conocimientos en temas ambientales y estrategias de PML, y fueron seleccionados por su experiencia en la instalación para este estudio, recibirán los conocimientos mínimos para su contribución, y aquellos que ya tengan una base sobre este, tendrán la oportunidad de actualizarlos. Las principales cuestiones que se ofrecerán en la

capacitación estarán vinculadas a: conceptos y definiciones de PML, ventajas de las PML, importancia de su aplicación en instalaciones hoteleras y herramientas que contribuyan a la implementación de las PML.

Etapa 3. Selección del proceso objeto de análisis

Para seleccionar el proceso que será objeto de estudio, se revisa la información de la caracterización de planta y los resultados de los métodos empíricos aplicados más específicamente:

- ✓ Situación actual del programa de Gestión Ambiental
- ✓ Elevado consumo energético: electricidad, combustible, vapor, aire comprimido.
- ✓ Elevado consumo y/o costo de los insumos o recursos.
- ✓ Tipo de desechos: sólidos, líquidos o emisiones gaseosas, y cantidades que se generan.
- ✓ Costo de tratamiento o disposición final de los desechos.

2.2.4 Fase II: Análisis del proceso

Es importante la familiarización con el mismo partiendo de su descripción, realizando un eco-balance, analizando las causas que están afectando la detección de oportunidades de PML y determinando los riesgos que estas provocan y cuenta con las etapas de Identificar las operaciones generadoras de residuos; preparación del diagrama de flujo y balance de masa y energía (BME); revisar el proceso e identificar el origen de los desechos;

Etapa 4. Identificar las operaciones generadoras de residuos

En esta etapa se realiza una descripción del proceso que se va a analizar en la investigación, partiendo de la información que se obtiene con la aplicación de los métodos empíricos durante la caracterización general de la planta en particular la información relacionada con; los procedimientos operativos y los flujos de materiales, tales como: insumos, consumo de agua, energía, tipo y cantidad de desechos, entre otros elementos que aporten valor al estudio. Como fruto de este análisis, se diseña el diagrama de flujo del proceso que

permite identificar las etapas de este, interrelacionándolas de manera secuencial. Así como en los objetos de obra están incluidos acápite de tratamiento ambiental que conducen a la gestión ambiental en la etapa de construcción, montaje y explotación de la planta. De ésta forma se identifica que el flujograma productivo de la planta no constituye un ciclo cerrado.

Etapa 5. Preparar el diagrama de flujo

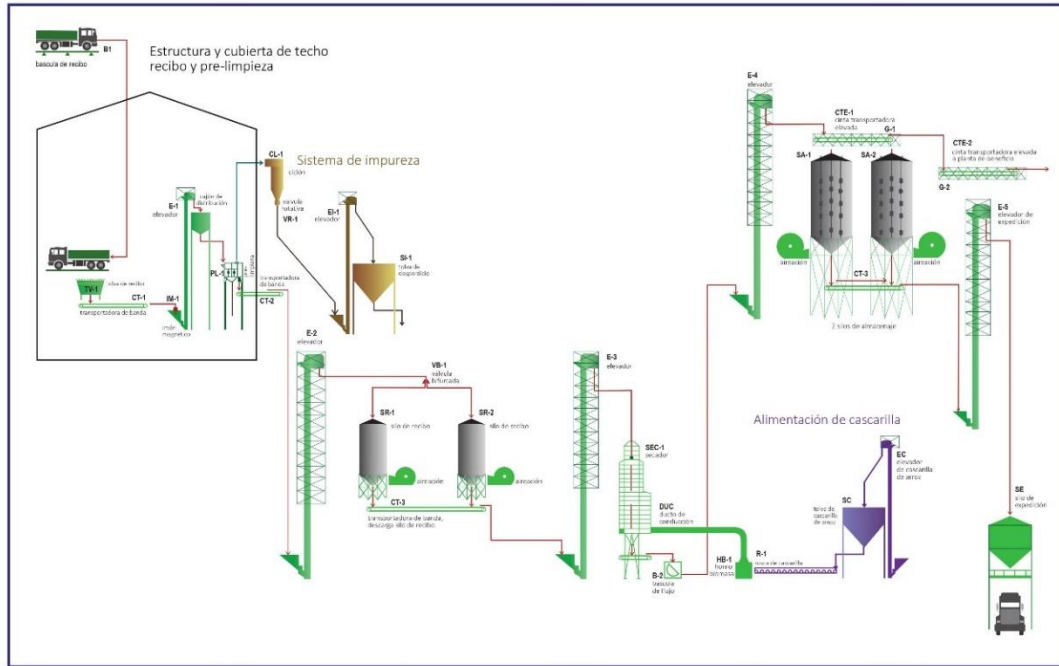
En los últimos años se ha desarrollado un enfoque sistémico para el análisis de los impactos ambientales asociados a procesos y productos. Los procesos industriales no sólo generan residuos, sino que también consumen recursos naturales, requieren infraestructura de transporte, utilizan insumos químicos, agua y energía, y generan productos que deben ser transportados, consumidos y, en algunos casos, reutilizados antes de su eliminación final.

En cada una de estas instancias se generan impactos ambientales diversos, los que deben ser tomados en consideración cuando se desea evaluar el efecto de un proceso sobre el medio ambiente.

Etapa 6. Balance de masa y energía (BME)

El eco-balance es un método estructurado para reportar los flujos hacia el interior y el exterior de: recursos, materias primas, energía, productos, subproductos y desechos que incurren en un proceso, y tiene como finalidad, cuantificar y detectar las áreas donde hay alguna situación anómala. A partir de la elaboración de los diagramas de flujo se pudo desarrollar el balance de masa y energía, el cual permite analizar las entradas y salidas del proceso detalladamente. Ver figura 2.1.4

**Figura 2.1.4 Flujograma procesos Planta de Beneficio y Empaque
“Eduardo Lamas Díaz”**



Estudio de los portadores energéticos.

A partir de los datos de diseño entregados por el grupo de expertos, así como el análisis realizado con el grupo económico de la planta se determinaron los resultados de demanda para cada uno de los combustibles por separados.

Eta 7. Revisar el proceso e identificar el origen de los desechos

Las etapas necesarias para realizar un diagnóstico de residuos sólidos se basarán en un análisis detallado de los consumos por actividades en cada uno de los procesos que intervienen en la entidad.

Con esta base, puede determinarse qué variables hay que cambiar y/o modificar para lograr una adecuada actividad productiva o de servicios. Estas variables pueden deberse a diversos factores tales como:

1. Causas relacionadas con las materias primas que afectan la actividad productiva o de servicios:
 - Calidad de materias primas.
 - Escasez de materiales.
 - Sistema de administración de compras.
 - Inadecuado almacenamiento.
2. Causas relacionadas con la tecnología:
 - Falta de mantenimiento e inadecuada operación.
 - Mal diseño del proceso o del equipo.
 - Mala disposición de las instalaciones.
 - Tecnología obsoleta.

3. Causas relacionadas con las prácticas operativas: • Falta de personal calificado. • Desmotivación de los empleados.

4. Causas relacionadas con los desechos: • No se tiene un programa de reúso o reciclaje. • No se tiene una estimación de costos por el concepto de generación de desechos.

Para lograr un buen entendimiento de las causas de las ineficiencias en cada operación unitaria, el equipo de trabajo tendrá que consultar e involucrar en esta evaluación a los operadores, técnicos y los supervisores de producción. De esta manera, se puede tener la certeza que las opciones de mejora serán factibles y aceptadas.

Del análisis global del proceso realizado en etapas anteriores, se pueden determinar las principales causas que afectan la aplicación de PML en el objeto de estudio, tomando en cuenta aspectos como: la eficiencia de las operaciones que conforman el proceso, la determinación de los altos consumos y la generación de mayores cantidades de emisiones y desechos.

Etapla 8. Analizar los riesgos

Los riesgos del proceso son detectados por el equipo de expertos a través de la lista de chequeo aplicada en la instalación la que se basa en la norma cubana NC 126:2001y la NC-ISO 45001:018, las cuales se ajustan al objetivo de esta investigación. Mediante esta labor quedan definidos los principales peligros que pueden afectar la salud de los trabajadores y clientes, determinándose como: biológicos, ambientales, mecánicos y químicos.

2.2.4 Fase III. Generación de oportunidades de PML

Etapla 9. Generar opciones para la reducción de los desechos y recursos naturales.

A partir de la aplicación y estudio de los resultados obtenidos de la lista de chequeo a los trabajadores de la UEB objeto de estudio práctico se pudo constatar una serie de deficiencias en cuanto al control en la generación de residuos sólidos.

La reutilización de los desechos del proceso de secado como sustrato agrícola en el cultivo del propio grano el que se hizo acorde con la siguiente metodología para la planta objeto de estudio.

Metodología para la caracterización de biorresiduos

Procedencia de las muestras de residuos del proceso

Cenizas mixtas: Se tomo un 1 kg de cenizas residual del horno con quemador dual(DESACAFE) la que contenía una composición mixta de biomasa, proveniente de la cascarilla de arroz y de diferentes plantas forestales tales como eucalipto, teca y cascarilla residual de la paja del frijol (Cenizas mixtas). El consumo promedio por tonelada de frijol secado de la composición mixta de biomasa es de 180Kg de cascarilla de arroz, 260 kg de madera y 120 kg de cascarilla residual de paja de frijol para un total de 380 kg de biomasa por tonelada de frijol seco. La planta tiene una capacidad de producción de (40 T de frijol/día) y una producción residual de cenizas anual de 12.5 toneladas. (240 días aproximadamente. Aproximadamente 130 para maíz y 110 para el frijol)

Residuos biológicos paja de frijol: Se dividió el campo en 4 cuadrantes y de cada uno al azar se tomó 0,25 kg de paja de frijol sin restos de suelo para llegar a conformar una muestra de 1Kg.

RAC: A partir de los cuadrantes establecidos se tomaron 0,25 kg de cada uno de ellos para conformar una muestra de 1 Kg.

Caracterización de la composición química en cuanto a macro y micro nutrientes : se determinó la composición elemental de las cenizas mediante Espectrometría de Masa con Plasma Acoplado Inductivamente (ICP-MS, por sus siglas en inglés) según la metodología de Díaz-Zamora, (2021) y se determinaron sustancias específicas mediante el procesamiento de extracción por microondas según el método de García, (2000). Estos ensayos se realizaron en el Laboratorio de Química Analítica de la Universidad de Gante, Bélgica.

Etapa 10 . Seleccionar opciones viables

En general, la evaluación de opciones de PML para optimizar la eco-eficiencia de la planta objeto de estudio se basa en 7 principios básicos:

1. Mejor control del proceso para mantener condiciones controladas.
2. Buen mantenimiento.
3. Sustitución de las entradas.
4. Rehúso/recuperación en el momento oportuno.
5. Modificación de los equipos.
6. Cambio de tecnología.
7. Cambios en el servicio.

Contando con la lista de opciones generada con anterioridad, se deben analizar con mayor detenimiento las opciones y luego eliminar aquellas que no sean factibles. Además, se debe lograr que: Las medidas se organicen por actividad operativa. Se evalúen las interferencias mutuas que sean obvias. Se implementen las medidas que sean posibles. Para ello se procedió a la evaluación exhaustiva de estas medidas empleando al equipo de expertos designado en la Etapa 1 del procedimiento. A fin de garantizar un mejor resultado se hizo uso de los siguientes criterios de selección:

1. Efecto Ecológico.
2. Efecto Económico.
3. Factibilidad Técnica.
4. Esfuerzo Organizacional.
5. Costo de Implementación.

En general, los indicadores, escalas y la ponderación de los factores para cada categoría pueden ser determinados de forma individual por la propia planta.

Para ello se muestra en la Tabla 3.1, como un ejemplo, la evaluación de opciones simplificadas sin ponderación (Tabla de Evaluación de Expertos).

Tabla 2.1. Ejemplo de representación del Método de Expertos. Criterios a evaluar Opciones de PML

Criterio a Evaluar	Opciones de PML.							
	a	b	c	d	e	f	g	h
Efecto Ecológico								
Efecto Económico.								
Factibilidad Técnica								
Esfuerzo Organizacional								
Costo de Implementación								
Total								
Prioridad								

Los 5 criterios se evaluaron en una escala de 1 a 3. Su nivel de importancia relativa se enuncia a continuación:

1. Potencial Ecológico (1 = Ahorros bajos en materiales y/o baja reducción de residuos/emisiones; 3 = Alto potencial de ahorro en materiales y/o reducción de grandes cantidades de residuos/emisiones).

2. Beneficio Económico (1 = Bajo potencial de ahorro; 3 = Alto potencial de ahorro).

3. Nivel Técnico de Intervención (1 = No hay cambios; 3 = Cambios en el proceso/equipo).

4. Nivel Organizacional de Intervención (1 = No hay cambios; 3 = Cambio en el flujo del proceso). 5. Costo de Implementación (1 = No hay costo; 3 = Alto costo).

Tanto los criterios, que se encuentran en primera columna de la tabla, como las medidas, que se encuentran verticalmente en la misma, se cruzan para dar un criterio de apreciación por medio de números, dando al traste un orden de prioridades según las sumatorias resultantes. Para la selección de los mismos, se tuvo en cuenta el conocimiento y la experiencia de cada uno de los

expertos. Después de realizado el estudio y obtenido los datos se agruparon las prioridades asignadas, para posteriormente comprobar su validación por medio de la prueba de hipótesis para el análisis de la concordancia entre el juicio de los expertos (Kendall).

Después de comprobada la concordancia de los expertos se ordenaron las siete alternativas más importantes, el orden de las mismas se realiza de acuerdo a la importancia dada por parte de los expertos de mayor a menor, las cuales se enuncian con su correspondiente plan de acciones. (Anexo # 14)

Conclusiones Parciales

1. El procedimiento, para la aplicación de PML, seleccionado, cumple con los objetivos que se van a estudiar en el transcurso del trabajo.
2. Debe capacitarse a los miembros de la empresa con los conceptos de PML, para facilitar la comunicación.

CAPÍTULO 3: RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE LA APLICACIÓN DEL PROCEDIMIENTO DE OPORTUNIDADES DE PML EN LA PLANTA DE SECADO, BENEFICIO Y EMPAQUE UEB “EDUARDO LAMAS DÍAZ”.

