

UNIVERSIDAD DE SANCTI SPÍRITUS “JOSÉ MARTÍ PÉREZ”

FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL



Trabajo de Diploma para optar por el título de Ingeniería Industrial

Título: “ Implementación de un procedimiento de Producciones Más Limpias en el cultivo del tabaco de la Estación Experimental Cabaiguán ”

Autor:

Patricia María Ríos Méndez

Tutor:

DrC. Zuleiqui Gil Unday

Sancti-Spíritus

Junio de 2017

Pensamiento

Nunca consideres el estudio como una obligación, sino como una oportunidad para penetrar en el bello y maravilloso mundo del saber.

Albert Einstein

Agradecimientos

Agradezco:

♥ *A mi madre, a quien todo le debo, por su constante preocupación y amor infinito. Ningún agradecimiento será suficiente.*

♥ *A mi esposo, gracias por su apoyo, paciencia, cooperación y lo más importante: por ser una fuente de fuerza en mi vida.*

♥ *A mi hermana, Bertha, mi amor del alma, por todo el apoyo que me ha dado durante todo el tiempo.*

♥ *A mis tíos y tías, por todo el amor y el apoyo que me han dado.*

♥ *A mi tía, Martha, por toda su comprensión y apoyo en todo este tiempo.*

♥ *A mis primos, pues sin su ayuda no hubiese sido posible la realización de este trabajo.*

♥ *A mi abuelo, por todo su cariño.*

♥ *A mi tutora, Dra.C.Zuleiqui Gil Unday, por su preocupación y el tiempo que me dedicó.*

♥ *A Tania y a Reyes por su preocupación y cariño.*

♥ *A los trabajadores de la Estación Experimental Cabaiguán en especial a Luna por toda la ayuda brindada.*

♥ *A todos mis compañeros de trabajo por toda su ayuda incondicional.*

♥ *A los estimados profesores de esta Universidad, que me han brindado un apoyo excelente a lo largo de los años de mis estudios y aún más en la compilación de este trabajo.*

♥ *A mis compañeros del grupo, por estos años compartidos.*

♥ *A todo el que de una forma u otra aportó su granito de arena para la realización de este trabajo.*

A todos, muchísimas gracias.

--- Patri---

Dedicatoria

A mi familia

A mis mejores amigos

A la memoria de mi Padre

Resumen

La presente investigación se realizó en la Estación Experimental Cabaiguán, con el objetivo de implementar un procedimiento de Producciones Más Limpias en el cultivo del tabaco, que contribuyó a mejorar la gestión ambiental de esta. En el desarrollo del estudio se aplicaron técnicas para la obtención y análisis de la información tales como: observación directa, encuestas, entrevistas individuales, técnicas de trabajo en grupo, análisis de documentos y registros, diagrama de Ishikawa, diagramas de flujo y coeficiente de Kendall. El procedimiento de Producciones Más Limpias de (Rojas, 2011) constituyó una herramienta simple y concreta para evaluar el desempeño ambiental y el manejo de residuos químicos. La correcta aplicación del procedimiento posibilitó la detección de las oportunidades de mejora de Producciones Más Limpias para la Estación, su orden de prioridad y alternativas, permitiendo desarrollar producciones futuras ecológicamente sostenibles. Finalmente fue realizado un análisis económico el cual permitió valorar el beneficio que se puede obtener mediante la aplicación de las alternativas propuestas y su correspondiente plan de acción.

Abstract

The present investigation was carried out in la Estación Experimental Cabaiguán, the objective was to implement a procedure for a Cleaner Productions in tobacco cultivation, which contributed to improve the environmental management. In the development of this study were applied different techniques to obtain and analyze information such as: direct observation, surveys, individual interviews, team work techniques, document and register analysis, Ishikawa diagram, flow diagrams and Kendall coefficient. The Rojas procedure was a simple and accurate tool to evaluate the environmental performance and the management of chemical residues. The correct application of the procedure made possible the detection of opportunities to improve Cleaner Productions, their priority order and alternatives, allowing the development of future ecologically sustainable productions. Finally, an economic analysis was made which allowed us to evaluate the benefit obtained if the proposed measures and their corresponding action plan are apply.

Índice

INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO 1. FUNDAMENTOS TEÓRICOS SOBRE LA GESTIÓN AMBIENTAL Y LA PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA	9
1.1 GESTIÓN AMBIENTAL (GA).....	9
1.2 PRODUCCIONES MÁS LIMPIAS (PML).....	12
1.2.1 Conceptos.....	12
1.2.2 Antecedentes de la Producción Más Limpia.....	16
1.2.3 Objetivos y estrategias de las PML.....	17
1.2.4 Ventajas y beneficios para las empresas que implementan prácticas de PML.....	20
1.2.5 Estrategias de las PML.....	22
1.3 APLICACIÓN DE LAS PML A NIVEL MUNDIAL.....	26
1.4 APLICACIÓN DE PML EN CUBA.....	28
1.5 PERSPECTIVAS DE LAS PML EN EL SECTOR TABACALERO.....	29
1.6 RELACIÓN ENTRE LA GESTIÓN AMBIENTAL Y PML CON LA AGROINDUSTRIA TABACALERA, ESPECÍFICAMENTE EN LA ESTACIÓN EXPERIMENTAL CABAIGUÁN.....	30
1.7 CONCLUSIONES PARCIALES.....	30
CAPÍTULO 2. DESARROLLO METODOLÓGICO DE UN PROCEDIMIENTO DE PRODUCCIONES MÁS LIMPIAS PARA LA ESTACIÓN EXPERIMENTAL CABAIGUÁN	32
2.1 CARACTERIZACIÓN GENERAL DE LA ESTACIÓN EXPERIMENTAL CABAIGUÁN.....	32
2.1.1 Plan estratégico.....	34
2.1.2 Características de la fuerza laboral.....	35
2.2 PROCEDIMIENTO DE PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA EN LA ESTACIÓN EXPERIMENTAL CABAIGUÁN.....	35
2.2.1 Paso 1. Inicio del ciclo.....	37
2.2.2 Paso 2. Análisis de la situación actual.....	37
2.2.3 Paso 3. Balance de materiales / análisis del proceso.....	37
2.2.4 Paso 4. Definición de opciones de mejora.....	38
2.2.5 Paso 5. Asignación de prioridad a las opciones.....	39
2.2.6 Paso 6. Definición de planes de implementación.....	39
2.2.7 Paso 7. Seguimiento, culminación y evaluación del ciclo.....	40
2.3 ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD TÉCNICA, AMBIENTAL Y ECONÓMICA.....	40

2.3.1	<i>Conservación de los suelos</i>	40
2.3.2	<i>Aprovechamiento de la capacidad agroproductiva</i> ,.....	40
2.3.3	<i>Dosificación adecuada de fertilizantes</i>	41
2.3.4	<i>Sobreconsumo de agua</i>	41
2.3.5	<i>Ahorro de combustible</i>	41
2.4	CONCLUSIONES PARCIALES	42
CAPÍTULO 3. RESULTADOS DEL PROCEDIMIENTO DE PML EN LA ESTACIÓN EXPERIMENTAL CABAIGUÁN EN EL CULTIVO DE TABACO		43
3.1	PASO 1. INICIO DEL CICLO.....	43
3.2	PASO 2. ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL.....	43
3.3	PASO 3. BALANCE DE MATERIALES / ANÁLISIS DEL PROCESO.....	46
3.4	PASO 4. DEFINICIÓN DE OPCIONES DE MEJORA.....	50
3.5	PASO 5. ASIGNACIÓN DE PRIORIDAD A LAS OPCIONES.....	53
3.6	PASO 6. DEFINICIÓN DE PLANES DE IMPLEMENTACIÓN	62
3.7	PASO 7. SEGUIMIENTO, CULMINACIÓN Y EVALUACIÓN DEL CICLO.....	65
3.8	CONCLUSIONES PARCIALES	66
CONCLUSIONES		67
RECOMENDACIONES		68
BIBLIOGRAFÍA CITADA.....		69
BIBLIOGRAFÍA		71
ANEXOS.....		79