Para la protección del medio ambiente y el ahorro de recursos la Planta de secado, beneficio y empaque UEB “Eduardo Lamas Díaz”. se ha proyectado en aras de un desarrollo sostenible, para ello es necesario la determinación de los mayores problemas existentes y áreas claves que se deben tratar.

Para dar pasó a este capítulo se tomaron en cuenta las fases III y IV del Procedimiento de PML a aplicar en la UEB, teniendo en cuenta varias herramientas que se describirán en los epígrafes siguientes.

3.1 Resultados de la caracterización General de la Planta de Secado, Beneficio y Empaque Eduardo Lamas Díaz.

Resultados de la revisión de documentos

Vale destacar que, en su misión, la organización no se enuncia por la gestión ambiental, en pos de la comunidad ni en beneficio propio, toda vez que su flujo productivo genera una gran cantidad de residuos, afectando el ecosistema donde está enclavada.

De esta forma la instalación cuenta con un 34% de los trabajadores que poseen un alto nivel de escolaridad, lo cual potencia de forma positiva la asertividad para la implementación de opciones de producciones más limpias en su flujo productivo. La relación mujeres y hombres es de un 9% de mujeres con respecto al total de trabajadores, a partir de que la mayor fuente de empleo en dicha organización se relaciona con el acarreo y manipulación de cargas pesadas, trabajo que tradicionalmente ha sido destinado a los hombres. No obstante, la planta cuenta con un proceso de beneficio que ha generado disponibilidad de plazas para mujeres, lo cual ya significa un avance positivo en el orden social por la poca existencia de vínculo laboral estatal en estas zonas rurales.

En las auditorías realizadas por el CITMA se obtuvo como resultado que, aunque en el proyecto diseñado para la construcción y montaje de la planta se

tuvo en cuenta algunos aspectos para la minimización del impacto al medio ambiente, la instalación no cuenta con una estrategia de gestión ambiental ni este eslabón está identificado en sus objetivos empresariales.

Resultados de la observación directa: Luego de la observación de cada uno de los procesos de la planta se pudo observar que en los elementos de entrada de la planta no representa contaminación ambiental.

Entre los residuos generados se identifican materias extrañas e impurezas de los procesos de prelimpieza, limpieza, clasificación y beneficio, así como las cenizas producto del proceso de secado. Estos elementos se depositan en lugares aledaños a la planta sin destino final ni opciones de reúso ocasionando contaminación atmosférica y el consecuente daño a la salud humana de los trabajadores de dicha instalación.

Resultados de Encuestas se hace con el objetivo de determinar la percepción de los trabajadores en cuanto a contaminación ambiental de la planta. (Anexo 4)

Ante la pregunta 1 de si consideran que en la planta existe algún tipo de contaminación ambiental, un 12% consideran que no existe contaminación, mientras que un 88% establecen que si se presentan evidencias de contaminación. La pregunta 2 obtuvo información sobre el conocimiento de los trabajadores sobre los roles y/o responsabilidades para facilitar una gestión ambiental. De esta forma un solo un 33% plantea que si se han definido y un 67% que no. Por otra parte en la interrogante 3, referida a la presencia de riesgos en el proceso productivo que impacte negativamente el medio ambiente, un 82% destaca que si existen a la vez que un 18% establece que no se presentan estos riesgos. En cuanto a la posibilidad de que los residuos de la planta dañan la salud humana en la instalación, un 74% afirmaron que si se veían afectados por esta situación.

A partir de la información generada de los métodos de investigación se identifican la presencia de problemas medio ambientales ocasionadas por el impacto de los residuos provenientes del proceso productivo, los cuales atentan además a la salud de los trabajadores de la instalación. Por otra parte, no se visualiza una política medio ambiental en la organización, que establezca

la ejecución de acciones para la gestión estos residuos. De la misma forma se logra constatar que la organización cuenta con la fortaleza de un capital humano con el nivel profesional acorde para implementar una estrategia medioambiental que contribuya a minimizar el impacto negativo de estos residuos.

3.2 Resultados del procedimiento de oportunidades de PML en la Planta de Secado, Beneficio y Empaque UEB “Eduardo Lamas Díaz”.

Fase I. Planificación del estudio

Etapa 1. Formar el equipo de trabajo

El desarrollo de esta etapa llevó a cabo con la aplicación del método de Hurtado de Mendoza (2003) donde se seleccionó el personal de mayor coeficiente de competencia en el tema. Inicialmente se realizó un levantamiento que permitió identificar todos aquellos trabajadores posibles a participar en el estudio con un total de 12 y paso seguido se evaluaron a través de encuestas, que permitieron determinar cuáles poseían los resultados requeridos quedando un total de 6 expertos Tabla 3.1. El procedimiento detallado se puede revisar en el Anexo 5.

Tabla 3.1: Equipo de expertos para el desarrollo de la investigación

Ocupación	Años de Experiencia
Técnico A en Gestión Recursos Humanos	4
Técnico B en Gestión Documental	4
Operario Agroindustria Especializado	4
Técnico en Gestión de la Calidad (JB)	4
Técnico A en Gestión Económica (EP)	4
Director de La UEB	4

Fuente: Elaboración Propia

Etapa 2. Capacitar

La capacitación del personal dentro de la aplicación de este procedimiento se realizó mediante 6 talleres interactivos en los temas de: "Definiciones de PML"; en estos participaron un total de 5 trabajadores, jefes de proceso y de la dirección. Dichos resultados fueron positivos, ya que teniendo en cuenta el nivel profesional de los empleados, se constató en dicha capacitación que la Producción Más Limpia lleva al ahorro de costos y a mejorar la eficiencia de las operaciones, a la vez que habilita a las organizaciones y a las empresas para alcanzar sus metas económicas mientras simultáneamente mejoran el ambiente.

Etapa 3. Selección del proceso objeto de análisis

Para realizar esta selección se reunió el equipo de expertos en 4 secciones de trabajo, apoyándose en la técnica de tormenta de ideas y teniendo en cuenta los elementos relacionados con las PML, se organizan los procesos de acuerdo con el nivel de importancia conferido por los integrantes del equipo.

1. Proceso Recepción y pre limpieza.

Comprende los procesos que tienen lugar desde el ingreso del grano sucio y húmedo a las plantas, hasta su almacenamiento en los silos de recibo o pulmón.

A través de una báscula camionera marca Toledo, el cual consiste en un sistema de pesaje para establecer los pesos del producto que ingrese o se despache de la planta de procesamiento.

El proceso de pre-limpieza permitirá eliminar la mayor parte de impurezas y materias extrañas de los granos (frijol, maíz, sorgo y arroz). Posee una tolva de entrada con Sistema de control con compuerta para regular el flujo de entrada del grano, además cuenta en esta sección con un sistema de extracción inicial respectivo motor, control de regulación de aire y compuertas accionadas con volantes para la limpieza del polvo y otras partículas. Cuenta con sistemas de evacuación de basura independientes.

La prelimpiadora cuenta con un sistema de extracción de impurezas a través del ventilador, el cual impulsa las partículas livianas que vuelan del zarandeado, que a su vez se impulsan por un ducto hacia afuera del recinto de

la prelimpieza hacia un ciclón decantador donde se separan las partículas pesadas.

2. Proceso de Secado:

Comprende el proceso de secado, desde la extracción de los silos de recepción o pulmón hasta el almacenamiento o proceso de beneficio según corresponda.

Para garantizar el proceso de secado de los granos (frijol y maíz fundamentalmente) se utiliza un horno quemador Dual, con características de equipo compacto y cerrado, diseñado para quemar Diésel y Biomasa (como la cascarilla de arroz, leña, entre otros) donde se jerarquiza uso de la Biomasa, que tiene carácter de renovable y que principalmente dispondrá del desperdicio del descascarado de los molinos de arroz espirituanos y de biomasa.

Proceso de Almacenamiento: Aquí se conjugan todos los procesos que conciernen a la conservación del grano, desde el almacenamiento, control de temperatura del silo (aireación) o para conducirlo a beneficio o expedición.

Proceso de beneficio: Es el acondicionamiento final que se le hace a los granos de frijol para prepararlo para el consumo humano. Las dos naves que forman parte del Sistema de Beneficio del Frijol: local para laboratorio de control de calidad y un cuarto para compresor.

Ahora bien, del proceso de prelimpieza y beneficio del frijol se obtienen impurezas y materias extrañas, como las vainas del frijol, residuos de suelo. Además, el horno que produce calor para el secado genera cenizas, producto de la combustión de la leña y la cáscara de arroz.

3.2.4 Fase 2 Análisis del proceso

Etapa 4. Identificar las operaciones generadoras de residuos

Paralelamente al desarrollo de la etapa anterior, se realiza una identificación de las operaciones o procedimientos que son generadores de residuos, las cuales pueden deberse a causas obvias de desviación que resultan en el desperdicio de agua, energía o de materias primas y en la generación de residuos.

En la Planta se procesan alrededor de 40 t diarias de granos (frijol y maíz). A fin de centrar el estudio y disminuir las desviaciones se analizarán un conjunto de desechos representativos a partir de la maquinaria empleada, lo cual se representa en la tabla 3.2.

Tabla 3.2.

Equipos Productos	Máquina de prelimpieza	Horno quemador dual.	Planta de beneficio
Cenizas		x	
Materias extrañas	x		x
Paja de frijol	x		x

Capacidad de la industria: 40t/d

Jornada de trabajo: 20 horas al día

Procesos productivos:

- Recepción
 - Prelimpieza
 - Secado
 - Limpieza del frijol
 - Clasificación, selección y pulido del frijol
- } Beneficio

Tabla 3.3

Equipo	Capacidad	Parámetro de entrada del grano	Parámetro de salida del grano
Limpiadora de granos	10t/h	10% de impurezas	3-4% de impurezas
Secador de granos	40t/día	26% de humedad	12.5% de humedad
Beneficiadora de granos	5t/h	3-4% de impurezas	1-2% de impurezas

El ciclo productivo de la industria se desarrolla de acuerdo a la cosecha del grano, en el caso del frijol desde el mes de enero hasta la primera quincena de abril, el garbanzo en menor por ciento entre abril y mayo, en mayo se planifica el mantenimiento general de la planta.

Balance de masa para el frijol

Tabla 3.4 Proceso de recepción y limpieza

Entrada: granos de frijol con 10% de impurezas y 23% de humedad

Salida: granos de frijol con 3.5% de impurezas y 23% de humedad

Capacidad nominal de recepción (t/día)	Frijol limpio (3.5% de impurezas) (t)	Impurezas (t)
40	37.31	2.69

Tabla 3.5 Proceso de Secado

Entrada: granos de frijol con 3.5% de impurezas y 23% de humedad

Salida: -granos de frijol con 3.5% de impurezas y 13% de humedad

-3 toneladas de cenizas producto de la combustión de la cascarilla de arroz y biomasa.

Frijol húmedo (t)	Frijol seco (13% de humedad) (t)	Vapor de agua (t)
37.31	33.02	4.29

Por cada jornada diaria de 20 horas de explotación de la planta:

Se recibe: 40t de frijol con 10% de impurezas, 23% de humedad y 6% de granos de desecho.

Se obtiene:

- 30.25t de frijol limpio, seco, clasificado y pulido. (75.7%)
- 3.69t de impurezas
- 4.29t de vapor de agua
- 1.77t de granos de desecho
- 3 t de cenizas.

Para 117 jornadas de trabajo en el año:

Se recibe: 4680t de frijol con 10% de impurezas, 23% de humedad y 6% de granos de desecho

Se obtiene:

- 3593.5t de frijol limpio, seco, clasificado y pulido.
- 393.67t de impurezas
- 501.7t de vapor de agua
- 191.14t de granos de desecho
- 351 t de cenizas.

Tabla 3.6 Balance producción área de granos. (Resumen de lo antes expuesto)

Capacidad Nominal (t/d) 10% de impurezas y 23% de humedad	Proceso de limpieza (impurezas del 10% al 3,5%)	Proceso de secado (humedad del 23% al 13%)
40	37,31	33,02
	Impurezas (t)	Vapor de agua (t)
	2,69	4,29
Horas por jornadas (h/d)	Jornadas al mes (días)	Jornadas al año (días)
20	26	117
Capacidad Nominal anual	Proceso de limpieza (impurezas del 10% al 3,5%)	Proceso de secado (humedad del 23% al 13%)
4680	4364,77	3863,07
	Impurezas (t)	Vapor de agua (t)
	315,23	501,70

Etapa 5. Preparar el diagrama de flujo

Como resultados de este análisis se obtuvo que:

La planta de secado y beneficio tiene una capacidad nominal de 40 t/d. El área de recepción de la Planta se encuentra alimentada por camiones que voltean

su carga mediante un polipasto elevador de 10 t de capacidad de izaje en una zona cubierta por una nave metálica a una tolva de recibo, el proceso transcurre con el siguiente flujo: (Figura 3.1)

Polipasto Elevador- Tolva de recibo- Elevador- Máquina de prelimpieza- Elevador- 2 Silos de proceso- Transportador- Elevador- Secador- Transportador- Elevador- Válvula Bifurcada- Elevador- Transportador- Silos de Almacenamiento de 200 t- Transportador- Elevador- Silo de Expedición- Camión.

1. Proceso Recepción y pre limpieza
2. Proceso de secado
3. Proceso de almacenamiento
4. Proceso de beneficio

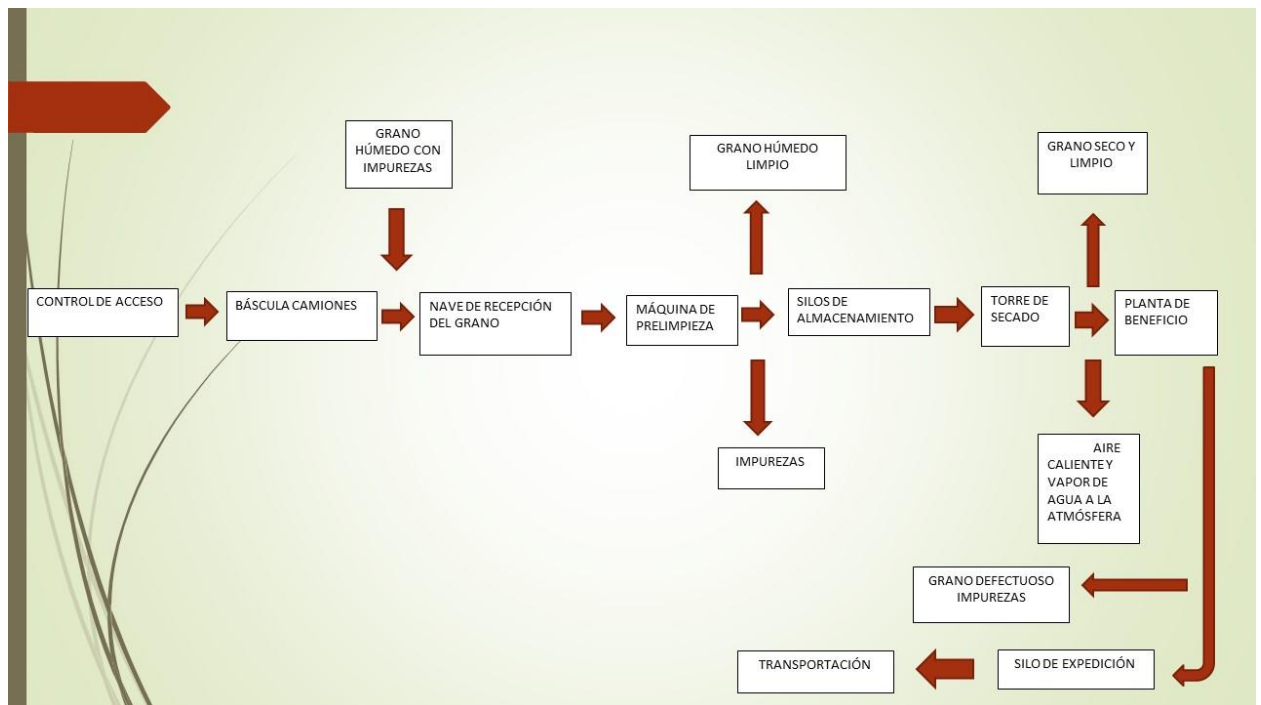


Figura 3.1: Diagrama de flujo de la Planta de Secado, Beneficio y Empaque “Eduardo Lamas Díaz”.

Los criterios ya analizados en la segunda y tercera etapa permiten entonces definir el enfoque del diagnóstico, teniendo en cuenta las siguientes consideraciones:

Económicas: Pérdidas económicas relacionadas con los residuos, consumos energéticos, etc.

Ambientales: Volumen y composición de los residuos, que no poseen destino final, etc.

Técnicas: Potencial de mejoras esperado, posibilidad de aplicar opciones de PML en las actividades operativas.

Etapas 6. Balance de masa y energía (BME)

El análisis detallado de las entradas y salidas al proceso permite obtener un conocimiento preciso de los procesos, y así, identificar con facilidad las posibilidades de oportunidades de optimización, uso más eficiente de materia prima y medidas del impacto ambiental, entre otras. De forma general y específica la Figura 3.2 representa de forma general un balance de masa y energía:



Figura 3.2 Balance Masa y energía Planta de Secado y beneficio de granos “Eduardo Lamas Díaz”

Fuente: Elaboración propia.

Se definen una planta de capacidad de 40ton/día para la recepción y procesamiento de granos, con un almacenamiento total de 600 ton. Para la planta alcanzada por esta solicitud se establecen cuatro etapas: 1. Recepción y pre limpieza: Comprende los procesos que tienen lugar desde el ingreso del grano sucio y húmedo a las plantas, hasta su almacenamiento en los silos de

recibo o pulmón. 2. Secado: Comprende el proceso de secado, desde la extracción de los silos de recepción o pulmón hasta el almacenamiento o proceso de beneficio según corresponda. 3. Almacenamiento. Aquí se conjugan todos los procesos que conciernen a la conservación del grano, desde el almacenamiento, control de temperatura del silo (aireación) o para conducirlo a beneficio o expedición. 4. Línea final de beneficio. Es el acondicionamiento final que se le hacen a los granos (frijol, maíz etc.) para prepararlo para el consumo humano y/o animal. (Anexo 11)

En el proceso de secado de la Planta se utilizan recursos básicos como combustible; la madera, cascarilla de arroz y el diésel, ya que se trata de un horno dual.

Tabla 3.9 Consumo de combustible en kg/h:

Tipo de biomasa o combustible	Temperatura	Temperatura	Temperatura
	45 °C	60 °C	90 °C
Leña (poder calorífico alto)	82 kg/hr	140 kg/hr	370 kg/hr
Cascara de arroz (densidad de 145 kg/m ³)	105 kg/hr	180 kg/hr	476 kg/hr

Parámetros de explotación del horno:

Cantidad de horas a trabajar en el día: 20 horas

Cantidad de días a trabajar en el mes: 25 días

Cantidad de días a trabajar en el año: 250 días

Tabla 3.10 Consumo de cascarilla de arroz

Diario (t)	Diario (m ³)	Mensual (t)	Mensual (m ³)	Anual (t)	Anual (m ³)
3,6 t	25 m ³	90 t	640 m ³	900 t	6420 m ³

Tabla 3.11 Consumo de leña

Diario (t)	Diario (m3)	Mensual (t)	Mensual (m3)	Anual (t)	Anual (m3)
2,8 t	4,7 m3	70 t	117 m3	700 t	1166 m3

La cascarilla de arroz empleada como combustible dicha biomasa se adquiere en los molinos de arroz "Ángel Montejo" y "Manolo Solano" pertenecientes a la EAIG "Sur del Jíbaro" y que se ubican en la ciudad de Sancti Spíritus. A continuación, se presenta el análisis realizado para el transporte de la cascarilla de arroz desde los molinos ubicados en la ciudad de Sancti Spíritus hasta la planta de granos.

Tabla 3.12 Consumo de diesel para el transporte de cascarilla

Capacidad de carga de cascarilla por camión (m3)	Consumo mensual (m3)	Cantidad de viajes al mes en camión	Consumo de combustible por camión (km/l)	Recorrido (Km)	Consumo mensual (lt)	Consumo mensual (t)
12 m3	640 m3	52	5 km/lt	100 km	1060	0.89 t

Teniendo en cuenta que el litro de petróleo en el mercado estatal cubano cuesta \$13.99 CUP, se valora mensualmente el gasto en combustible \$14 829.4 CUP

Etapas 7. Revisar el proceso e identificar el origen de los desechos

- **Proceso de prelimpieza**

Aire: Durante la prelimpieza se generan emisiones de polvo al aire a través de las zarandas.

Tierra y suelo: De igual forma en este proceso se desechan materias extrañas e impurezas lo cual implica una incidencia sobre el suelo al acumularse gran cantidad de estos al no tener establecido un destino final.

- **Proceso de secado del grano**

Aire: El proceso de secado se realiza a través de la combustión de leña y cáscara de arroz y como segunda alternativa con diésel, mediante el horno con quemador dual. Esto provoca las emisiones de CO₂ a la atmósfera, contaminando el aire. Además las cenizas como otro de los desechos de esta acción igualmente incide negativamente sobre el aire.

Tierra y suelo: Este mismo proceso genera gran cantidad de cenizas, las cuales no poseen un tratamiento y afectan considerablemente el suelo.

Etapas 8. Analizar los riesgos

Los riesgos del proceso son detectados por el equipo de expertos a través de la lista de chequeo aplicada en la instalación. Mediante esta labor quedan definidos los principales peligros que pueden afectar la salud de los trabajadores y clientes, determinándose como: ambientales, debido a las emisiones de dióxido de carbono a la atmósfera, la generación de los desechos producto de la combustión de biomasa (cenizas) en el proceso de secado y en el proceso de prelimpieza, como son las materias extrañas (paja de frijol)); mecánicos, por accidentes derivados de del propio funcionamiento de la planta; y químicos, por los fertilizantes químicos utilizados en el frijol que entra a la planta.

Las causas fundamentales de su aparición son:

Técnicas: debido a condiciones de trabajo inseguras.

Organizativas: por la segregación inadecuada de los desechos y el no establecimiento de un destino final para los desechos de los procesos de secado y prelimpieza.

Conductuales: debido a la falta de responsabilidad en el desempeño de las actividades, incumplimiento de las normas establecidas y subjetividad del personal en la evaluación de los riesgos

El análisis efectuado ofreció la posibilidad de concluir, que la causa fundamental para la aparición de los riesgos está dada por la generación de desechos y el impacto negativo al medio ambiente.

Fase III. Generación de oportunidades de PML.

Etapa 9. Generación de opciones para la reducción de los desechos y recursos naturales.

La caracterización de los bioresiduos sólidos en cuanto a presencia de macro, micro nutrientes y trazas de elementos tóxicos se muestra en las tablas 1, 2 y 3.

✓ Presencia de trazas de elementos tóxicos

El contenido de trazas de elementos tóxicos en las cenizas mixtas de biomasa, paja de frijol y RAC determinado y presentado en la Tabla 1, no restringe las posibilidades de su uso en la agricultura, de acuerdo con la norma (SEMARNA 2000), (ICONTEC, 2004). Al tener como límites valores muy superiores a los reportados por el estudio realizado lo que no representa contaminación al suelo producto de su reincorporación a este. Solo para el caso del Cd presente en el RAC (22,8 mg/kg) está muy próximo al límite máximo de la norma ICONTEC este valor pudiera estar dado por la presencia de trazas de suelo en este residuo.

En el contexto internacional similares estudios se han realizado. (Symanowicz, 2018), (Füzesi, 2015) Reportan valores superiores de Pb para la paja de frijol y el RAC. En el caso del Cd solo para el RAC se reportan valores superiores a los de la literatura consultada y no reportan As. Acorde con los resultados obtenidos por Maresca, 2017; muestra valores mayores solo para la ceniza mixta, en cuanto al Pb y As son mayores para la paja de frijol y el RAC no así para el caso de las cenizas mixtas, el Ni tiene los valores más bajos para todos los casos.

Tabla 3.13 : Presencia de trazas de elementos tóxicos (mg/ Kg) en las cenizas mixtas de biomasa, Paja de frijol y RAC: Valores por debajo de los límites permisibles de normas para fertilizantes orgánicos de Colombia y México pueden verse para los casos del Cd, Pb, Ni y Cr solo es superior para el caso de las cenizas mixtas.

TRAZAS DE ELEMENTOS EN CENIZA (MG/ KG)					
	Cd	Pb	As	Ni	Cr
CENIZAS MIXTAS	0,7	30,0	4,0	37,4	25,0

PAJA DE FRIJOL	No report	0,7	0,1	24,3	38,8
RAC	22,8	1,2	0,9	56,7	131
SEMARNA 2000*1	39/ 85	300/840	41/75	420/420	1200/3000
ICONTEC, 2004*2	23,4/39	108/180	24,6/41	No report	720/1200
SYMANOWICZ, 2018	8,7	21,9	No report	48,7	26,8
FUZESIET AL, 2015	6,5	85	No report	58,9	182
MARESCA ET AL,2018	3,99	13,8	1,17	16,1	26,6

SEMARNA 2000*1 acorde con esta norma el primer valor es excelente y el segundo bueno. ICONTEC, 2004*2 en esta norma solo se establecen limites maximos, en el caso de las cenizas se toma en consideración el 60 % de los elementos. En la tabla el primer valor que aparece corresponde a las cenizas y el segundo valor corresponde a los abonos orgánicos de forma general aplicado a la paja de frijol y al RAC.

✓ **Presencia de Macro nutrientes**

- ✓ Tabla 3.14 : concentración de nutrientes en las cenizas mixtas de biomasa, paja de frijol y RAC acorde con la norma ICONTEC, 2004 (mg/Kg): donde el Ca, K, P sobrepasan el límite establecido.

	CONCENTRACIÓN DE NUTRIENTES (MG/KG)						
	Ca	K	Mg	Na	P	S	Al
CENIZAS MIXTAS	34880	10057	3365	362	1670	2849	6396
PAJA DE FRIJOL	1275	2902	649	261	967	441	99,7
RAC	25115	14621	2332	486	3046	704	1778
ICONTEC, 2004*1	>10 000	>10000			>10000		
SYMANOWICZ, 2018	160100	97600	39400	5800	19700	18200	No report
FUZESI ET AL, 2015	233000	54000	27000	5800	3700	No report	1800
MARESCA ET AL, 2018.	1210	39400	12700	10500	10000	2450	12400

*1 Solo se reporta si es superior al 1% para N, P2O5 y K2O esto equivale a > 10000 mg/kg

Acorde con la norma internacional ICONTEC, 2004 los abonos orgánicos deben tener en su composición para los elementos esenciales N, P, K en su valor total superior al 1% al ser estos elementos lo que más se comercializan. Acorde con lo presentado anteriormente en la caracterización realizada para las cenizas mixtas y el RAC el Ca, K, P sobrepasa los 10000 mg/kg cumpliendo con la norma no así en el caso de la paja de frijol. Por lo que pueden considerarse como fertilizantes potenciales. El resto de los elementos químicos son > que 10 000 mg/kg. Tabla 2

En cuanto al orden de importancia de la presencia de macronutrientes en la Tabla 2 se reportó que Ca >K para las cenizas mixtas y el RAC, no así para la paja de frijol siendo para esta el K > Ca. Para las cenizas mixtas el resto de los macronutrientes se comportó como sigue Al>S> P> Mg >Na. En la paja de frijol la presencia de nutrientes fue de P>Mg>S>Na> Al. No coincidiendo en orden de importancia con las cenizas mixtas.

En cuanto a la literatura internacional Tabla 2 similares resultados a las cenizas mixtas en cuanto a presencia de Ca >K obtuvieron como media (Symanowicz, 2018). No así para el resto de los macronutrientes analizados donde el Mg >P para [6]y del Na para Füzési, 2015. Para Maresca, 2018, K>Mg >Al, siendo el Ca el elemento menos representativo.

✓ **Presencia de Micronutrientes**

Acorde con la normativa internacional consultada solo se reportan valores para el Co y Cu y en todos los casos están por debajo mínimos permisibles. Tabla 3

Tabla 3.15: Concentración de microelementos en las ceniza mixtas de biomasa, paja de frijol y RAC acorde con la norma internacional SEMARNA 2000..