Índice de tablas

TABLA 1. DIFERENCIA ENTRE LAS TECNOLOGÍAS AL FINAL-DEL-TUBO Y LA PML.	15
TABLA 2. ESTRATEGIAS DE LAS PML.....	22
TABLA 3. ESTRATEGIAS A IMPLEMENTAR PARA REDUCIR LA GENERACIÓN DE CONTAMINANTES EN LA INDUSTRIA.	24
TABLA 4. RESULTADOS DE LA APLICACIÓN DE PML EN DIVERSOS PAÍSES Y SECTORES ECONÓMICOS.	26
TABLA 5. BENEFICIOS ECONÓMICOS–AMBIENTALES OBTENIDOS POR LA IMPLEMENTACIÓN DE LA PML EN LAS PEQUEÑAS Y MEDIANAS EMPRESAS.	27
TABLA 6 DESCRIPCIÓN DEL ANÁLISIS ECONÓMICO	42
TABLA 7. EQUIPO DE EXPERTOS DESIGNADOS PARA CONSULTAR EN LA INVESTIGACIÓN.	43
TABLA 8. VARIEDADES DEL TABACO EN LA PROVINCIA.	44
TABLA 9. DISTRIBUCIÓN DE LOS PROYECTOS.	45
TABLA 10. OPORTUNIDADES DE PML.	52
TABLA 11. MATRIZ DE RELACIÓN DE CRITERIOS DE EVALUACIÓN EN RELACIÓN CON OPCIONES.	53
TABLA 12 PRIORIDADES ASIGNADAS A LOS EXPERTOS	54
TABLA 13. SALIDA DEL SOFTWARE SPSS.....	55
TABLA 14. RENDIMIENTOS DE LOS PROYECTOS OBJETO DE ESTUDIO.	57
TABLA 15. ANÁLISIS ECONÓMICO.	61
TABLA 16. PLAN DE ACCIÓN.	63

Índice de figuras

FIGURA 1. HILO CONDUCTOR.....	9
FIGURA 2. ALTERNATIVAS PARA PREVENIR LA CONTAMINACIÓN.	18
FIGURA 3. ETAPAS PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE UN PROGRAMA DE PML.....	24
FIGURA 5. CATEGORÍA OCUPACIONAL DE LA ESTACIÓN EXPERIMENTAL CABAIGUÁN.....	35
FIGURA 6. PASOS PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE OPCIONES DE PML.....	36
FIGURA 7. DIAGRAMA DE ISHIKAWA.....	38
FIGURA 8. ESTRATEGIAS DE PML.....	39
FIGURA 9. DIAGRAMA ISHIKAWA.....	51

Introducción

En los últimos 30 años, la protección de la salud y la responsabilidad humana en los impactos ambientales, han sido preocupaciones prioritarias para las naciones industrializadas en el mundo. La puesta en marcha de acciones que protejan el medio ambiente, lejos de ser una utopía, es una realidad cada vez más evidente y palpable.

La contaminación del medio ambiente se ha convertido en un verdadero azote para el mundo, ya se siente la escasez de agua pura, el aire de las ciudades y poblados está contaminado por sustancias tóxicas. En el sentido biológico muchos lagos y ríos están semimuertos. En las grandes ciudades se acumulan, desechos que en ocasiones producen diversas epidemias, por lo que la mejora del medio ambiente, así como la seguridad y la salud de los ciudadanos es una preocupación de muchas organizaciones a nivel mundial, pues es imprescindible para el bienestar de la sociedad.

Se hace necesario establecer un equilibrio entre el desarrollo y el medio ambiente, sin retener, obstruir, ni frenar el desarrollo, pero logrando una mejora continua de este, disminuyendo los costos, eliminando la sobreexplotación de los recursos naturales y los impactos negativos del desarrollo desordenado, minimizando los residuales y teniendo en cuenta las técnicas modernas de manejo ambiental.

En Cuba durante muchos años, las medidas tomadas para minimizar los impactos negativos generados en los procesos agroindustriales, se han basado en el tratamiento final de sus residuales. En la actualidad, aún se aplica este método, conocido como «solución al final del tubo», en el cual las empresas mitigan los impactos que ocasionan sus producciones una vez que estas se obtienen, sin tener un criterio integral preventivo que tribute a la protección ambiental destinado a la solución de problemas ambientales. Sin embargo, estas reducciones de carga se debieron en buena medida a inversiones realizadas en sistemas de tratamiento de residuales y actividades de reciclaje externo de algunos de ellos, es decir, a soluciones “al final del tubo” y no a la introducción de prácticas de carácter preventivo que eviten o minimicen la generación de residuos y emisiones en la fuente generadora. Este último

aspecto es muy importante, pues posibilita disminuir los residuales a partir de la reducción del empleo de recursos en la fuente, o sea al inicio y durante los procesos o servicios para elevar su eficiencia económica.

Resulta necesario incrementar dentro de planes sectoriales de la economía, los recursos financieros destinados a la introducción de prácticas de Producciones Más Limpias (PML), mediante las cuales disminuiría significativamente la cuantía de los destinados a la construcción y operación de los sistemas de tratamiento y disposición final de residuales y emisiones.

Se conocen las ventajas de la PML, sin embargo, muchos países y empresas no han puesto en práctica estos conceptos con la rapidez deseada, lo que sugiere la existencia de obstáculos para su aplicación. La experiencia mundial indica que el mayor obstáculo es la tendencia humana a posiciones conservadoras y la poca motivación por dichos cambios. La falta de conciencia y de información sobre las opciones y la carencia de nuevas tecnologías apropiadas, también son razones contribuyentes. Sin embargo, se conoce que: “La PML consiste en el análisis de un proceso o producto tratando la contaminación de origen de forma tal que constituya una ventaja para la empresa en el ahorro de materias primas y una disminución de la carga contaminante”. Ella se considera un subsistema dentro del sistema de gestión empresarial (Borroto, 2002) .

En Cuba durante las últimas décadas, la influencia de la humanidad sobre la naturaleza se ha ido incrementando en relación con la demanda de recursos naturales. En el proceso productivo el hombre actúa como un elemento decisivo provocando cambios considerables en la naturaleza y alteraciones en la estructura y el intercambio de sustancias y energía en los ecosistemas. Pero al mismo tiempo, estos cambios afectan a los parámetros naturales del hábitat del hombre, de cuyo estado depende la salud de la población y su prosperidad como organismo biológico.

Este patrón de actuación refleja la existencia de un problema fundamental que es el conflicto entre el desarrollo socioeconómico y la protección del medio ambiente. Pocos países han logrado alternativas de solución ha dicho

problema, y los que han alcanzado una armonía entre las partes referidas, solo ha sido en algunas regiones, localidades o tipo de actividad. Pocas son las experiencias en que se ha conseguido un desarrollo socioeconómico sostenible en armonía y respeto por el medio ambiente, aunque este ha sido uno de los objetivos principales a conseguir (Montpellier, 2015).

La transformación en la agricultura constituye uno de los momentos más importantes por los que ha pasado y está pasando el país puesto que es el tránsito hacia una agricultura capaz de dar respuesta a las crecientes necesidades sociales de productos agropecuarios, así como de materias primas para la industria. Siendo el cultivo de tabaco el aspecto clave analizar porque es la principal exportación y fuente de ingreso del país.

La agroindustria tabacalera, o mejor la agro-artesanía del tabaco cubano, merece, un abarcador estudio, a sabiendas que trasciende al propio sector, y que se extiende también a la indagación de la habilidad de inserción de la economía cubana a la economía globalizada, en que hoy se desenvuelven todos los países.

En la actualidad son algo más de una centena de países de diversas latitudes, los que cultivan la famosa solanácea. Las variedades más importantes utilizadas con fines comerciales son dos, la llamada *Nicotiana tabacum*, y la conocida por *Nicotiana rústica*. Pero en realidad, los conocedores diferencian el tabaco más que por su distinción genética, por el tipo de curación a que se somete su hoja después de la cosecha, y en este sentido son cuatro los tipos principales: curado al cañón (Flue cured o Virginia), curado al aire (para tabaco negro y rubio de la clase Burley), curado al fuego (muy similar al Virginia), y curado al sol, característico del llamado tabaco oriental.

Una de las entidades encargadas de la investigación y producción del tabaco es la Estación Experimental Cabaiguán, la cual en la actualidad tiene como sede la finca "Mamoncillo", ubicada en Carretera Santa Lucía km 2, con 48 hectáreas dedicadas a la experimentación agrícola en el cultivo del tabaco y a la producción de semilla original y básica de las variedades comerciales del territorio central.

El objeto social de dicha entidad es el desarrollo de proyectos de investigación e innovación tecnológica, así como servicios científicos técnicos especializados relacionados con la agroindustria tabacalera, brindar servicios de capacitación a los trabajadores con el potencial científico técnico de la Institución para las empresas del Grupo TABACUBA y desarrollar, producir y comercializar de forma mayorista producciones especializadas derivadas de la investigación e innovación tecnológica de la agroindustria tabacalera en moneda nacional.