	Concentración de microelementos (mg/kg)			
	Mn	Mo	Co	Cu
Cenizas mixtas	125,0	26,0	11,0	33,2
Paja de frijol	116,0	0,9	0,3	71,0
RAC	676,0	2,9	4,2	21,8

ICONTEC, 2004	No report	No report	No report	No report
SEMARNA 2000	No report	No report	1500	4300
Symanowicz, 2018	600,3	No report	No report	193
Fuzesi et al, 2015	No report	No report	No report	110
Maresca et al,2018	7430	1,81	5,49	60,4

Por otra parte el análisis de los micronutrientes Tabla 3 de las cenizas mixtas, de la paja de frijol y del RAC arrojó que el elemento más representativo en todos los casos es el Mn>Cu> Mo>Co para las Cenizas Mixtas, el RAC y la paja de frijol. Los demás elementos reportados en el estudio realizado no se contemplan en la norma.

En la literatura internacional consultada y referenciada en este estudio Symanowicz, 2018, reportó presencia de Mn > Cu. Por su parte [10]solo reportó el Cu. Para [30]reporta presencia de todos los micronutrientes estudiados en las cenizas mixtas, la paja de frijol y el RAC donde en orden de importancia Mn>Cu>Co>Mo.

✓ ***Uso potencial de las cenizas mixtas, la paja de frijol y el RAC tomando en consideración la presencia de nutrientes en la agricultura.***

El potencial uso de las cenizas mixtas, la paja de frijol y el RAC en la agricultura tomando en consideración la presencia de nutrientes ya sea como fertilizante o biorremediación es posible a considerar tomando en consideración que el Ca y el Mg están presentes en forma de óxido los que pueden absorberse con facilidad por las plantas (Brannvall,2015), el potasio, el fósforo, el calcio, el magnesio, etc., almacenados en la ceniza están en casi las proporciones correctas que las plantas necesitan (Pesonen, 2016) lo que contribuiría a procesos agroproductivos más limpios al disminuir la disposición de residuos, y el uso de fertilizantes químicos de las plantas. (Zhang, 2016), (Cruz-Paredes, 2017), (Freire, 2015), (Bai, 2015).

En este sentido algunos autores han mostrado sus resultados y han propuesto formulaciones para estos en el caso de las cenizas apuntan a que dada la

rápida reacción de absorción y asimilación en el suelo, deben aplicarse pequeñas dosis de aproximadamente 1 t ha⁻¹ durante cada tratamiento [6]. Por su parte Gibczynska, 2014, concluye que el uso adecuado de las cenizas no plantea ningún peligro y pueden utilizarse en la agricultura.

Esto fue confirmado, tras la aplicación de cenizas de la biomasa a una dosis de 1,5 t ha⁻¹ (Gibczynska, 2014). Para Fűzesi, 2015 las cenizas de biomasa pueden ser usadas efectivamente para propósitos agrícolas en prácticas de mejoramiento de suelos ácidos y como suplemento nutricional en dosis de 1 a 5 t/ha⁻¹.

Las concentraciones de P, K, Ca, Mg y S pueden considerarse como una fuente potencial de estos ingredientes para las plantas. Acorde con Symanowicz, 2018, 1 t de ceniza de biomasa, puede aportar al suelo aproximadamente 20 kg de P, 98 kg de K, 302 kg de Ca, 39 kg de Mg y 18 kg de S. Lo que puede representar un ahorro económico al disminuir el volumen de fertilizante sintéticos requerido. Si se considera que una tonelada de fertilizante sintético dependiendo de su clase puede costar entre 100 y 600 E (FAO, 2015). Otro análisis económico apunta a que las cenizas no representan costo alguno y son fáciles de obtener. (Wójcik, 2020)

Para el caso del frijol este requiere de los siguientes componentes N P K Ca Mg S (Arias Restrepo, et al. 2007) El esquema de fertilización más usado es NPK. Para el caso de las cenizas el N se volatiliza por la combustión de la biomasa y puede ser asignado a través del mulch de la paja del frijol. Un estudio realizado por Rasheedat Ajala et al, 2017 concluyó que para una óptima realización del efecto de la aplicación de madera en el rendimiento de crecimiento de maíz-frijol lima intercalado en un suelo ácido en las regiones tropicales del mundo, la ceniza de madera debe aplicarse a una tasa de 2,4 kg / parcela.

Las cenizas tenían una composición en orden de importancia como sigue Ca>K>Na>Mg.

Para el caso de la paja de Frijol y del RAC es posible utilizarlas como Mulch o compost para la fertilización de suelos así como vincularlas con las cenizas en este sentido (Bougnom et al, 2009) mostraron que la adición de cenizas de

madera al compost tiene algún beneficio en términos de aumento del pH del suelo, reducción del potencial de conversión de la CE y el nitrato, así como una menor acción supresora de las concentraciones de Fe y Mn. La ceniza no tuvo un efecto adverso en el rendimiento del compost en cuanto a la relación C/N, Al intercambiable y P disponible, en particular con una enmienda de ceniza del 8%. En los trópicos, donde la cal no suele ser asequible para los agricultores de escasos recursos, el compost de ceniza equilibrada podría aliviar los problemas de fertilidad del suelo, proporcionar una solución para la eliminación de las cenizas de madera y reducir la cantidad de compost necesario para aumentar el pH del suelo a niveles adecuados.

Beneficio económico de la valorización agrícola de las cenizas

La Empresa Agroindustrial de Granos Valle del Caonao invierte en la compra de fertilizantes una gran cantidad de recursos económicos. Solo en el caso de las fórmulas NPK, se destinan como promedio \$8560.0 CUP por cada tonelada, para el Hidrato de Cal, \$6956.48 CUP y en el de la Urea \$7305.70 CUP.

El abono o fertilizante NPK como su propio nombre indica es un abono o fertilizante que está formado por los tres elementos o, mejor dicho, macroelementos primarios. Estos macroelementos son el nitrógeno (N), fósforo (P) y potasio (K). Dentro de todo el abanico de fertilizantes que hay disponibles, podemos decir que los fertilizantes NPK son los más completos nutricionalmente hablando, ya que se aporta al cultivo o planta en el mismo momento de aplicación los tres principales macronutrientes indispensables. (Tarazona, 2019)

La urea es la principal fuente de fertilización nitrogenada en el mundo, especialmente en países en desarrollo; las ventajas de este fertilizante con relación a otros son: mayor contenido de N se puede incorporar al suelo previo a la siembra y al ser un fertilizante de reacción ácida, se puede utilizar en suelos neutros o ligeramente alcalinos. (Morales, 2019)

No obstante el uso de estos fertilizantes químicos tienen consecuencias negativas que impactan de manera perjudicial al medio ambiente, y en este caso al ecosistema donde se encuentran los cultivos.

El mayor problema al que nos enfrentamos es la contaminación del agua subterránea producida por el nitrógeno que se añade en forma de nitratos. Los nitratos aportados al suelo se mueven fácilmente a través de él, y debido a que son muy solubles en agua, pasan a las aguas subterráneas y permanecen en ellas durante años, y lo que es peor, el aporte de nitrógeno a lo largo del tiempo tiene un efecto acumulativo. En el caso de la urea, esta libera amoníaco en su proceso de descomposición. Una parte del amoníaco pasa a la atmósfera contribuyendo a la lluvia ácida y otra parte contamina el agua subterránea. Y lejos de aminorar, son problemas que se verán aumentados en las próximas décadas. (Bioeco, 2018)

Este análisis infiere que el potencial uso de las cenizas y la paja de frijol, como fertilizante para el cultivo de frijol, no solo constituye una solución con una valorización agrícola y económica, sino también desde el punto de vista ambiental, en la minimización de la contaminación por el uso de fertilizantes químicos.

A partir del estudio realizado a las cenizas se obtuvo que estas contienen una cantidad considerable de macronutrientes por Kg de cenizas y de paja de frijol. Si tenemos en cuenta que se generan como residuo del proceso de secado aproximadamente 3 toneladas de cenizas diarias, (además de los gases de combustión como son el CO, CO₂, Hidrocarburos no quemados, NO_x), sería un beneficio económico el uso de las cenizas como fertilizante al constituir un ahorro de \$ 289.87 CUP por tonelada; diario \$ 869.61 CUP y al terminar la campaña de frijol (117 días), equivalente a \$ 101 744.37 CUP.

En el caso de la paja de frijol representa un beneficio económico de \$ 4119.44 CUP, si tomamos en consideración tanto su validación como abono y además el valor de kilo calorías/KG para su uso como combustible.

Tabla 3.16 Conversión de los contenidos de nutrientes en fertilizantes en %.

Portador	Contenido de (%)	Precio (CUP/ton)
Hidrato de cal	Ca (60,0)	6 956,48

Fórmula completa	Peso físico	8560,00
	N = 9,00	1426.26
	P= 18,00	2853.33
	K = 27,00	4280,00

Tabla 3.17 Conversión de nutrientes en %.

Residuo	Presencia de nutrientes y otros elementos (%)			
	Ca	K	P	S
Cenizas mixtas	3,48	1,01	0,16	0,28
Paja de frijol	0,13	0,29	0,09	0,04

Tabla 3.18 Validación de los desechos como abonos.

Residuo	Contenido de			Valor calórico (kcal/ton)	Valor como abono (CUP/ton)	Valor como combustible (CUP/ton)	Valor total (CUP/ton)
	Ca	K	P				
Cenizas mixtas	242,08	43,23	4,56		289.87		289.87
Paja de frijol	9,04	12,41	2,56	0.357 t/t res.	24,01	4095.43	4119.44

Etapa 10. Seleccionar opciones viables

A partir de la caracterización de la planta, la capacitación al grupo de expertos y grupo de trabajadores se determinan un grupo de Buenas Prácticas que contribuirán a implementar con éxito las alternativas de PML propuestas.
(Anexo 12)

Conclusiones

1. En la planta de secado y beneficio de granos Eduardo Lamas Díaz, no se constatan evidencias de la implantación de buenas prácticas y no se aprovechan los residuos generados, ni se dispone de un manejo adecuado para estos, por lo que se no se cumple con el Programa de producciones limpias que exige las autoridades regulatorias cubanas. Las cenizas y los residuos producto del proceso de limpieza del frijol tomando en consideración la presencia de nutrientes ya sea como fertilizante o biorremediación, contribuiría a procesos agroproductivos más limpios al disminuir la disposición de residuos, y el uso de fertilizantes químicos de las plantas.
2. Se determinaron oportunidades de PML en la planta de Secado y Beneficio de Granos, teniendo en cuenta la conformación de un equipo de trabajo, la capacitación, la introducción de buenas prácticas, y la valorización agrícola de los residuos. Esta propuesta sirve a la Empresa para la toma de decisiones al respecto en aras de lograr procesos productivos de ciclo cerrado, con diversificación de ingresos, y con menores impactos ambientales en concordancia con la política de desarrollo sostenible del nuestro país.

Recomendaciones

- Completar el estudio económico de las acciones de PML propuestas.
- Realizar un plan de capacitación para el resto de los trabajadores, que incluya a la dirección de la Empresa Agroindustrial de Granos Valle del Caonao, para la introducción del concepto y de las prácticas de Producción Más Limpia, demostrando la aplicabilidad y el efecto económico – ambiental de las mismas.

Bibliografía

1. Amarjit, S. (Ed.), 2014. Sustainability: How the Cosmetics Industry Is Greening up. John Wiley and Sons, Chichester, UK, p. 333. Andersen, M.S., 2007. An introductory note on the environmental economics of the circular economy.
2. Aragon-Correa, Sustain. Sci. 2, 133e140., J.A., Hurtado-Torres, S., Sharma, S., Garcia-Morales, V.J., 2008. Environmental strategy and performance in small firms: a resource-based perspective. J. Environ. Manag. 86, 88e103.
3. Aras, G. (Ed.), 2015. Sustainable Markets for Sustainable Business. A Global Perspective for Business and Financial Markets. Gower Publ. Ltd., Farnham, UK, p. 280.
4. Amador, A, Torres M., 2002. Mercurio y metales tóxicos en cenizas provenientes de Procesos de combustión e incineración.
5. August 2017. Fared, B., 2012. Green economy in the Arab Region. Available on line at. [https:// www.cbd.int/doc/meetings/im/wscbteeb-mena-01/other/wscbteeb-mena-01- unep-green-economy-arab-en.pdf](https://www.cbd.int/doc/meetings/im/wscbteeb-mena-01/other/wscbteeb-mena-01- unep-green-economy-arab-en.pdf). last Accessed January 2017.
6. Arjones Fernández, A.: Propuesta para la reflexión: la simbiosis entre el modelo de desarrollo rural europeo, y la tutela de los bienes culturales en Andalucía, Actas I Congreso Internacional de Patrimonio, Desarrollo Rural y Turismo en el Siglo XXI. Osuna, Sevilla. 2004. Actas del I Congreso Internacional. Patrimonio, Desarrollo Rural y Turismo en el Siglo XXI. (ISBN 84-688-8824-9)
7. Ángel y Jorge Planellos (o Planelló), ¿Quién alimentará China?, periódico 'El Mundo', 27 de marzo de 2011.
8. Arjones Fernández, A., "Siete recomendaciones para la aplicación de los fondos estructurales de la UE en los bienes culturales del medio rural andaluz". En "VIII Congreso Virtual Internacional sobre Turismo y Desarrollo (8 al 24 de julio de 2014) organiza EUMED.NET (Grupo de investigación de la Universidad de Málaga orientado a actividades académicas y de investigación con universidades latinoamericanas)
9. Arjones Fernández, A., "Sostenibilidad y tutela del patrimonio cultural en el medio rural. En "XII Congreso Internacional sobre Desarrollo Sostenible y Población (9 al 25 de junio de 2015). EUMED.NET (Grupo de investigación de la Universidad de Málaga orientado a actividades académicas y de investigación con universidades latinoamericanas)
10. Bai, Y.-l., Wang, L., Lu, Y.-l., Yang, L.-p., Zhou, L.-p., Ni, L., Cheng, M.-f. Effects of long-term full straw return on yield and potassium response in wheat-maize rotation. Journal of Integrative Agriculture 2015; 14(12) [<https://doi.org/10.1016/s2095->]
11. Bigorito, S. Presentación de casos ejemplos de producción limpia. Consejo Empresario Argentino para el Desarrollo Sostenible (CEADS)
12. Boffa, G. et al. Secado industrial de granos de origen agrícola : estado del arte, herramientas de cálculo en la

determinación de parámetros psicrométricos del aire de secado y aplicación de redes neuronales al control de procesos de secado [en línea]. *Energeia*, 10(10), 2012. Disponible en: <http://bibliotecadigital.uca.edu.ar/repositorio/revistas/secado-industrial-granos-agricola.pdf> [Fecha de consulta: 20 de enero 2022]

13. Bohin, I., Wiebe, J., 2016. Does it Pay for SMEs to Be Good and Green? Evidence on the Impact of CSR on Financial Performance in the Contextual Setting European and Asian SMEs. Master degree thesis. University of Upsala. Sweden. Divaportal.org (last Accessed 4 November 2017).
14. Borel-Saladin, J.M., Turok, N., 2013. The green economy: incremental change or transformation? *Environ. Policy Gov.* 23, 209e220. Business Directory, <http://www.businessdictionary.com/definition/cleanerproduction.html>, last Accessed July 2017.
15. Bougnom BP, Mair J, Etoa FX, Insam H. Composts with wood ash addition: A risk or a chance for ameliorating acid tropical soils? *Geoderma* 2009; 153(3-4): 402–7 [https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2009.09.003]
16. Cabello-Eras, J.J., Corvas Varela, D., Hernandez-Perez, G.D., Sagastume-Gutiérrez, A., Garcia-Lorenzo, D., Vandecasteele, C., Hens, L., 2014. Comparative study of the urban quality of life in Cuban first level cities from an objective dimension. *Environment. Dev. Sustain.* 16, 195e216.
17. Cabello-Eras, J.J., Sousa-Santos, V., Sagastume Gutierrez, A., Alvares Guerra Plasencia, M., Haeseldonckx, D., Vandecasteele, C., 2016. Tools to improve forecasting and control of electricity consumption in hotels. *J. Clean. Prod.* 137, 803e812.
18. Ciesielczuk T, Rosik-Dulewska C, Kochanowska K. The Influence of Biomass Ash on the Migration of Heavy Metals in the Flooded Soil Profile - Model Experiment. *Archives of Environmental Protection* 2014; 40(4) [https://doi.org/10.2478/aep-2014-0034]
19. Chakraborty, D., 2017. Environmental management accounting (EMA) and environmental reporting in a resource constrained world: challenges for CMAs. *MA J.* 52, 36e42.
20. Chamorro, Gonzalez C.L., 2016. Estado actual de la contabilidad verde en Colombia: Estudio de caso al sector minero (Doctoral Dissertation. Universidad De La Costa Cuc), pp. 43e91.
21. Chailloux M, Hernández G, Faure B, Caballero R. Producción de frijol en Cuba: situación actual y perspectiva inmediata. *Agron. Mesoam.* 2006; 7(2): 98[https://doi.org/10.15517/am.v7i2.24780]
22. Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions, 2015.

23. Closing the Loop- an EU Action Plan for the Circular Economy. Brussels, 2.12.2015. http://eurlex.europa.eu/resource.html?uri%3Acellar:8a8ef5e8-99a0-11e5-b3b701aa75ed71a1.0012.02/DOC_1&format%3APDF. Last Accessed August 2017.
24. Cruz-Paredes C, López-García Á, Rubæk GH, Hovmand MF, Sørensen P, Kjøller R. Risk assessment of replacing conventional P fertilizers with biomass ash: Residual effects on plant yield, nutrition, cadmium accumulation and mycorrhizal status. *Sci Total Environ* 2017; 575: 1168–76[<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.09.194>][PMID: 27712871]
25. Cuellar, I. et al. Caña de Azúcar Paradigma de Sostenibilidad; 2003 [cited 2020 September 10]
26. Dalal-Clayton, B., Sadler, B., 2005. Strategic Environmental Assessment. A Sourcebook and Reference Guide to International Experience. Earthscan, London, UK.
27. De Jong, M., Yu, C., Cen, X., Wang, D., Weijnen, M., 2013. Developing robust organizational frameworks for Sino-foreign eco-cities: comparing Sino-Dutch Shenzhen low carbon city with other initiatives. *J. Clean. Prod.* 57, 209e220.
28. De Oliveira, O.J., 2013. Guidelines for the integration of certifiable management systems in industrial companies. *J. Clean. Prod.* 57, 124e133. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2013.06.037>.
29. De Oliveira Neto, G.C., Vendrametto, O., Naas, I.A., Palmeri, N.L., Lucato, W.C., 2016. Environmental impact reduction as a result of cleaner production implementation: a case study in the truck industry. *J. Clean. Prod.* 129, 681e692.
30. Devuyst, D., 1995. Environmental impact assessment. Pp. 188-210. In: Nath, B., Hens, L., Compton, P., Devuyst, D. (Eds.), *Environmental Management in Practice: Vol. 1. Instruments for Environmental Management*. Routledge, London, UK, pp. 188e210. (with M. Strong)
31. Dodds, F., Strauss, M., 2012. Only One Earth. The Long Road via Rio to Sustainable Development.
32. Dhyani, V., & Bhaskar, T. Una revisión exhaustiva de la pirólisis de la biomasa lignocelulósica. *Energías Renovables* 2018; (129): 695–716.
33. Earthscan, London, UK. Block, C., 2017. European framework on innovative processes in waste management and circular economy, curso de Verano. Universidad de Cantabria (Spain), June 2017.
34. Earthscan, Routledge, Oxon, UK. ECO, 2010. Defining the Green Economy. Canada. Available on line at. last Accessed January 2017. <http://www.eco.ca/pdf/Defining-the-Green-Economy-2010.pdf>.
35. EEA-European Environmental Agency, 2002. Late Lessons from Early Warnings: the Precautionary Principle 1896-2000. Office for Official Publications of the European Communities, Luxemburg.
36. Ellen MacArthur Foundation, 2015. Growth within: a Circular Economy Vision for a Competitive Europe last Accessed July 2017). www.ellenmacarthurfoundation.org.

37. El-Kholy, O.A., 2002. Cleaner Production, Encyclopedia of Global Environmental Change. J. Wiley& Sons. European Commission, 1994. Review of Cleaner Production, Annex 2, 1st European Roundtable on Cleaner Production Programmes, 1994.
38. European commission, 2015a. Proposal for a DIRECTIVE of the EUROPEAN PARLIAMENT and of the COUNCIL Amending Directive 2008/98/EC on Waste. Brussels, 2.12.2015. http://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:c2b5929d-999e-11e5-b3b7-01aa75ed71a1.0018.02/DOC_1&format=PDF. Last Accessed June 2017. European Commission, 2015b.
39. European Commission, 2017. Report from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions on the Implementation of the Circular Economy Plan.
40. European commission, Brussels, 26.01.2017. http://ec.europa.eu/environment/circulareconomy/implementation_report.pdf. Last Accessed August 2017.
41. European parliament, 2017. Circular Economy Package. Four Legislative Proposals on Waste. Briefing EU Legislation in Progress May 2017. [http://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2017/603954/EPRS_BRI\(2017\)603954_EN.pdf](http://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2017/603954/EPRS_BRI(2017)603954_EN.pdf). Last Accessed
42. Environment Programme. Division of Technology, Industry, and Economics, Sustainable Consumption and Production Branch. Resource Efficient and Cleaner Production. <http://www.unep.fr/scp/cp/>. Last Accessed July 2017.
43. Earthscan, London, UK, p. 386. Tang, Z., 2014. An integrated approach to evaluating the coupling coordination between tourism and environment. *Tour. Manag.* 46, 11e19. Thiel, M., 2015. The Social Domain in CSR and Sustainability. Gower Publ. Ltd., Farnam, UK. Tchobanoglous, G., 1993. Integrated Solid Waste Management Engineering Principles and Management Issues (No. 628 T3).
44. FAO, 2002. Agricultura mundial: hacia los años 2015/2030. Informe resumido
45. Feeley, T.J., Skone, T.J., Stiegel, G.J., McNemar, A., Nemeth, M., Schimmoller, B., Manfredi, L., 2008. Water: a critical resource in the thermoelectric power 3332 L. Hens et al. / *Journal of Cleaner Production* 172 (2018) 3323e3333industry. *Energy* 33, 1e11.
46. Ferrara, R., 2015. The smart city and the green economy in Europe: a critical approach. *Energies* 8, 4724e4734.
47. Farnam, UK. Henriques, J., Catarino, J., 2015. Sustainable value and cleaner production e research an application in 19 Portuguese SME. *J. Clean. Prod.* 96, 379e386.
48. Food and Agriculture Organization of the United Nations 2015.

49. Fresner, J., 1998. Cleaner production as a means for effective environmental management. *J. Clean. Prod.* 6, 171e179. Friis, R.H., 2007. *Essentials of Environmental Health*. Jones and Bartlett Publ, Sudbury, Ma, p. 390.
50. Freire, M., Lopes, H., Tarelho, L.A. Critical aspects of biomass ashes utilization in soils: composition, leachability, PAH and PCDD/F. *Waste Manag* 2015; 46: 304–15 [<https://doi.org/10.1016/j.wasman.2015.08.036>.]
51. Fűzesi I, Heil B, Kovács G. Effects of Wood Ash on the Chemical Properties of Soil and Crop Vitality in Small Plot Experiments/ Fahamu hatása a talaj kémiai jellemzőire és a termény vitalitására egy kisparcellás kísérletben. *Acta Silvatica et Lignaria Hungarica* 2015; 11(1): 55–64 [<https://doi.org/10.1515/aslh-2015-0004>]
52. Gálvez Y. Mulch y asociación con frijol en la productividad del maíz morado y frijol, Canaán. *Revista Investigación* 2019; 24(1): 49–55.
53. Ghisellini, P., Cialani, C., Ulgiati, S., 2016. A review on circular economy; the expected transition to a balanced interplay of environmental and economic systems. *J. Clean. Prod.* 114, 11e32.
54. Gianni, M., Gotzamani, K., 2015. Management systems integration: lessons from an abandonment case. *J. Clean. Prod.* 86, 265e276.
55. Glavic, P., Lukman, R., 2007. Review of sustainability terms and their definitions. *J. Clean. Prod.* 15, 1875e1885.
56. Graz, Austria. Accessed July 2017. ec.europa.eu/environment/enveco/eco_industry/pdf/annex2.PDF.
57. Gopalakrishnan, B., Ramamoorthy, K., Crowe, E., Chaudhari, S., Latif, H., 2014. A structured approach for facilitating the implementation of ISO 50001 standard in the manufacturing sector. *Sustain. Energy Technol. Assessments* 7, 154e165.
58. Gibczynska M, Stankowski S, Hury G, Kuglarz K. Effects of Limestone, Ash from Biomass and Compost Use on Chemical Properties of Soil. *Soil Science Annual* 2014; 65(2): 59–64 [<https://doi.org/10.2478/ssa-2014-0009>]
59. Gillezeau, P, *Ética, gestión municipal, y desarrollo sustentable*, Universidad del Zulia, VIII Congreso Internacional del CLAD sobre la Reforma del Estado y de la Administración Pública, Panamá, 28-31 de octubre de 2003.
60. Gollakota, A. R. K., Kishore, N., & Gu, S. A review hydrothermal liquefaction of bioms. *Renewable and sustainable energy reviews*; 2018(81): 1378–92.
61. Gudynas, E. *Ecología, Economía, y Ética del Desarrollo Sostenible*, 5ª edición revisada, Editorial Coscoroba, Montevideo (2004), Capítulo 3, pp. 47-66 (disponible en línea), ISBN 9974-7616-7-0.

62. Gower Publ. Ltd., Farnam, UK. Heesterman, A.R.G., Heesterman, W.H., 2013. Rediscovering Sustainability. Economics of a Finite Earth. Gower Publ. Ltd.,
63. Halkias, D., Thurman, P.W., 2012. Entrepreneurship and Sustainability. Business Solutions for Poverty Alleviation from Around the World. Hens, B., Dyke, P.H., Hens, L., 2016. What can we learn from “dioxin incidents”? *Int. J. Environ. Pollut.* 60, 34e62.
64. Huye, J., Hens, L., 2010. In: Liber Amicorum, C., Susanne, M., Nazareth, Ph., Lef Witier (Eds.), *Studies in human ecology*. Publishing House for Science and Technology, Hanoi, Vietnam, pp. 182e202.
65. Huisingh, D., Zhang, Z., Moore, C., Qiao, Q., Li, Q., 2014. Special volume on “Carbon emission reduction: policies, technologies, monitoring, assessment and modelling”. *J. Clean. Prod.* 64, 6e8.
66. Hutchison, I.P., Ellison, R.D., 1992. *Mine Waste Management: a Resource for Mining Industry Professionals, Regulators and Consulting Engineers*. IDF-International Diabetes Federation, 2015. *IDF Atlas 7th Ed* (Brussels, Belgium). Janssens, P.R.
67. Hanley, N., Wilson, M.D., 2001. *Measuring & Modelling Sustainable Development*. The Partenon Publishing Group Inc, Pear River, NY. Morrissey, A.J., Browne, J., 2004. Waste management models and their application to sustainable waste management. *Waste Manag.* 24, 297e308.
68. Hanley, N., Wilson, M.D., 2001. *Measuring & Modelling Sustainable Development*. The Partenon Publishing Group Inc, Pear River, NY. Morrissey, A.J., Browne, J., 2004. Waste management models and their application to sustainable waste management. *Waste Manag.* 24, 297e308.
69. Hens, L., 1995. Environmental health impact assessment in Flanders, Belgium. *Environ. Manag. Health* 6, 32e37.
70. Hong, P.C., Yang, S., 2017. Clarity n CSR orientation and firm performance: the case of Japanese SMEs. *Benchmarking Int. J.* 24, 1581e1596. <https://doi.org/10.1108/BIJ-03-2016-0035>.
71. Johnston, P., Stringer, R., Santillo, D., Howard, C.V., 1999. Hazard, exposure and ecological risk assessment. Pp. 169-187. In: Nath, B., Hens, L., Compton, P., Devuyt, D. (Eds.), *Environmental Management in Practice: Vol. 1. Instruments for Environmental Management*. Routledge, London, UK, pp. 188e210.
72. JC Wandemberg, *Sostenible por Diseño: Desarrollo Económico, Social y Ambiental*, Amazon, 2015.
73. Kalili, N.R., 2015. From cleaner production to sustainable development: the role of Academia. *J. Clean. Prod.* 96, 30e43.
74. Kaunas University of Technology Lithuania, Institute of Environmental Engineering, Definition of cleaner production, <http://www.un.org/esa/sustdev/sdissues/technology/cleanerproduction.pdf>, last Accessed July 2017.