En este lugar se producía la semilla “Pelo de Oro” y se realizaban diversos ensayos relacionados con semilleros, uso de fertilizantes, estudios comparativos y otros. Sin embargo, faltaban el rigor científico adecuado y un correcto control de los datos obtenidos. En esta etapa fue instalada una caseta para las observaciones meteorológicas de temperatura, humedad atmosférica y lluvias.

A partir de la década del 90 la Unidad Comercial Tabacalera ha venido trabajando con planes de proyectos ramales, auspiciados por el Instituto de Investigaciones del Tabaco y financiados por el Grupo Empresarial TABACUBA. Resultados concretos de esos planes de investigación han brindado a la producción tabacalera la posibilidad de disponer de nuevas variedades con su tecnología agrícola, de dar un uso más racional al suelo mediante los estudios de cultivos alternos y de rotación, la racionalización de la fertilización y otros resultados que inciden positivamente en el rendimiento y calidad del tabaco.

Los investigadores y demás trabajadores de la Estación han multiplicado sus esfuerzos en aras de lograr cumplimentar los objetivos trazados en sus planes de trabajo, sin embargo, no han estado ausentes las dificultades y limitaciones, observándose que los siguientes elementos que inciden en el desempeño de la situación ambiental de esta entidad:

- Infraestructura constructiva favorable a la proliferación de vectores y agentes biológicos (golondrinas, gorriones, murciélagos y organismos plagas)
- Uso de plaguicidas

- Uso de gases refrigerantes (R-22)
- Uso de productos químicos para la higienización
- Reducción de Quimización
- Uso de leña como combustible.
- Conservación y mejoramiento de suelos

Los anteriores elementos constituyen la causa de los impactos ambientales significativos de la Estación que se identifican:

- Reducción de la disponibilidad del recurso en la naturaleza.
- Afectación a la salud de los trabajadores.
- Contaminación de la materia prima.
- Afectaciones a las materias primas y productos terminados.
- Contaminación atmosférica.
- Afectación a la capa de ozono.
- Introducción de contaminantes químicos en los residuales líquidos.

En la Estación Experimental Cabaiguán no se cuenta con una herramienta o procedimiento que permita disminuir los residuos químicos en el tabaco que hoy es una de sus demandas científico técnicas más importantes de la producción tabacalera en las provincias centrales del país; lo que constituye la **situación problemática** de la investigación.

Por tal razón se considera que el **problema científico de la investigación** es: ¿Cómo contribuir a una mejor gestión ambiental en el cultivo del tabaco de la Estación Experimental Cabaiguán por medio de la implementación de un procedimiento de Producciones Más Limpias (PML)?

El **objeto de estudio** de la presente investigación se define como la gestión ambiental y el **campo de acción** es la PML en el cultivo del tabaco de la Estación Experimental Cabaiguán.

Teniendo en cuenta los referentes teóricos se planteó como **hipótesis de la investigación**: Si se implementa un procedimiento de PML en el cultivo del

tabaco de la Estación Experimental Cabaiguán entonces se contribuye a mejorar su gestión ambiental.

Variable independiente: Procedimiento de PML en el cultivo del tabaco de la Estación Experimental Cabaiguán.

Variable dependiente: Gestión ambiental de la Estación Experimental Cabaiguán.

Con estos antecedentes, el **objetivo general** Implementar un procedimiento de PML para el cultivo del tabaco de la Estación Experimental Cabaiguán que contribuya a mejorar la gestión ambiental de la entidad. Este objetivo general se ha desglosado en una serie de **objetivos parciales o específicos**, a saber:

1. Diagnosticar la situación ambiental de la Estación Experimental Cabaiguán.
2. Seleccionar un procedimiento de PML para el cultivo del tabaco de la Estación Experimental Cabaiguán.
3. Aplicar el procedimiento de PML en el cultivo de tabaco de la Estación Experimental Cabaiguán.

En la investigación la población la constituyen el total los trabajadores 106. La muestra está conformada por 53 trabajadores que representa 50%. Donde los especialistas, doctores y masters representan el 100%

Se utiliza una metodología general que parte de una concepción dialéctico materialista, o sea se observa el fenómeno, se investiga y se toma una postura sobre este, donde se analiza un objeto específico en un contexto específico; para ello después de consultar varios autores en el tema, sobre el enfoque mixto, el cual emerge como alternativa de grandes potencialidades en el contexto científico actual, fue el método idóneo para conducir mejor la investigación; para ello se utilizarán los dos paradigmas, cualitativo y cuantitativo, empleando además métodos teóricos, empíricos y estadísticos matemáticos.

Fundamentalmente dentro de los métodos del nivel teórico se empleó el **hipotético deductivo**, el que partió de una hipótesis sustentada por el

desarrollo teórico y empírico; este facilitó explorar las causas que provocan el problema objeto de estudio y sobre su base deducir las vías de solución, también fue utilizado el **analítico sintético** el que se empleó con el propósito de obtener regularidades a partir del estudio del objeto y el campo de investigación; permitió descomponer la problemática en partes y determinar cuál era el problema en síntesis, fue utilizado además el método **histórico lógico**, el que posibilitó conocer como ha sido la trayectoria del problema y la lógica a seguir para solucionar el mismo.

También fueron utilizados métodos del nivel empírico como la **observación científica**, la que permite el diagnóstico y la obtención de información primaria sobre el fenómeno en cuestión, la **entrevista**, a través de la cual se obtuvo información amplia y directa con los expertos y sujetos del escenario productivo, además constata aquella obtenida por los otros métodos, el **cuestionario**, que fue aplicada a los trabajadores para conocer el estado actual del problema en cuestión. Se llevó a cabo además el **análisis de documentos**, el que aportó datos imprescindibles para fundamentar, planificar y organizar el trabajo con las variables determinadas previamente. Dentro de los métodos estadísticos o matemáticos para el análisis se utiliza el cálculo porcentual el que propició el procesamiento cuantitativo de los diferentes datos.

Valor práctico del trabajo: Los resultados obtenidos y recomendaciones técnicas serán de gran utilidad a la Estación Experimental Cabaiguán como tal y al Ministerio de la Agricultura, ya que puede ser generalizado a otras instalaciones similares contribuyendo a la organización y gestión ambiental del sector. Por otro lado, se dispondrá de información necesaria para dar solución a uno de los problemas ambientales de la provincia.

Estructura del trabajo:

El trabajo posee una introducción, tres capítulos, conclusiones, recomendaciones, bibliografías y anexos.

Capítulo I: Fundamentos teóricos sobre la gestión ambiental y la Producción Más Limpia, se exponen los fundamentos teóricos y metodológicos de la investigación. Además, se hace una revisión de la gestión

ambiental, las producciones más limpias y la agroindustria tabacalera estableciéndose la relación entre ellas.

Capítulo II: Desarrollo metodológico de un procedimiento de PML para la Estación Experimental Cabaiguán, se realiza una amplia descripción de la entidad y se explica en detalle el procedimiento de PML que se utiliza en la investigación.

Capítulo III: Resultados del procedimiento de PML en la Estación Experimental Cabaiguán, se muestran los resultados del procedimiento de PML en la Estación Experimental Cabaiguán, así como el estudio de factibilidad empleado y el correspondiente plan de acción.

Capítulo 1. Fundamentos teóricos sobre la gestión ambiental y la Producción Más Limpia

Para lograr un desarrollo exitoso de investigación, fue necesario hacer una revisión preliminar de la literatura científica y otras fuentes documentales que permitan conocer cómo influye el empleo de las PML en la mejora de la gestión ambiental. El análisis realizado de esta literatura, se apoya en el hilo conductor que se muestra en la siguiente figura:

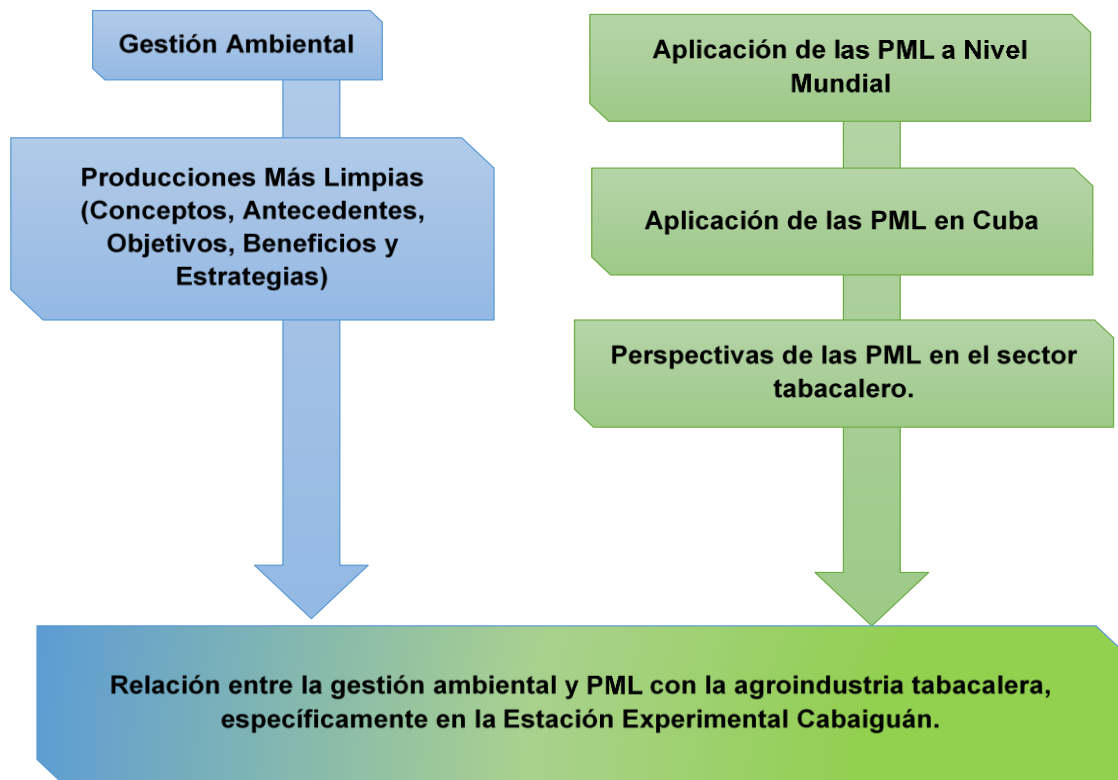


Figura 1. Hilo Conductor.

Fuente:(Elaboración propia)

1.1 Gestión Ambiental (GA)

La gestión ambiental se define como “el desarrollo sistemático y estandarizado de actividades a lo largo del ciclo de vida de un proyecto, que permite identificar, evaluar, reparar, mitigar o compensar los impactos del proyecto, con el fin de alcanzar los objetivos ambientales establecidos“(Challenger, Bocco, Equihua, Chavero, & Maass, 2015)

Actualmente los esfuerzos que se realizan en materia de gestión ambiental reflejan efectivamente la comprensión de los problemas ambientales correspondientes a esta época y la forma en que ellos afectan a la Tierra y a la vida del hombre dentro de ella. Las tentativas dirigidas a comprender los problemas ambientales, hicieron que el hombre también entendiese cuál es el tipo de relación entre él y la naturaleza y cómo esa relación incide en el tipo e intensidad de cada uno. (Valerio, Durán, & Víquez, 2016)

Al admitirse que toda actividad humana, económica y sociocultural tiene lugar en un contexto biofísico y que interfiere en él, se hizo evidente la necesidad de transformar la calidad e intensidad de esas relaciones.

La gestión ambiental hace parte de la gestión empresarial y son precisamente los directivos de la empresa que se deben ocupar de las actividades relacionadas con el medio ambiente, contribuyendo, de esta forma, a su conservación y a la creación de beneficios para los grupos de interés. Al reflexionar en torno a esta conceptualización, se puede encontrar la Responsabilidad Social Empresarial (RSE) como una antesala de la gestión ambiental (Villegas & Marbel, 2015).

En opinión de la autora la relación entre gestión ambiental y empresarial que abordan (Villegas & Marbel, 2015) es un enfoque novedoso de importancia para las condiciones de Cuba a partir de las políticas de descentralización que propone el nuevo modelo económico cubano donde la empresa debe ser capaz de mejorar su desempeño en sus gestiones incluyendo la ambiental como un pilar esencial y que se aplica en la presente investigación.

Existen varios modelos de gestión ambiental, pero el más extendido es la Norma (NC-ISO 14001:2004) que en particular busca el logro de los objetivos siguientes:

- Identificar y valorar la probabilidad y dimensión de los riesgos a los que se expone la empresa por problemas ambientales.
- Valorar qué impactos tienen las actividades de la empresa sobre el entorno.

- Definir los principios base que tendrán que conducir a la empresa al ajuste de sus responsabilidades ambientales.
- Establecer a corto, mediano y largo término, objetivos de desempeño ambiental balanceando costos y beneficios.
- Valorar los recursos necesarios para conseguir estos objetivos, asignando responsabilidades y estableciendo presupuestos de material, tecnología y personal.
- Elaborar procedimientos que aseguren que cada empleado obre de modo que contribuya a minimizar o eliminar el eventual impacto negativo sobre el entorno de la empresa.
- Comunicar las responsabilidades e instrucciones a los distintos niveles de la organización y formar a los empleados para una mayor eficiencia.
- Medir el desempeño con referencia en los estándares y objetivos establecidos.
- Efectuar la comunicación interna y externa de los resultados conseguidos para motivar a todas las personas implicadas hacia mejores resultados.

La gestión ambiental ha evolucionado por tres etapas, la primera se desarrolla en función del control de problemas de contaminación de índole local (acciones de control al final de los procesos, evaluación y monitoreo ambiental, la inspección y la gestión de algunos desechos empleando chimeneas, filtros, tubos de desagües, entre otros), la segunda basada en la problemática ambiental de índole mundial (calentamiento global, lluvia ácida, deterioro de la capa de ozono, y establecimiento de regulaciones nacionales e internacionales) y la última, en función de los aspectos contemplados en la segunda teniendo como base el bien de todos y la calidad de vida de las actuales y futuras generaciones(Isaac & Rodríguez, 2012).

La gestión ambiental se ocupa de los temas relacionados con el medio ambiente, contribuyendo con su conservación y se refiere, esencialmente, al hecho de efectuar determinadas actividades que conducen al logro de los objetivos ambientales, las cuales deben ser dirigidas por la alta dirección de la empresa(Medel, 2010).

En Cuba, existen una serie de medidas regulatorias, las cuales forman parte de la Estrategia Ambiental Nacional. Además, se cuenta con el documento de implementación del Sistema de Gestión Ambiental empresarial que establece una política ambiental acorde a los requerimientos de la actividad de las empresas y a las expectativas de la sociedad. La implementación de este sistema reporta importantes beneficios, pues además de enfocar integral y activamente los aspectos ambientales, garantiza los siguientes aspectos:

- Visión homogénea del problema en todas las áreas de la organización.
- Establecimiento de metas y objetivos ambientales concretos.
- Creación de las premisas para el mejoramiento continuo del desempeño ambiental y la obtención de certificaciones.
- Una mejor imagen ante la comunidad y los clientes.
- Mayor competitividad en el mercado.
- Obtención de importantes beneficios económicos(CITMA, 2009).

1.2 Producciones Más Limpias (PML)

1.2.1 Conceptos

PML se considera una estrategia preventiva e integral aplicada a procesos, productos y servicios para incrementar la eficiencia y reducir los riesgos para los seres humanos y el medio ambiente y lograr la sostenibilidad del desarrollo(Linares, 2009).

La PML enfrenta el tema de la contaminación industrial de manera preventiva, concentrando la atención en los procesos productivos, productos y servicios, y la eficiencia en el uso de las materias primas e insumos, para identificar mejoras que se orienten a conseguir niveles de eficiencia que permitan reducir o eliminar los residuos, antes que estos se generen. La experiencia internacional ha demostrado que, a largo plazo, la PML es más efectiva desde el punto de vista económico, y más coherente desde el punto de vista ambiental, con relación a los métodos tradicionales de tratamiento “al final del proceso”. Las técnicas de PML pueden aplicarse a cualquier proceso de

producción, y contempla desde simples cambios en los procedimientos operacionales de fácil e inmediata ejecución, hasta cambios mayores, que impliquen la sustitución de materias primas, insumos o líneas de PML y eficiencia (Vincent, 2001).

La PML tiene como propósito general incentivar y facilitar el aumento de la competitividad y el desempeño ambiental de las empresas, apoyando el desarrollo de la gestión ambiental preventiva para generar procesos de PML, incluyendo el uso eficiente de la energía y el agua. La política de PML, representa un eslabón que articula la política ambiental con la política de desarrollo productivo, expresando así una importante dimensión de la estrategia de desarrollo sustentable, teniendo en cuenta que las tecnologías ambientales convencionales trabajan principalmente en el tratamiento de residuos y emisiones generados en un proceso productivo (Garzón, 2008).

La PML requiere un cambio de actitudes, el ejercicio responsable de la administración ambiental y la evaluación de opciones tecnológicas. Este tipo de producción enfrenta el tema de la contaminación industrial de manera provisoria, concentrando la atención en los procesos productivos y de servicios, y la eficiencia en el uso de las materias primas e insumos, para identificar mejoras que se orienten a conseguir niveles de eficiencia que permitan reducir o eliminar los residuos, antes que estos se generen. Incluye el uso eficiente de las materias primas, agua y energía, la eliminación de productos tóxicos o peligrosos y la reducción de emisiones y desechos en la fuente (Rodríguez, 2010).