75. Koufos, D., Retsina, T., 2001. Practical energy and water management through pinch analysis for the pulp and paper industry. *Water Sci. Technol.* 43, 327e332.
76. Krishnan KD, Kiruthika P, Ravichandran PT. Use of wood ash waste to stabilise soils. *IJEWM* 2020; 25(1): 112 [https://doi.org/10.1504/IJEWM.2020.104350]
77. Lapierre, D., Moro, J., 2004. In: Pressinter, S.A. (Ed.), *Il Etait Minuit Cinq a Bhopal*. Paris, France (in French). Lee, K.F., 2001. Sustainable tourism destinations: the importance of cleaner production. *J. Clean. Prod.* 9, 313e323.
78. Lucarelli, M., Roe, P.G., 2012. *Green Oslo. Visions, Planning and Discourse*. Ashgate Publ. Ltd., Farnam, UK. Luetkenhorst, W., 2004. Corporate social responsibility and the development agenda. *Intereconomics* 39, 157e166.
79. Maresca A, Hansen M, INGERSLEV M, Astrup TF. Column leaching from a Danish forest soil amended with wood ashes: fate of major and trace elements. *Biomass and Bioenergy* 2018; 109: 91–9 [https://doi.org/10.1016/J.BIOMBIOE.2017.12.014]
80. Maresca A, Hyks J, Astrup TF. Recirculation of biomass ashes onto forest soils: ash composition, mineralogy and leaching properties. *Waste Manag* 2017; 70: 127–38[https://doi.org/10.1016/j.wasman.2017.09.008] [PMID: 28947146]
81. McManners, P., 2014. *Corporate Strategy in the Age of Responsibility*. Pp. 180. Gower Publ. Ltd., Farnham, UK. Messenger, B., 2017. *The Circular Economy Package. A Vote for Change*. Waste Management World, Special Edition Biowaste. ISWA. March-April 2017. Moffatt, I.
82. Merino A, Omil B, Hidalgo C, Etchevers JD, Balboa MA. Characterization of the Organic Matter in Wood Ash from Biomass Power Plants in Relation to the Potential Use as Amendments in Agriculture. *Land Degrad. Develop.* 2017; 28(7): 2166–75
83. Smitha, G. R., Basak, B. B., Thondaiman, V., & Saha, A. (2019). Nutrient management through organics, bio-fertilizers and crop residues improves growth, yield and quality of sacred basil (*Ocimum sanctum* Linn); 2019 [cited 2020 August 31]
84. Shi R, Li J, Jiang J, et al. Characteristics of biomass ashes from different materials and their ameliorative effects on acid soils. *J Environ Sci (China)* 2017; 55: 294–302[https://doi.org/10.1016/j.jes.2016.07.015][PMID: 28477824]
85. Shaheen SM, Hooda PS, Tsadilas CD. Opportunities and challenges in the use of coal fly ash for soil improvements--a review. *J Environ Manage* 2014; 145: 249–67 [https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2014.07.005][PMID: 25079682]
86. Symanowicz B, Becher M, Jaremko D, Skwarek K. Possibilities for the Use of Wood Ashes in Agriculture. *J. Ecol. Eng.* 2018; 19(3): 191–6[https://doi.org/10.12911/22998993/86156]

87. Meddich A, Oufdou K, Boutasknit A, et al. Use of Organic and Biological Fertilizers as Strategies to Improve Crop Biomass, Yields and Physicochemical Parameters of Soil. In: Meena RS, editor. Nutrient dynamics for sustainable crop production. Singapore: Springer 2020; 247–88.
88. Mortensen LH, Rønn R, Vestergård M. Bioaccumulation of cadmium in soil organisms - With focus on wood ash application. *Ecotoxicol Environ Saf* 2018; 156: 452–62 [https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2018.03.018][PMID: 29605665]
89. Mowforth, M., Munt, I., 2005. *Tourism and Sustainability*, second ed. Routledge, Abingdon, UK, p. 338. Nemery, B., Hoet, P.H.M., Nemmar, A., 2001. The Meuse Valley fog of 1930: an air pollution disaster. *Lancet* 357 (9257), 704e708. https://doi.org/10.1016/S0140- 6736(00)04135-0.
90. Naredo, J. Sobre el origen, el uso, y el contenido del término sostenible, Primer catálogo español de buenas prácticas, Ministerio de Obras Públicas, Transportes y Medio Ambiente, Madrid, España (1996).
91. Ojito, V.H.H., Martínez, G.A.P., Restrepo, S.L., Rojas, O.C., Franco, R.A.G., 2017. Contabilidad ambiental, tendencias investigativas mundiales. *Produccion þ Limpia* 12. Park, Y.J., Park, Y.W.
92. Ouvrard B, Abildtrup J, Bostedt G, Stenger A. Determinants of forest owners attitudes towards wood ash recycling in Sweden - Can the nutrient cycle be closed? *Ecological Economics* 2019; 164: 106293
93. [https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2019.04.005]
94. Pena-Vinces, J.C., Delgado-Marquez, B.L., 2013. Are entrepreneurial foreign activities of Peruvian SMNEs influenced by international certifications, corporate social responsibility and green management? *Int. Entrepreneurial Manag. J.* 9, 603e618.
95. Pereira, Marcel T. J., Silva, Tonny J. A. da, & Bonfim-Silva, Edna M. Soil water content and wood ash fertilization on the cultivation of gladiolus. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental* 2016; 20(4): 350–6 [https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v20n4p350-356]
96. Pesonen, J., Kuokkanen, V., Kuokkanen, T., Illikainen, M. Co-granulation of bio-ash with sewage sludge and lime for fertilizer use. *J. Environ. Chem. Eng.* 2016; 4(4): 4817–21.
97. Peña, K., Rodríguez, J. C., Olivera, D., Fuentes, P. F., & Melendrez, J. F. Prácticas agrícolas sostenibles que incrementan los rendimientos de diferentes cultivos en Sancti Spíritus, Cuba. *Agronomía costarricense* 2016; 40(2): 117–27.
98. Pierre de Senarclens, La gobernabilidad mundial y sus críticos, *Revista Internacional de Ciencias Sociales (RICS)*, n° 170, diciembre de 2001.
99. Porter, M.E., Kramer, M.R., 2006. The link between competitive advantage and corporate social responsibility. *Hav. Bus. Rev.* 84, 78e92.
100. Puppim de Oliveira, J.A., Jabbour, C.J.C., 2015. Environmental management, climate change, CSR, and governance in clusters of small

- firms in developing countries. *Bus. Soc.* 56, 130e151. <https://doi.org/10.1177/0007650315575470>.
101. Red Latinoamericana de Producción Más Limpia. Informe 10 años.(2013)
 102. Red economía alternativa y solidaria, El diario de Navarra. Europa Press, Pamplona (2011).
 103. Renyong Shi, Jiuyu Li, Jun Jiang, Khalid Mehmood, Yuan Liu, Renkou Xu, Wei Qian. Characteristics of biomass ashes from different materials and their ameliorative effects on acid soils,. *Journal of Environmental Sciences* 2017; 55: 294-302,
 104. Ramesh V, Korwar GR, Mandal UK, Sharma KL, Venkanna K. Optimizing Fly-Ash Dose for Better Tree Growth and Nutrient Supply in an Agroforestry System in Semi-arid Tropical India. *Communications in Soil Science and Plant Analysis* 2007; 38(19-20): 2747–66 [<https://doi.org/10.1080/00103620701662992>]
 105. Rey-Salgueiro L, Omil B, Merino A, Martínez-Carballo E, Simal-Gándara J. Organic pollutants profiling of wood ashes from biomass power plants linked to the ash characteristics. *Sci Total Environ* 2016; 544: 535–43 [<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2015.11.134>][PMID: 26674682]
 106. Roa, et. al. 2016. Hacia Una Producción más Limpia en Latinoamérica a través de la integración de Educación Ambiental, Ingeniería y Administración de Negocios. Instituto Tecnológico de Costa Rica. <https://repositoriotec.tec.ac.cr/bitstream/handle/2238/6861>
 107. Roßler, R., Schlieter, H., 2015. Towards model-based integration of management € systems. In: *Wirtschaftsinformatik*, pp. 31e45.
 108. Rodríguez, A., 2019. La protección del medioambiente en Cuba, una prioridad gubernamental. *Rev Nov Pob* vol.15 no.30 La Habana jul.-dic. 2019 Epub 15-Abr-2020
 109. Rubio E, "Reflexiones sobre el concepto de Desarrollo Sostenible, sus antecedentes y algunos apuntes para el momento presente (y futuro)", XVI Congreso de Estudios Vascos, Bilbao, y Donostía, San Sebastián (2005), n° 16, pp. 261-270, disponible en línea: Desarrollo Sostenible-IT - El futuro), consultado el 4 de diciembre de 2019.
 110. Roberto Boullón, "Espacio Turístico y Desarrollo Sustentable": Aportes y Transferencias, Argentina (2006), vol. 10, n° 2, pp. 17-24, (disponible en línea), consultado el 4 de diciembre de 2019.
 111. RNPML.: Estrategia preventiva de PML. Almanaque del 2008, 2008.
 112. Schroeder, K., Thompson, T., Frith, K., Pencheon, D., 2013. *Sustainable Healthcare*. Wiley-Blackwell, Oxford, UK. SD Featu res, <https://www.gdrc.org/sustdev/concepts/02-c-prod.html>, Accessed July 2017.
 113. Shaikh, B.M., 2016. Green AccountingA path towards sustainable development. In: *One Day Interdisciplinary National*

- Conference on Sustainable Development: Impact on Trade, Commerce (P. 29). One Day Interdisciplinary National Conference on Sustainable Development: Impact on Trade, Commerce, Economics and Science. University of Mumbai, India). November 19th 2016. Ed. Maharashtra College of Arts, Science & Commerce.
114. Silbergeld, E.K., 2016. Chickenizing & Farms Food. John Hopkins University Press, Baltimore, Mar, p. 315. Spenceley, A. (Ed.), 2008. Responsible Tourism. Critical Issues for Conservation and Development.
115. Torres, R. , Montero A.2010. Efectos de la aplicación de ceniza lignocelulósica sobre el contenido de nitrógeno en suelo orgánico.
116. Tseng, M.-L., Chiu, A.S.F., Tan, R.R., Siriban-Manalang, A.B., 2013. Sustainable consumption and production for Asia: sustainability through green design and practice. J. Clean. Prod. 40, 1e5. UNEP, 1998. International Declaration on Cleaner Production, South-korea. <http://www.unep.fr/scp/cp/network/pdf/english.pdf>. Last Accessed July 2017. UN-United Nations, 1992. Agenda 21: the United Nations Programme of Action from Rio. United Nations, New York. Available on line at. http://www.un.org/esa/dsd/agenda21/res_agenda21_00.shtm. Last Accessed February 2017.
117. Treviño A, Juan Manuel Sánchez Núñez, Alejandro García Camacho, "El Desarrollo Sustentable: Interpretación y Análisis", Revista del Centro de Investigación, Universidad La Salle, Distrito Federal, México (2004), vol. 6, julio-diciembre/2004, pp. 55-59, (disponible en línea), consultado el 4 de diciembre de 2019.
118. UNIDO United Nations Industrial Development Organisation, Resource Efficient and Cleaner Production, <https://www.unido.org/cp/o5153.html>. Last Accessed July 2017.
119. UNIDO United Nations Industrial Development Organisation, Resource Efficient and Cleaner Production <http://www.unido.org/environment/resource-efficientlow-carbon-industrial-production/resource-efficient-and-cleaner-production.html>. Last Accessed July 2017.
120. United Nations Environment Programme/industry and Environment (UNEP/IEO), 1990. Environmental Auditing. Workshop, January 10-17, 1989, Paris, France. United Nations
121. Van Acker, K., 2016. Circular economy. In: Position Paper Working Group Metaforum, Presented at the Workshop KULeuven Metaforum of 13 December 2016. Von Bischhoffshausen, W., 2016. Una vision general de la contabilidad ambiental. Contaduría Univ. Antioquia 29, 139e170.
122. Villalón, A., 2010. La producción más limpia: herramienta para mejorar la eficiencia de las producciones y los servicios.Revista Cuba Tabaco Vol. 11, No. 2, 2010.
123. WCED-World Commission on Environment and Development, 1987. Our Common Future. Oxford University Press, Oxford, UK.

124. Weber, G., Cabras, I., 2017. The transition of Germany's energy production, green economy, low-carbon economy, socio-environmental conflicts, and equitable society. *J. Clean. Prod.* 167, 1222e1231.
125. WHO-Europe-World Health Organization Regional Office for Europe, 2016. Towards Environmentally Sustainable Health Systems in Europe. A Review of Evidence. Publications WHO regional Office for Europe, Copenhagen, Denmark. Wuppertal Institute for Climate, Environment and Energy, 2016. Regulatory barriers for the circular economy. Final report. www.technopolis-group.com. Last accessed July 2017
126. Wójcik M, Stachowicz F, Masłoń A. The Use of Wood Biomass Ash in Sewage Sludge Treatment in Terms of Its Agricultural Utilization: Springer; 2018 [cited 2020 February 25] Available from: URL: <https://link.springer.com/article/10.1007/s12649-018-0518-0>.
127. Wójcik M, Stachowicz F, Masłoń A. The Use of Wood Biomass Ash in Sewage Sludge Treatment in Terms of Its Agricultural Utilization. *Waste Biomass Valor* 2020; 11(2): 753–68[<https://doi.org/10.1007/s12649-018-0518-0>]
128. Xu, F., Fox, D., 2014. Modelling attitudes to nature, tourism and sustainable development in national parks: a survey of visitors in China and the UK. *Tour. Manag.* 45, 142e158.
129. Yaacoub, A., Fresner, J., 2006. Half Is Enough - an Introduction to Cleaner Production. LCPC Press, Beirut, Lebanon. ISBN 3-9501636-2-X.
130. Yong-Chou, A., Crespo-Morales, A., Benítez-Fernández, B., Pavón-Rosales, M. I., & Almenares-Garlobo, G. R. Uso y manejo de prácticas agroecológicas en fincas de la localidad de san andrés, municipio La Palma. *Cultivos Tropicales* 2016; 37(3): 15–21.
131. Zeng, S.X., Shi, J.J., Lou, G.X., 2007. A synergetic model for implementing an integrated management system: an empirical study in China. *J. Clean. Prod.* 15, 1760e1767.
132. Zhang, Z., He, F., Zhang, Y., Yu, R., Li, Y., Zheng, Z., & Gao, Z. Experiments and modelling of potassium release behavior from tablet biomass ash for better recycling of ash as eco-friendly fertilizer. *Journal of Cleaner Production* 2018; (170): 379–87.
133. Zhu, Q., Cote, R.P., 2004. Integrating green supply chain management into an embryonic eco-industrial development: a case study of the Guitang group. *J. Clean. Prod.* 12, 1025e1035.