La PML constituye una herramienta clave para incrementar la eficiencia de los procesos de producción, productos y servicios, y contribuir de esta forma a la sanidad ambiental. Su implementación coadyuva a sentar las bases para la elaboración de una estrategia de gestión ambiental que tributa al aprovechamiento y ahorro de los recursos, aspectos de vital importancia en nuestra economía (Villalón, 2010).

Una característica adicional de la PML es la idea de considerar a la compañía como una entidad. Esto significa que las materias primas, la energía, los

productos, los desechos sólidos, así como las emisiones en el agua y el aire se entrelazan estrechamente por medio del proceso de producción ,a pesar del hecho que las áreas de agua, aire y suelos son legalmente independientes (ONUDI, 2015).

La PML se reconoce como una herramienta que puede contribuir a las formas sostenibles de desarrollo económico. Protege al ambiente, al consumidor y al trabajador a la par de que mejora la eficiencia industrial, las ganancias y la competitividad de las empresas. No es más que la aplicación continua de una estrategia preventiva integrada a los procesos, productos y servicios para incrementar la eficiencia y reducir los riesgos a los seres humanos y el ambiente. Su objetivo específico es minimizar emisiones y/o descargas en la fuente, reduciendo riesgos para la salud humana y el medio ambiente, elevando simultáneamente la competitividad. La PML es el resultado de llevar a cabo cinco acciones, sean estas combinadas o no(ONUDI, 2015).

- Minimización y consumo eficiente de insumos, agua y energía
- Minimización del uso de insumos tóxicos
- Minimización del volumen y toxicidad de todas las emisiones que genere el proceso productivo
- Reciclaje de la máxima proporción de residuos en la planta o fuera de ella
- Reducción del impacto ambiental de los productos en su ciclo de vida.

El concepto de PML (ONUDI, 2015) constituyo el basamento de la presente investigación por abordar la responsabilidad social de las empresas en materia de gestión ambiental este es un aspecto de reciente inclusión en la conceptualización de la PML pues desde sus orígenes los beneficios de este han sido abordados por la literatura especializada en el tema pero no desde la relación que tiene un adecuado desempeño ambiental con la sociedad .

La Tabla 1 ilustra la diferencia entre las tecnologías al final-del-tubo y la PML en el sentido de la protección al medio ambiente integrada a la producción.

Tabla 1. Diferencia entre las tecnologías al final-del-tubo y la PML.

Tecnología al final-del-tubo	Producción Más Limpia
¿Cómo podemos tratar los desechos y emisiones existentes?	¿De dónde provienen los desechos y las emisiones?
... comienza por la re-acción	... comienza por la acción
... generalmente conlleva a costos adicionales	... puede ayudar a reducir los costos
los desechos y emisiones están limitados a través de filtros y unidades de tratamiento soluciones al final-del-tubo tecnología de reparación almacenar emisiones	prevención de desechos y emisiones en la fuente evita procesos y materiales potencialmente tóxicos
la protección ambiental entra después que se han desarrollado los productos y procesos	la protección ambiental entra como una parte íntegra del diseño del producto y la ingeniería del proceso
los problemas ambientales se resuelven desde el punto de vista tecnológico	los problemas ambientales se abordan a todos los niveles / en todos los campos
la protección ambiental es una cuestión para expertos competentes	la protección ambiental es asunto de todos
... se compra de fuera	... es una innovación desarrollada dentro de la compañía
... aumenta el consumo de material y energía	... reduce el consumo de material y energía
aumenta la complejidad y los	reduce los riesgos y aumenta la

riesgos	transparencia
la protección ambiental se reduce a cumplir normas legales	la protección ambiental es un desafío permanente
... es el resultado de un paradigma de producción que data del tiempo cuando los problemas ambientales no se conocían todavía	...es un enfoque que trata de crear técnicas de producción para un desarrollo más sostenido

Fuente:(ONUUDI, 2015)

1.2.2 Antecedentes de la Producción Más Limpia.

La PML surge para minimizar los residuos y prevenir la contaminación, pero en los inicios de la revolución industrial sólo se tenía en cuenta los motivos económicos. Según (Rigola, 1998) destaca que algunos industriales en ese período comprendían la relación entre minimización de residuos y mejoras económicas. Los desechos biológicos de cervecerías, destilerías, tenerías y lavado de lanas, fueron los primeros en sentir la presión externa de su control, pues imponían fuertes riesgos sanitarios y grandes molestias a la población.

Surgen las primeras normas de legislación ambiental e impulsaban los tratamientos antes que la reducción de la contaminación, criterio que se mantuvo por varios años.

Los problemas ambientales se agudizaron al implantarse la economía a escala, pues se generaba una mayor cantidad de desechos industriales en las grandes ciudades. Se plantea que los primeros esfuerzos en recuperación de desechos, aplicable a los residuos de origen biológico, se atribuyen a la percepción de un riesgo público sanitario y por tanto se comenzaron a utilizar como fertilizantes(Rigola, 1998).

A medida que las industrias se tecnificaban con la incorporación de más científicos y técnicos especializados, aumentaron las posibles vías de solución con el objetivo de aumentar los beneficios económicos.

Al final de los años 80 y principios de los 90 las agencias ambientales en los Estados Unidos y Europa reconocieron que el marco tradicional de control de la basura industrial y la contaminación podría ser mejorado, animando a instalaciones industriales a aplicar políticas preventivas de mayor impacto, como los tratamientos de efluentes y residuos. Varios estudios habían demostrado que, en las compañías relevadas, los procesos sí se hubieran manejado con más eficiencia, hubieran comenzado con reducción de la contaminación, tiempo atrás, los investigadores descubrieron que podrían ayudar a casi cualquier compañía a reducir los costos productivos con un análisis sistemático de las fuentes. Esto es conocido como ir encima del tubo (over of pipe), en contraposición a los tratamientos de al final del tubo (end of pipe), es decir antes de la descarga al ambiente(Rigola, 1998).

En Cuba se estableció la Red Nacional de PML en el 2001 y de esta forma se comenzó la introducción del concepto de PML en el sector productivo y de servicio del país. Es importante destacar que la voluntad política nacional por el cuidado del medio ambiente está reflejada en la Constitución de la República y se ha materializado en los últimos años en diversas acciones y programas, que incluye la presencia de Cuba en las principales convocatorias mundiales para concretar criterios y consensuar acciones relativas a la protección del medio ambiente, así como el fortalecimiento institucional logrado a partir de la creación del Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente de 1994(Rodríguez, 2010).

La autora considera que el país da una notable importancia a la protección del medio ambiente, se establecen propósitos prioritarios y acciones puntuales, para precisar el quehacer ecológico en: uso adecuado y conservación de los recursos naturales, impacto ambiental, agua, aire, desechos y residuos sólidos, educación, participación social y cooperación internacional, entre otros.

1.2.3 Objetivos y estrategias de las PML

El enfoque de una PML reduce la generación de contaminantes en todas las etapas del proceso de producción, con el fin de minimizar o eliminar los desechos que necesitan ser tratados al final del mismo. En el diagrama de flujo

de PML (Figura 2) se aprecia que la prioridad es evitar la generación de residuos y emisiones (nivel 1) y los residuos que no pueden evitarse deben preferencialmente ser reintegrados al proceso de producción de la empresa (nivel 2) o fuera de ella (nivel 3) (Villalón, 2010).

Los términos prevención de contaminación, reducción en la fuente y minimización de desechos se utilizan con frecuencia para referirse a la PML. Puede lograrse una PML mediante:

- Una operación mejorada y un buen mantenimiento.
- Modificación del proceso.
- Cambios en la planta y equipos.
- Sustitución de materias primas o materiales tóxicos.
- Aumentar la eficiencia energética y utilizar energéticos más limpios.
- Prevenir y minimizar la generación de cargas contaminantes
- Rediseño y/o reformulación de los productos(Cortijo, Villar, & Espinosa, 2007)(Villalón, 2010)(ONUDI, 2015).

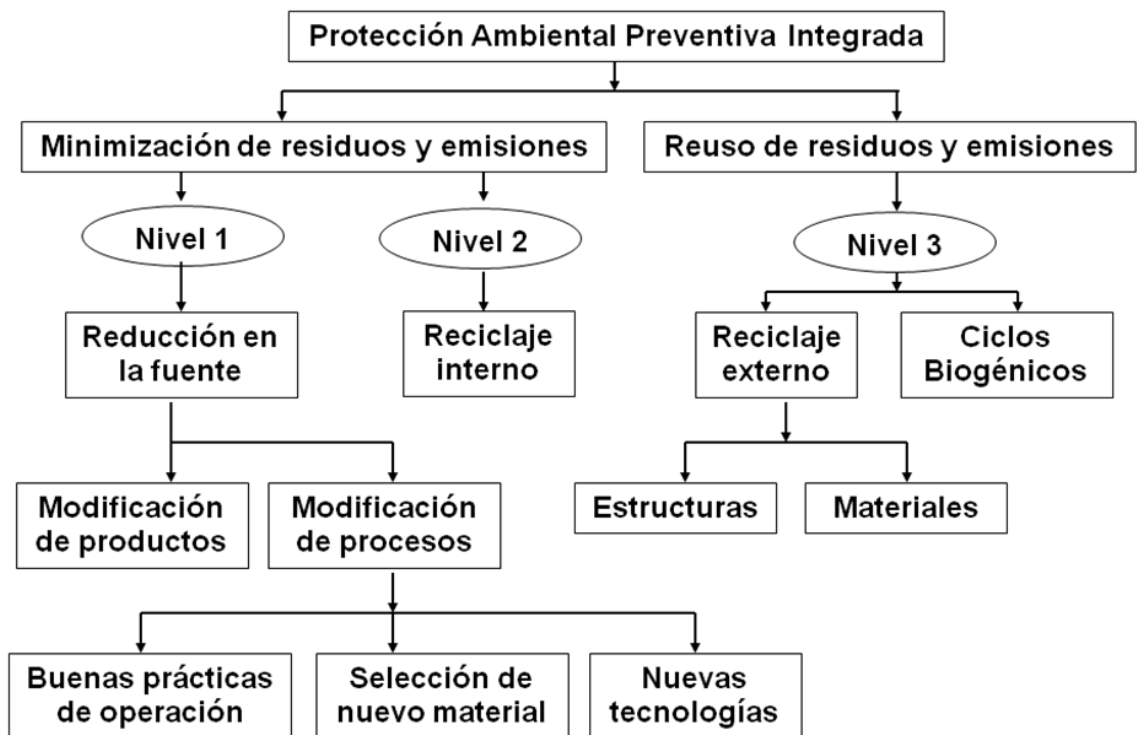


Figura2. Alternativas para prevenir la contaminación.
Fuente:(Villalón, 2010)

La sustitución del actual modelo industrial, contaminante y expoliador de recursos, es responsabilidad de todos y de cada uno de nosotros. El camino hacia la PML viene señalado por los siguientes puntos, que podrían transformar la calidad de vida en la Tierra(Villalón, 2010):

- Promover el concepto de PML a través de la difusión de información. Conducir diagnósticos técnicos y ambientales en la empresa y aplicar el enfoque de PML.
- Producir publicaciones técnicas relacionadas con PML.
- Estimular la formación de grupos de trabajo en cada proyecto comprometidos con la PML.
- Coordinar y ofrecer programas de entrenamiento y asesorías en las prácticas de PML.
- Evaluar las barreras y expectativas para implementar las técnicas de PML.
- Desarrollar y operar un sistema de información para facilitar el intercambio de información relacionada con la PML.

A partir de la bibliografía especializada la autora infiere que en toda evaluación de PML se persigue una optimización integral del proceso que se consolida en un beneficio ambiental y económico. Este beneficio puede, además, dar como resultado una disminución de los riesgos, peligros y responsabilidades que son a veces de difícil valoración económica para muchas empresas.

Etapas de evaluación de PML

Para la evaluación de la PML existen siete etapas(Abreu, 2006):

1. Preparación de la evaluación.
2. Revisión de la documentación del proceso.
3. Verificar la información sobre el terreno.
4. Análisis de balances y rendimientos del proceso.
5. Identificación de oportunidades y evaluación técnica.
6. Evaluación económica.
7. Plan de acción.

Las evaluaciones de PML también proporcionan una base para la investigación de nuevas mejoras, al poner de manifiesto los puntos del proceso en los que sería prioritaria una innovación tecnológica que permitiera simultáneamente una mejora ambiental del proceso y de su competitividad. Las mejoras promovidas por la PML pueden requerir la realización de cambios en las materias de partida, en las variables controladas o en las etapas del proceso, cambios en los equipos, sus componentes o los materiales con que se han obstruido, así como en la forma de uso, y cambios en la organización, el control de la fabricación u otros aspectos de la gestión (Cortijo, Villar, & Espinosa, 2007).

1.2.4 Ventajas y beneficios para las empresas que implementan prácticas de PML

Existe una serie de ventajas o incentivos técnicos, organizativos, legislativos e incluso económicos que pueden ayudar a decidirse por la prevención de la contaminación (Cortijo et al., 2007). Entre estas ventajas podemos destacar:

Financieras

- Reducción de costos, por optimización del uso de las materias primas.
- Ahorro por mejor uso de los recursos (agua, energía, etc.).
- Menores niveles de inversión asociados a tratamiento y/o disposición final de desechos.
- Aumento de las ganancias.

Operacionales

- Aumenta la eficiencia de los procesos.
- Mejora las condiciones de seguridad y salud ocupacional.
- Mejora las relaciones con la comunidad y la autoridad.
- Reduce la generación de los desechos.
- Garantiza un efecto positivo en la motivación del personal.

Comerciales

- Permite comercializar mejor los productos posicionados y diversificar nuevas líneas de productos.

- Mejora la imagen corporativa de la empresa.
- Logra el acceso a nuevos mercados.
- Asegura un aumento de las ventas y un margen de ganancias.

A partir de las estrategias de gestión ambiental preventiva sobre las cuales se apoya los procesos de PML, y con las experiencias en varios países, se pueden definir varios beneficios generales (Dieguez, 2007), a saber:

- Reducción del riesgo ambiental, del riesgo a la salud y de accidentes
- Ahorros en materias primas, agua y energía
- Aumento de la productividad y la calidad de los productos
- Mejoras de la estructura de trabajo más su racionalización y del nivel de tecnológico de las empresas (nuevos equipos, métodos de control, etc.)
- Ahorros en la gestión y tratamiento de residuos y emisiones
- Al replantear procesos, procedimientos, etapas, materiales, etc. ayuda a superar hábitos rutinarios
- Mejora la imagen de la empresa frente al mercado, la sociedad y las administraciones
- Ayuda a satisfacer los crecientes requerimientos ambientales.

De acuerdo al Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente – PNUMA, la PML debidamente implementada (Cortijo et al., 2007):

☞ **Siempre:**

- Reducen las responsabilidades a largo plazo que las empresas pudiesen enfrentar luego de muchos años de estar generando contaminación.

☞ **Usualmente:**

- Incrementan la rentabilidad.
- Reducen los costos de producción.
- Aumentan la productividad.
- Generan una rápida recuperación de capital sobre cualquier inversión que haya sido necesaria.
- Aumentan la competitividad y por ende el mercado de un producto.
- Conllevan un uso más eficiente de la energía y la materia prima.
- Mejoran la calidad del producto.

- Aumentan la motivación del personal.
- Motivan la participación activa del trabajador, quien aporta ideas y contribuye en su implementación.
- Reducen los riesgos del consumidor.
- Reducen el riesgo de accidentes ambientales.

☞ **A menudo:**

- Evitan los costos por incumplimiento de las leyes.
- Disminuyen el costo de los seguros.
- Hacen más factible recibir financiamiento de instituciones financieras y otros prestamistas.
- Son rápidas y fáciles de implementar.
- Requieren una mínima inversión de capital.

1.2.5 Estrategias de las PML

Las PML cuentan de ocho estrategias: buenas prácticas operativas, mejor control de los procesos, reutilización, recuperación y reciclaje in situ, producción de subproductos útiles, sustitución de insumos, reformulación/rediseño del producto, modificación del equipo y cambio de tecnología que se explican en la Tabla 2.

Tabla 2. Estrategias de las PML.

Buenas prácticas operativas	<ul style="list-style-type: none"> • Procedimientos de organización y métodos. • Prácticas de gestión. • Segregación de residuos. • Mejor manejo de materiales. • Cronograma de producción. • Control de inventario. • Capacitación.
Mejor control de los procesos	<ul style="list-style-type: none"> • Procedimientos operativos e instrucciones de los equipos redactados en forma clara y disponible de manera que los procesos se ejecuten más eficientemente y produzcan menos residuos y emisiones. • Registro de las operaciones para verificar cumplimiento de especificaciones de procesos.