Anexos

Anexo # 1 Ubicación geográfica Planta de Beneficio y Empaque “Eduardo Lamas Díaz”



Anexo #2

Revisión de documentos de la Empresa Agroindustrial de Granos Valle del Caonao.

- Registros estadísticos.
- Estrategia de gestión y ambiental.
- Manual de la planta.
- Auditorías realizadas por el CITMA.
- Políticas de desarrollo.
- Cartera de proyectos.
- PTE Planta de Secado y Beneficio de Granos Sur del Jíbaro.

Anexo # 3

Guía de Observación

1. Identificar procesos que intervienen el flujo productivo de la Planta.
2. Entradas y salidas de los procesos en la Planta.
3. Generación de desechos de los procesos.
4. Comportamiento de los trabajadores para con el destino de los desechos.
5. Uso de medios de seguridad y protección de los trabajadores.

Anexo # 4

Encuesta Medio Ambiental

1. ¿Existe contaminación ambiental en su organización?

Si _____ No _____

2. ¿Han sido definidos los roles, responsabilidades y autoridades para facilitar una gestión ambiental?

Si _____ No _____

3. ¿El proceso productivo tiene riesgos de impacta negativamente el ambiente?

Si _____ No _____

4. La empresa cuenta con un plan destinado al ahorro de energía?

Si _____ No _____ No se _____

5. ¿Afectan los residuos generados por la instalación la salud de los trabajadores?

Si _____ No _____

Anexo # 5: CRITERIO DE EXPERTOS.SU PROCESAMIENTO A TRAVÉS DEL MÉTODO DELPHY. Sandra Hurtado de Mendoza Fernández

1. Para resolver este problema podemos utilizar el Criterio de Expertos. Este método nos permite consultar un conjunto de expertos para validar nuestra propuesta sustentado en sus conocimientos, investigaciones, experiencia, estudios bibliográficos, etc. Da la posibilidad a los expertos de analizar el tema con tiempo sobre todo si no hay posibilidades de que lo hagan de manera conjunta. Casi siempre sus ocupaciones lo impiden por los niveles de responsabilidad de cada uno y la dispersión de los lugares de ubicación de los mismos. Esta vía se caracteriza por permitir el análisis de un problema complejo dando independencia y tranquilidad a los participantes, es decir, a los expertos. Siempre se comenzaría este proceso enviando un modelo a los posibles expertos con una explicación breve sobre los objetivos del trabajo y los resultados que se desean obtener. La secuencia establecida es la siguiente:

1. Se establece contacto con los expertos conocedores y se les pide que participen en panel.
2. Se manda un cuestionario a los miembros del panel y se les pide que den su opinión en los temas de interés.
3. Se analizan las respuestas y se identifican las áreas en que están de acuerdo y en las que difieren.
4. Se manda al análisis resumido de todas las respuestas a los miembros del panel, se les pide que llenen de nuevo el cuestionario y den sus razones respecto a las opiniones en que difieren.
5. Se repite el proceso hasta que se estabilizan las respuestas. ¿A quiénes considerar expertos?.Uno de los problemas principales es decidir quienes son los expertos o conocedores del tema a analizar.

Veamos los diez pasos a seguir:

1. Confeccionar un listado inicial de personas posibles de cumplir los requisitos para ser expertos en la materia a trabajar.

2. Realizar una valoración sobre el nivel de experiencia que poseen, evaluando de esta forma los niveles de conocimientos que poseen sobre la materia. Para ello se realiza una primera pregunta para una autoevaluación de los niveles de información y argumentación que tienen sobre el tema en cuestión. En esta pregunta se les pide que marquen con una X, en una escala creciente del 1 al 10, el valor que se corresponde con el grado de conocimiento o información que tienen sobre el tema a estudiar.

Expertos	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1										
2										
3										

3. A partir de aquí se calcula fácilmente el Coeficiente de Conocimiento o Información (Kc), a través de la siguiente fórmula:

$$K_c = n(0,1)$$

Donde:

Kc: Coeficiente de Conocimiento o Información

n: Rango seleccionado por el experto

4. Se realiza una segunda pregunta que permite valorar un grupo de aspectos que influyen sobre el nivel de argumentación o fundamentación del tema a estudiar.

Fuentes de argumentación o fundamentación	Alto	Medio	Bajo
Análisis teóricos realizados por usted			
Su experiencia obtenida			

Trabajos de autores nacionales			
Trabajos de autores extranjeros			
Su conocimiento del estado del problema en el extranjero			
Su intuición			

5. Aquí se determinan los aspectos de mayor influencia. A partir de estos valores reflejados por cada experto en la tabla se contrastan con los valores de una tabla patrón:

Fuentes de argumentación o fundamentación	Alto	Medio	Bajo
Análisis teóricos realizados por usted	0.3	0.2	0.1
Su experiencia obtenida	0.5	0.4	0.2
Trabajos de autores nacionales	0.05	0.05	0.05
Trabajos de autores extranjeros	0.05	0.05	0.05
Su conocimiento del estado del problema en el extranjero	0.05	0.05	0.05
Su intuición	0.05	0.05	0.05

6. Los aspectos que influyen sobre el nivel de argumentación o fundamentación del tema a estudiar permiten calcular el Coeficiente de Argumentación (Ka) de cada experto:

$$K_a = a n_i = (n_1 + n_2 + n_3 + n_4 + n_5 + n_6)$$

Donde:

Ka: Coeficiente de Argumentación

n_i : Valor correspondiente a la fuente de argumentación i (1 hasta 6)

7. Una vez obtenido los valores del Coeficiente de Conocimiento (Kc) y el Coeficiente de Argumentación (Ka) se procede a obtener el valor del Coeficiente de Competencia (K) que finalmente es el coeficiente que

determina en realidad que experto se toma en consideración para trabajar en esta investigación. Este coeficiente (K) se calcula de la siguiente forma:

$$K = 0,5 (Kc + Ka)$$

Donde:

K: Coeficiente de Competencia

Kc: Coeficiente de Conocimiento

Ka: Coeficiente de Argumentación

8. Posteriormente obtenido los resultados se valoran de la manera siguiente:

$0,8 < K < 1,0$ Coeficiente de Competencia Alto

$0,5 < K < 0,8$ Coeficiente de Competencia Medio

$K < 0,5$ Coeficiente de Competencia Bajo

9. El investigador debe utilizar para su consulta a expertos de competencia alta, no obstante puede valorar si utiliza expertos de competencia media en caso de que el coeficiente de competencia promedio de todos los posibles expertos sea alto, pero nunca se utilizará expertos de competencia baja.

¿Cómo se procesa la información obtenida de los expertos?

Para resolver este problema podemos utilizar el METODO DELPHY.

¿En qué consiste este método?

Una vez seleccionado los expertos con los que se realizaría el trabajo se les presentan los aspectos a valorar previamente determinados por el investigador, a través de una tabla de Aspectos / Rangos de Valoración.

Generalmente los rangos de valoración son 5, es decir, Muy Adecuado, Bastante Adecuado, Adecuado, Poco Adecuado e Inadecuado, a los que

asignamos valor numérico del 1 al 5 en el mismo orden, pueden tomar otros parámetros de valoración (Bueno, Malo, Regular, Pobre, etc.)

Pero en caso de que estos aspectos no estén determinados previamente podemos utilizar la experiencia y conocimientos de los expertos para conformar los aspectos a valorar.

Este proceso se realiza en dos momentos:

Primeramente se les solicita que hagan sus propuestas acerca de los aspectos de investigación a evaluar, de forma detallada y por escrito. Se da un plazo prudencial a los expertos para que desarrollen sus ideas.

El procesamiento de las ideas que llegan como colofón de la primera vuelta hace que se estructure una propuesta más compleja, que puede entrar en contradicción con alguna de ellas, pero que recoge los elementos enriquecedores de las más adecuadas.

Se realiza, entonces, la segunda vuelta, es decir, una nueva consulta. Se puede confeccionar un instrumento que permita la valoración de los principales aspectos relacionadas con el tema de investigación, los cuales se modelan a partir del análisis de los resultados del estudio de la bibliografía y los criterios de la primera vuelta. El instrumento se debe elaborar de forma tal que ante cada aspecto a valorar, las respuestas sean lo más cerradas posibles y al mismo tiempo, dando la posibilidad de argumentar con amplitud.

El número de vueltas depende de la complejidad del problema y de las capacidades de los participantes, hasta llegar a una solución exenta de contradicciones.

Con esto logramos que aunque los expertos consultados no estén juntos, en ocasiones, se produzca algo similar a una "tormenta de ideas" y se hace posible el procesamiento de variaciones de solución compleja y moderna, diferente a lo acostumbrado, junto con la ventaja de llegar a propuestas refinadas, basadas en la realización de trabajo independiente y sosegado. Entonces se procede a independizar al máximo los criterios subjetivos, o sea,

normalizar o tipificar las respuestas de los expertos para llegar a un criterio lo más objetivo posible. Posteriormente se someten estos criterios vertidos por los expertos a una prueba estadística no paramétrica, ya que son indagaciones propias de las ciencias sociales y con el propósito de darle validez a la investigación.

Una vez plasmados los criterios de los expertos en cada rango de valoración para los diferentes aspectos en una tabla de Aspectos / Rangos de Valoración, se siguen los siguientes pasos establecidos hasta llegar a concluir que valoración tiene cada uno de los aspectos.

Los pasos son:

- Obtención de la tabla de frecuencia observada
- Obtención de la tabla de frecuencia acumulativa
- Obtención de la tabla de frecuencia acumulativa relativa
- Asignación a partir de la tabla de Z de la distribución normal, del valor de la imagen que corresponde a cada frecuencia acumulativa relativa obtenida.
- Obtención de los puntos a través del cálculo de N-P, donde:

$$N = \frac{\text{Sumatoria de la Suma por Aspectos}}{(\text{No. de Rangos de Valoración} \times \text{No. de Aspectos})}$$

P = Promedio por Aspectos

Se divide la recta por categorías a partir de los Puntos de Corte y se ubican los puntos N-P para determinar la categoría de cada aspecto.

$$\text{Puntos de Corte} = \frac{\text{Sumatoria Rangos de Valoración}}{\text{No. de Aspectos a Evaluar}}$$

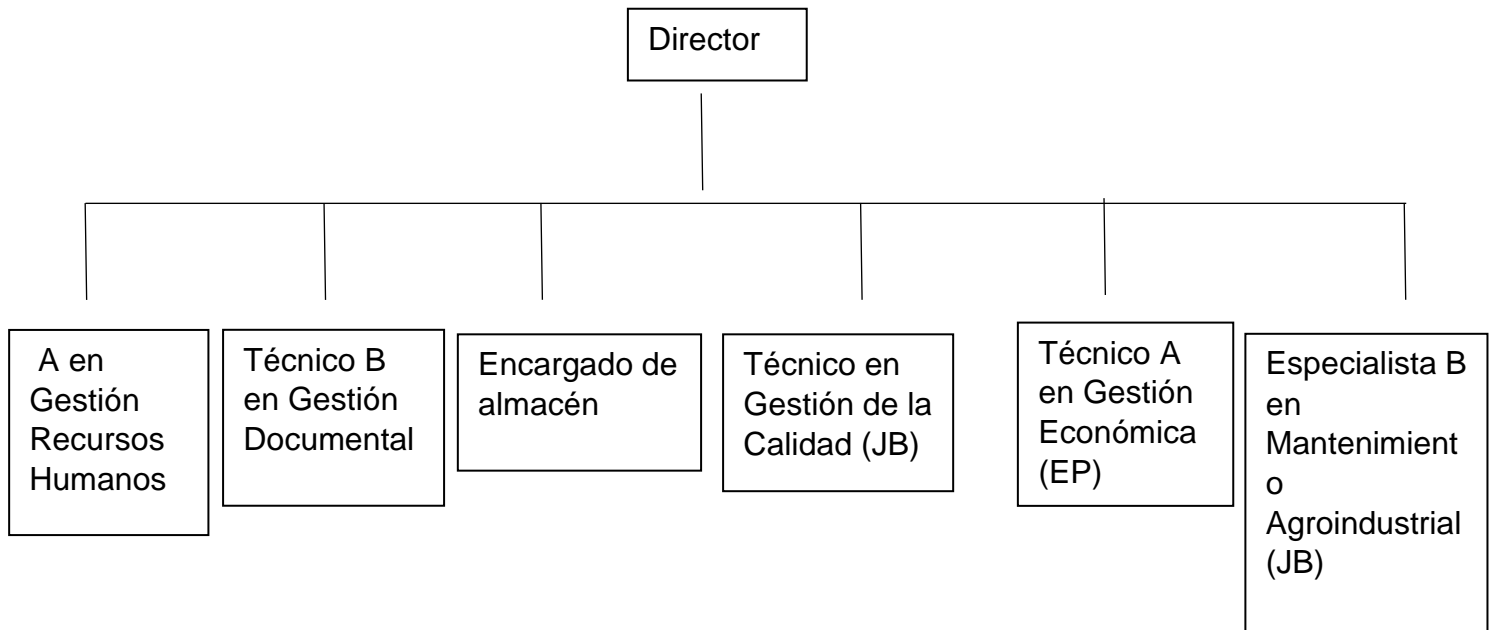
- Análisis de la información obtenida

Anexo # 6 Equipo de expertos con el cual se trabajará en la investigación.