Reutilización, recuperación y reciclaje in situ	<ul style="list-style-type: none"> • Reutilización de materiales residuales dentro del mismo proceso para otra aplicación en beneficio de la organización.
Producción de subproductos útiles	<ul style="list-style-type: none"> • Transformación del residuo en un subproducto que puede ser vendido como insumo para organizaciones en diferentes sectores del negocio.
Sustitución de insumos	<ul style="list-style-type: none"> • Insumos menos tóxicos. • Materiales renovables. • Materiales auxiliares que tengan un tiempo de vida más largo en anaquel.
Reformulación/rediseño del producto	<ul style="list-style-type: none"> • Diseño con menor impacto ambiental durante el tiempo de vida del producto. • Diseño con menor impacto ambiental durante su producción. • Incremento de la vida útil del producto.
Modificación del equipo	<ul style="list-style-type: none"> • Mejor equipo. • Mejores condiciones de operación. • Equipo de producción e instalaciones de manera que los procesos se hagan con mayor eficiencia y se generen menores residuos y emisiones.
Cambio de tecnología	<ul style="list-style-type: none"> • Actualización tecnológica en organización. • Mayor automatización. • Mejores condiciones de operación. • Reingeniería de procesos.

Fuente: (Cortijo et al., 2007)

Cuando se pretende implementar las estrategias definidas anteriormente, es necesario seguir un procedimiento sistemático previamente definido, con el fin de obtener resultados fácilmente identificables una vez que implementen las alternativas planteadas. Sin embargo, una de las metodologías que a criterio de este autor está mejor concebido para el desarrollo de un programa de PML es lo propuesto por (Cortijo et al., 2007) que se muestra en la Figura 3 y consta de las siguientes etapas:

- Planeamiento y organización.

- Auditoria de PML.
- Estudio de Factibilidad.
- Implementación y seguimiento de las opciones de PML.
- Mantenimiento.

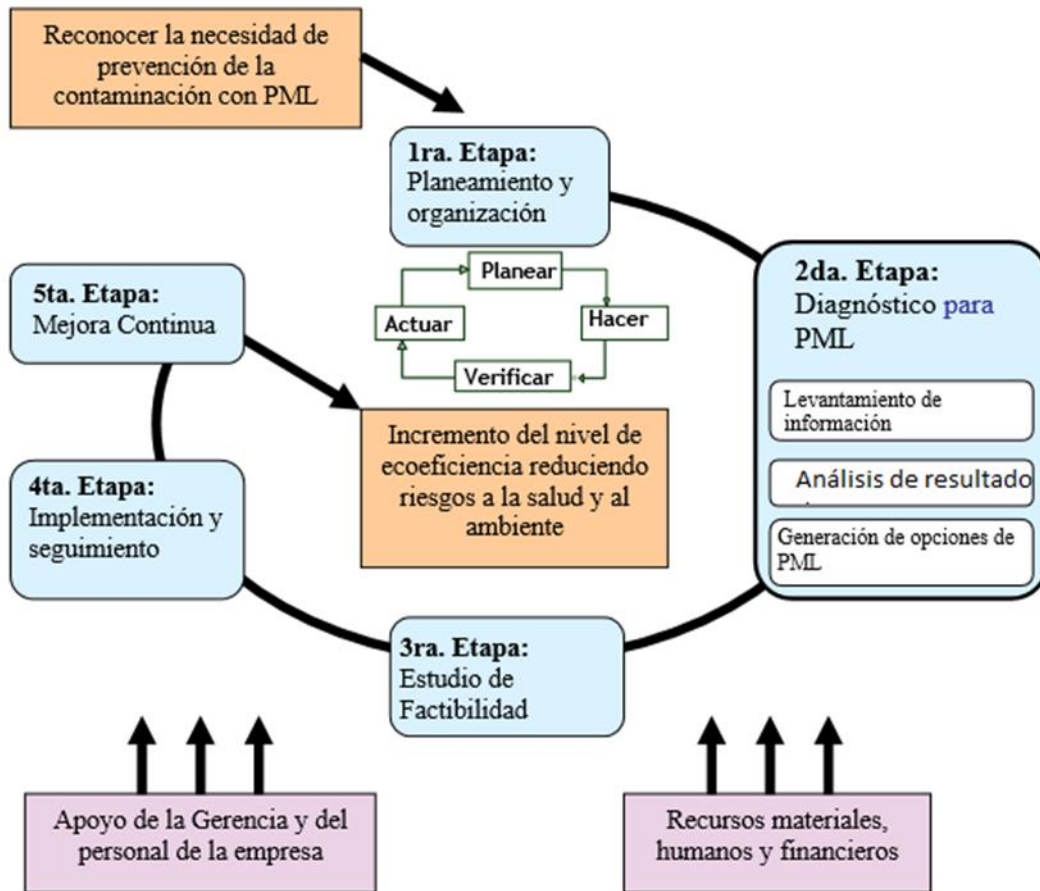


Figura 3. Etapas para la implementación de un programa de PML.

Fuente:(Cortijo et al., 2007)

Las estrategias a implementar para reducir la generación de contaminantes siguen el camino jerárquico que se muestra en la Tabla 3:

Tabla 3. Estrategias a implementar para reducir la generación de contaminantes en la industria.

MÉTODOS	PROCESOS	ALGUNAS APLICACIONES
1. Reducción en el origen	Cambios en el producto. Cambios en el proceso. Cambios de tecnología.	Modificación o sustitución de materias primas evitando el uso de las tóxicas. Renovar tecnologías

	Mejoramiento en las prácticas de operación.	obsoletas que son ineficientes.
2. Reciclaje / Reutilización	Reutilización o Reúso Reciclaje o Reciclado Recuperación o Regeneración	Reciclaje de solventes Recuperación de metales en baños de galvanoplastia Recuperación de subproductos de algunas industrias a utilizar como materia prima en otras
3.Tratamiento	Estabilización Neutralización Precipitación Evaporación Incineración	Neutralización y/o estabilización de aguas de producciones alimentarias Precipitación de metales pesados de baños usados en talleres galvánicos Destrucción térmica de solventes orgánicos
4. Disposición	Temporal Final	Disposición en vertederos controlados de desechos peligrosos (nichos) y confinamientos temporales

Fuente:(Cardona, 2012)

De la tabla 3 se puede deducir que las dos primeras estrategias son las más importantes y las que deben tener prioridad, pues se encuentran definidas como técnicas de minimización de residuos. Como se expresa en las aplicaciones, supone la reducción de residuos en la fuente por cambios en las materias primas, cambios tecnológicos, buenas prácticas de operación y cambios en los productos. El reciclaje, ya sea externo o interno, se debe poner en práctica para obtener beneficios y evitar las opciones de tratamiento y disposición de los residuales(Cardona, 2012).

1.3 Aplicación de las PML a nivel mundial

Al abordar este tema, su concepción puede definirse como: “un conjunto de acciones de diversa naturaleza que se llevan a cabo en estas instalaciones durante su funcionamiento y que tienen como finalidad mejorar el balance de la relación de los mismos con el medio ambiente y contribuir a alcanzar el desarrollo sostenible, sin que ello excluya el cumplir del objetivo económico-funcional que éstos tienen asignado”(Burgos & Céspedes, 2005).

Desde el punto de vista práctico, la aplicación de la PML en diversos sectores económicos, ha propiciado una mejor gestión ambiental en el ámbito internacional (tablas 4 y 5). La generación de opciones de PML en numerosas empresas, ha demostrado que el diagnóstico realizado mediante el empleo de esta herramienta es efectivo. Por esta razón, su aplicación cobra cada vez mayor auge y ello se evidencia en los siguientes resultados.

Tabla 4. Resultados de la aplicación de PML en diversos países y sectores económicos.

País	Industria	Beneficio Ambiental	Beneficio Económico	
			Inversión en pesos	Ahorros en el primer año
Holanda	Cuatro empresas de fundición	Reducción de 2400t de arena anuales, 50%-75% de reducción de los hornos y 25%-75% de reducción en residuos de arena	509000	360 000- 1630 000
China	Tres empresas de cerveza y destilado de alcohol	Reducción en un 33% del consumo de agua, reducción del 7% de malta y reducción del 40% de la demanda química	4910 000- 9820 000	271 300- 10 198 000
India	Dos empresas procesadoras de residuos agroindustriales	Reducción del 30% del volumen del agua residual, reducción del 40% de la carga de sólidos totales, reducción del 29% al 34% de la demanda química de oxígeno e incremento 25% al 38% del retorno de residuos en el producto final.	739 100- 1 167 000	1 245 000- 1 416 000
México	Seis empresas de recubrimientos electrolíticos de níquel, cromo, zinc y aluminio	Anualmente se dejan de arrojar al drenaje: 4450Kg de cromo hexavalente, 5680Kg de níquel, 785 Kg de cianuro, 6150 Kg de álcalis, 551Kg de ácido sulfúrico y 500Kg de agua	19000- 100000	36000- 500 000

Fuente: (Villalón, 2010)

Por otra parte, en encuentros realizados en diversos países del mundo, se debaten ampliamente las causas de que aún no exista una mayor divulgación de las potencialidades de esta metodología y de las principales limitantes de su

aplicación. Entre estas últimas, los criterios más coincidentes expuestos en la V Reunión Regional del Consejo de Expertos de Gobierno, auspiciada por la Red Latinoamericana de PML, celebrada en Cartagena, Colombia (ONUDI, 2009) son: la falta de recursos financieros y de información, el marco contextual e insuficientes capacidades técnicas.