	Categ. Ocupac	Cantidad de Cargos
Director UEB	C E	1
Técnico A	T	3
Técnico B	T	1
Técnico en Gestión de la Calidad (JB)	T	2
Técnico en seguridad y Protección	T	1
Especialista B en Mantenimiento Agroindustrial (JB)	T	1

Fuente: Información documentada de la UEB Eduardo Lamas Díaz

Anexo # 7 Estructura organizativa de la Planta de Secado, Beneficio y empaque “Eduardo Lamas Díaz”



Anexo # 8 Nivel escolaridad de la UEB Eduardo Lamas Díaz

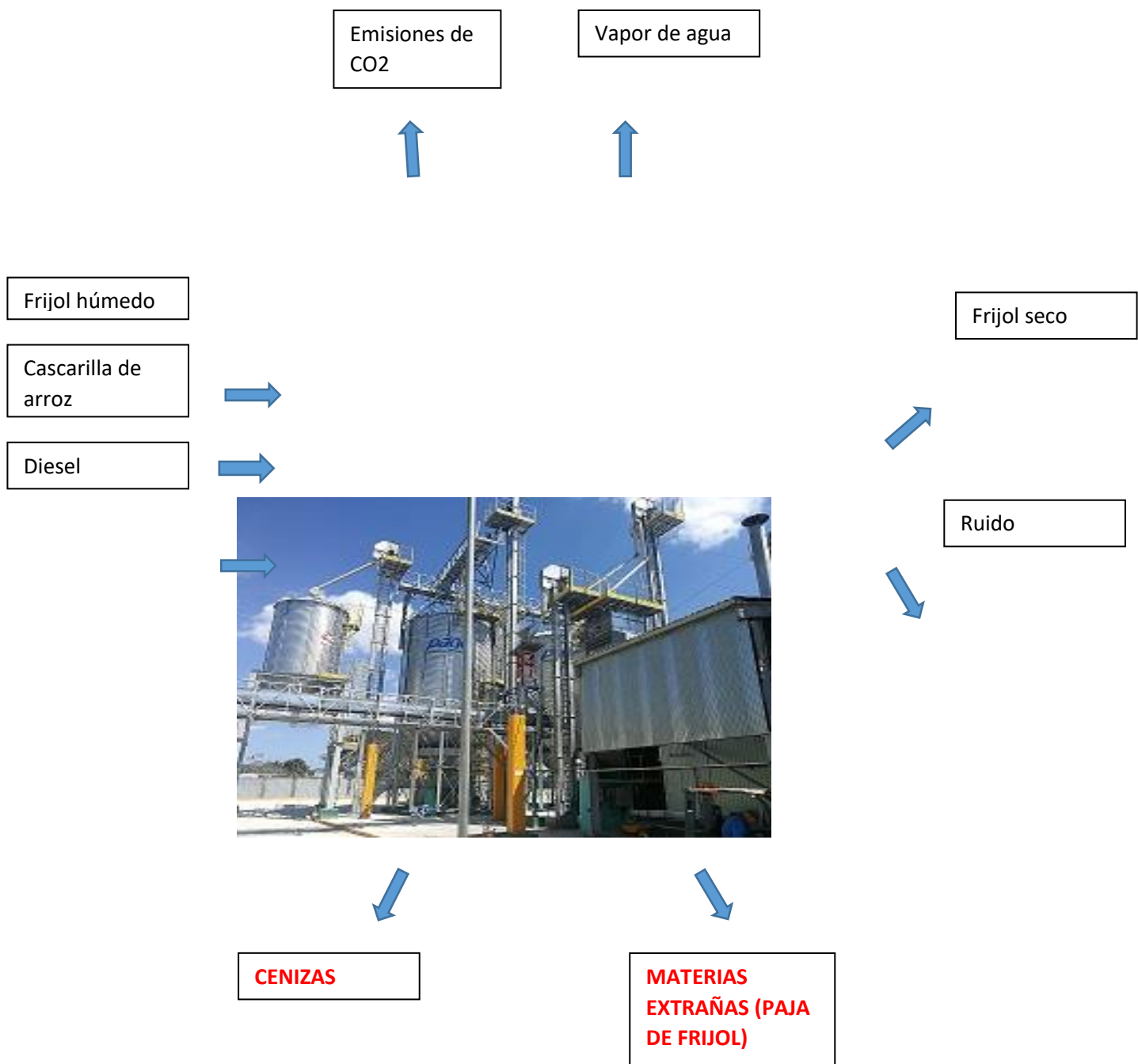
Plantilla de Cargo y Registro de trabajadores						
No REUUP 131-0-03516						
Empresa: Agroindustrial de Granos Valle de Caonao						
Descripción Órgano/Cargo/ Técnica.				Categ. Ocupac	Cantidad de Cargos	Nivel de escolaridad
GAI Granos						
Ministerio de la Agricultura.						
UEB Eduardo Lamas Díaz						
Director UEB				D	1	NS
Tecnico A en Gestión Económica (EP)				T	1	N MS
Tecnico A en Gestión Económica				T	1	N MS
Tecnico A en Gestión Recursos Humanos				T	1	N MS
Tecnico B en Gestión Documental				T	1	NMS
Contador C				T	1	NS
Tecnico en seguridad y Protección				T	1	N MS
Total					7	
Sereno				S	4	N M
Encargado de Almacén				S	1	NM
Total					5	
Técnico en Gestión de la Calidad (JB)				T	2	N MS
Operario Agroindustria Especializado				O	6	N MS
Operario Agropecuario (estibadores)				O	2	N M
Total					10	
Especialista B en Mantenimiento Agroindustrial (JB)				T	1	NS

Electricista A de Mantenimiento				O	2	N MS
Total					3	
Operario Agropecuario (JB)				O	1	N M
Operario Agropecuario				O	9	N M
Total					10	
Total General					35	

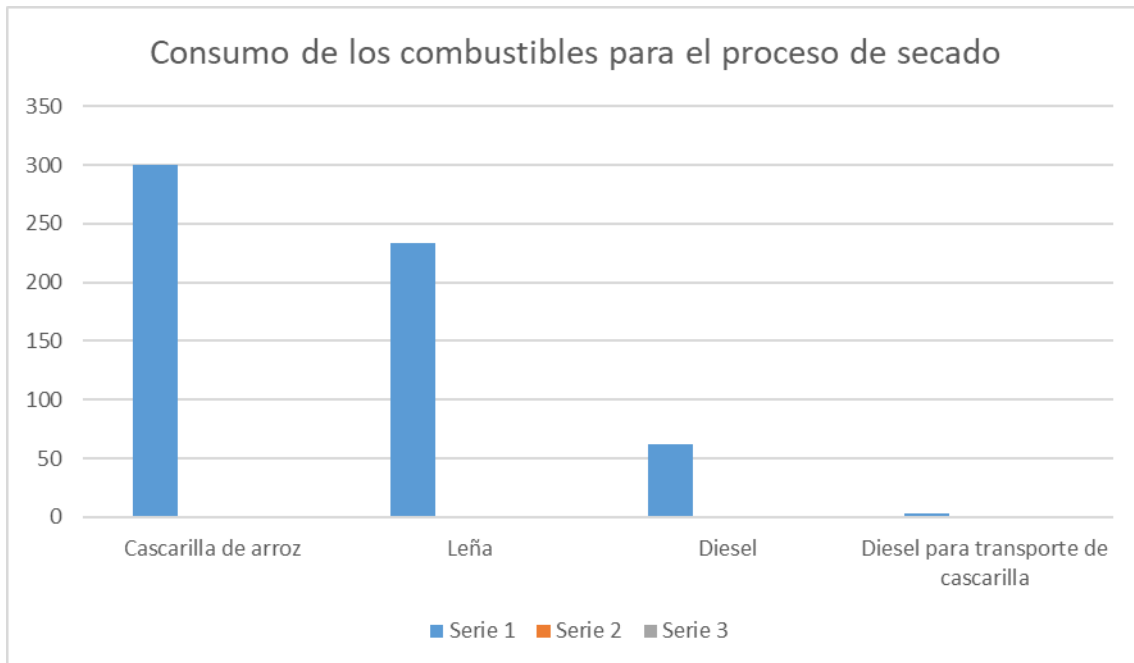
Fuente: Información documentada de la UEB Eduardo Lamas Díaz

Nota: En la tabla se entiende por categoría ocupacional: D (Directivo) T (Técnico) S(Seguridad) O(Obrero). Nivel de escolaridad: NS (Nivel Superior) NMS (Nivel Medio Superior) NM (Nivel medio)

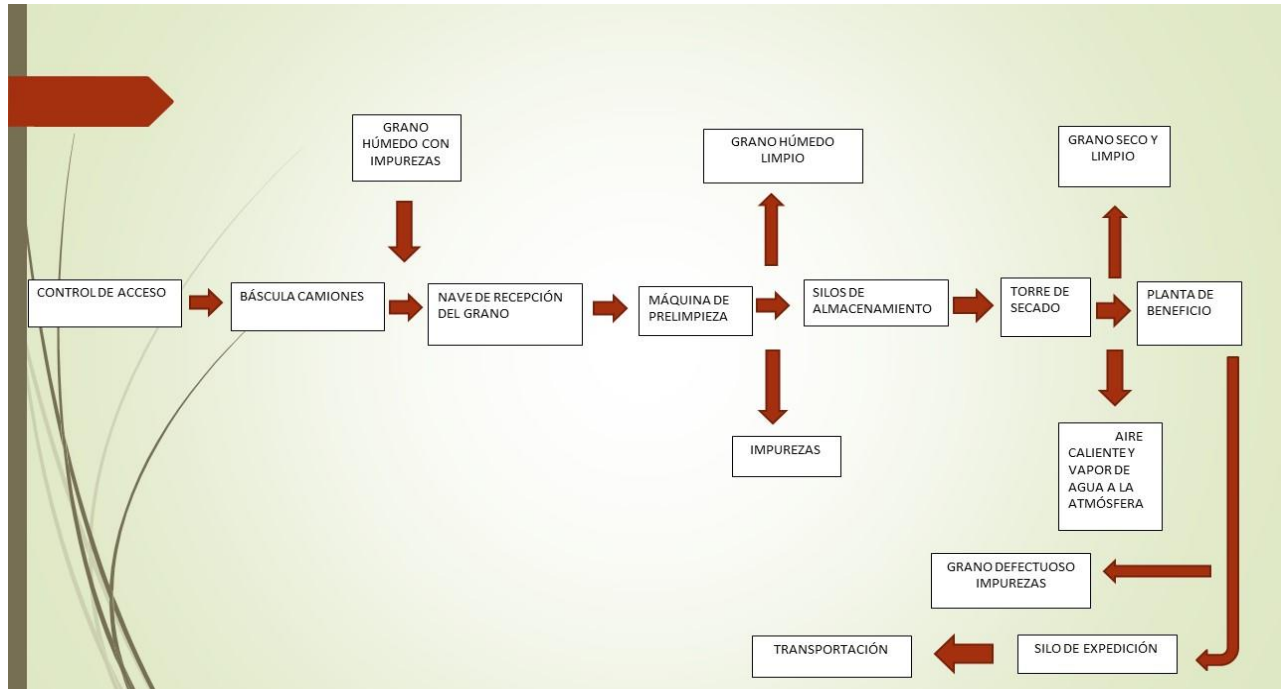
Anexo # 9. Entradas y salidas Planta de beneficio y empaque “Eduardo Lamas Díaz”. (Fuente: Elaboración propia)



Anexo # 10: Consumo de los combustibles para el proceso de secado



Anexo # 11 Diagrama de Procesos con entradas y salidas Planta de Secado, Beneficio y Empaque “Eduardo Lamas Díaz”



Anexo 12. Opciones de PML para la UEB Planta de Secado, Beneficio y Empaque “Eduardo Lamas Díaz”

1) Minimización de residuos sólidos

El problema ocasionado por los residuos sólidos se soluciona en gran medida con la implementación de un programa integral de manejo de residuos sólidos, pero antes de pensar en su implementación y desarrollo se debe:

REUTILIZAR los residuos que pueden servir de nuevo.

De esta manera, los integrantes del equipo de trabajo designados para auxiliar la investigación en la Planta de secado y beneficio de granos deben obtener a través de terceros las propiedades de los residuos, en este caso, de las cenizas y materias extrañas, para su reutilización.

Al conocer las características de los desechos se determinará su posible utilización en los suelos donde se cultiva el grano. A partir de estos análisis se puede determinar qué medidas o cambios se deben implementar. Además, se requiere tener un compromiso y apoyo de la dirección, al igual que de los empleados de la planta. También se debe contar con una conciencia colectiva tanto de reutilización de los residuos como de la adecuada disposición de los mismos.

2) Determinación de los responsables y sus obligaciones.

Son numerosos los factores que intervienen en el manejo de los residuos sólidos en la UEB. Por ello, las responsabilidades deben estar claramente determinadas con el fin de que el manejo sea seguro y no ponga en riesgo a los trabajadores. La organización de las actividades, la tecnología utilizada y la capacitación del personal, determinan también la cantidad y calidad de los residuos que generará la fábrica objeto de estudio.

El Director de la Planta es quien tiene la máxima responsabilidad en el manejo interno de los residuos sólidos generados en su planta, luego existen además diferentes niveles de responsabilidad que recaen en distintas personas, así como:

Lo anterior puede adaptarse de acuerdo al tamaño, características y complejidad de la instalación. Lo importante es que se cuente con una unidad responsable que asuma la organización y ejecución del manejo interno de los residuos en coordinación con otros comités.

3) Buenas prácticas operativas

- a) Establecer un control diario y mensual, de los desechos generados durante el proceso productivo.
- b) Establecer mecanismos para el establecimiento de precios por concepto de estos residuos para la venta a terceros.
- c) Concientizar a los empleados de la organización para que se inserten en actividades de reducción de desechos.
- d) Crear conciencia en los clientes y partes interesadas (proveedores, empresa, autoridades del territorio) para el cuidado del medio ambiente y la gestión que lleva a cabo la planta para este fin.
- e) Con el personal implicado en los procesos que generan residuos, desarrollar espacios de capacitación, relacionados con el objetivo de las actividades insertadas en las opciones de PML.

Con la elaboración de la propuesta de medidas correctivas que generen oportunidades para la reducción de desechos y recursos naturales en el proceso de fabricación de materiales de la construcción, de ser aplicadas estas de forma correcta se posibilitará la conservación de estos recursos, indispensables para el buen desempeño de la organización. Su utilización de forma racional, aportará beneficios para la economía y esto dará lugar a la sostenibilidad de las producciones realizadas en la instalación.