Sin embargo, a pesar de estas barreras, muchos países latinoamericanos han logrado avances en la economía que, si bien son insuficientes, avizoran un futuro mejor en el desempeño de sus pequeñas y medianas empresas (Tabla 5).

Tabla 5. Beneficios económicos–ambientales obtenidos por la implementación de la PML en las pequeñas y medianas empresas.

País	Porcentaje de reducción en el consumo de agua (m^3)	Porcentaje de reducción en el consumo de energía (Kw/h)	Porcentaje de reducción de generación de residuos sólidos (t)	Porcentaje de reducción de las emisiones de CO2 (t)
Bolivia	65	5	n.d.	23
Costa Rica	30	25	40	20
Colombia	20	15	45	13
Ecuador	44	30	50	n.d.
El Salvador	34	6.25	40	60.25
Guatemala	20	18	10	20
Honduras	10	15	20	15
México	12.5	17.5	5	n.d.
Nicaragua	31	19	14	21
Panamá	90	30	90	30
Paraguay	15	10	10	n.d.
Perú	10	15	5	15
Uruguay	18	12	26	12

Ahorro promedio	30.72	16.74	29.57	22.91
-----------------	-------	-------	-------	-------

Fuente: (ONUDI, 2009)

La experiencia internacional comparada ha demostrado que, a largo plazo, prevenir la contaminación mediante la aplicación de opciones de PML es más efectivo desde el punto de vista económico, y más coherente desde el punto de vista ambiental, con relación a los métodos tradicionales de tratamiento “al final del proceso”. Sus técnicas pueden aplicarse a cualquier proceso y contempla desde simples cambios en los procedimientos operacionales de fácil e inmediata ejecución, hasta cambios que impliquen la sustitución de materias primas, insumos o líneas de producción más eficientes, lo que significa mejorar el desempeño ambiental y económico de las entidades y reducir los riesgos para el entorno y los seres humanos(Lafargue, Reyes, & Crespo, 2012).

1.4 Aplicación de PML en Cuba

La creación de la Red Nacional de PML, permitió que en nuestro país el empleo de esta herramienta se divulgara, aplicara y extendiera a diversos sectores económicos. Entre estos se destaca el citrícola que, conjuntamente con otros resultados, serán reseñados a continuación:

En el complejo citrícola Jagüey Grande, se identificaron 23 medidas de PML para el manejo del agua, energía, buenas prácticas, inversiones y cambios tecnológicos. Los ahorros económicos generados a partir de su aplicación, ascendieron durante el período 2002-2004 a los \$400 545,90 por concepto de reducciones. Estas se correspondieron con una disminución del volumen de agua en 14,66 m³ de agua / t de jugo concentrado (JC), de materiales auxiliares en un monto de 40,94 \$/ t de JC, del consumo de fuel oil en 0,052 t / t de JC, de electricidad en 91,8 kW/ t de JC y de carga contaminante en un 50%(Villalón, 2010).

En la Empresa de Ceballos, las 30 medidas de PML aplicadas, permitieron que esta industria mantuviera sus índices de consumo a pesar de incluir la línea de pasta de tomate a sus producciones. Los ahorros económicos estuvieron en el orden de los \$253 043, 93 durante el 2002-2004, se redujo el

consumo energético en 101,8 kW/h/ t de JC, del fuel oil en 29,3 L/t de JC, de diesel en 3,4 L/t de JC y de consumo hasta el 2003 en 1,6 m³/t de JC, aumentando sólo en 0,4 m³ en comparación con el 2002 por la introducción de la línea de pasta de tomate(Villalón, 2010).

En el sector apícola, la inversión en infraestructura y equipamiento y el establecimiento de Sistemas de Gestión de la Calidad logró aumentar el cumplimiento de la normativa sanitaria de un 37 % a un 62 %, un ahorro en el uso del recurso agua en un 20 %, y la implementación y cumplimiento de los procedimientos establecidos y las buenas prácticas de producción(Villalón, 2010).

En un poligráfico de La Habana, las medidas de ahorro de agua aplicadas a los procesos de producción redujeron las pérdidas en un 25 % y se obtuvieron 50.00 pesos mensuales de ahorro por concepto de disminución en el pago de la póliza de acueducto. Otras prácticas como el uso de una reveladora y fregadora mecánica de las placas y adquisición de un mayor número de marcos, incurrieron en la disminución de reactivos, lo que reduce la carga vertida a la laguna de oxidación, aumenta la eficiencia de trabajo de órganos locales de tratamiento y ahorra más de \$600,00 anuales. La aplicación de estas prácticas elevó la imagen corporativa de la empresa y disminuyó los riesgos empresariales por imposiciones legales(Vera & Pacheco, 2007).

1.5 Perspectivas de las PML en el sector tabacalero.

En el ámbito mundial, los sistemas productivos que aplican diversas prácticas agroecológicas compatibles con el ambiente y la salud humana cuentan con detractores y defensores a ultranza de este modelo agrícola. Para apoyar a estos últimos, se han creado numerosas organizaciones internacionales que en aras de reducir los efectos dañinos que provocan los sistemas convencionales, no solo promueven tecnologías más conservacionistas sino que implementan herramientas como la PML, que coadyuvan a la obtención de productos cada vez más sanos e incrementan la eficiencia de los procesos(Villalón , Guzmán , Tamayo , & Armenteros 2009).

En este sentido, el tabaco cubano, producto que se destaca por su calidad en el mercado internacional, no constituye una excepción. Aunque en el sector tabacalero, no existe aún una conciencia generalizada de la importancia que reviste para el hombre y la naturaleza, el empleo de esta herramienta; se han trazado estrategias para mitigar fundamentalmente los impactos negativos al ambiente sin descuidar la calidad del tabaco negro cubano mediante la implementación de diversos estudios, prácticas y proyectos(Villalón, 2010).

1.6 Relación entre la gestión ambiental y PML con la agroindustria tabacalera, específicamente en la Estación Experimental Cabaiguán.

La gestión ambiental entendida por la autora como la relación entre la gestión ambiental y empresarial para un adecuado desempeño de las empresas constituyen la base para el desarrollo de las PML.

El sistema de gestión ambiental parte del diagnóstico de las entidades y de la implementación de herramientas que garanticen la mejora del desempeño ambiental de estas donde la PML logra un enfoque integrador con beneficios económicos, ambientales y sociales ampliamente reconocidos.

Una vez que la PML se implementa y se logra ejecutar el plan de acción que se deriva de esta y dar el adecuado seguimiento, la empresa logra saltos cualitativos y cuantitativos de importancia.

1.7 Conclusiones parciales

1. El desarrollo extensivo de la Gestión Ambiental es una meta alcanzable en Cuba, la cual facilita sustentabilidad a la industria y los servicios, constituyendo un factor clave en su desempeño.
2. La consulta bibliográfica internacional y nacional permitió analizar conceptos, objetivos y procedimientos relacionados a la aplicación de PML, sin embargo, se hace necesario perfeccionarlos, a consecuencia del constante movimiento del mercado, la escasez de los recursos naturales y la variabilidad económica brindándole un enfoque proactivo.

3. Detectar las oportunidades de PML en la Estación Experimental Cabaiguán, enmarca a las empresas en la competitividad y la sostenibilidad, propiciando la búsqueda de la productividad en armonía con la naturaleza.

Capítulo 2. Desarrollo metodológico de un procedimiento de Producciones Más Limpias para la Estación Experimental Cabaiguán.

Para dar solución al problema científico planteado y como respuesta a las conclusiones parciales arribadas en el Capítulo I, se definen en este capítulo las bases para la aplicación del procedimiento de PML en la Estación Experimental Cabaiguán. Como antecedentes de la aplicación del procedimiento se hace necesario realizar una caracterización de la empresa con el objetivo de conocer las generalidades de esta.

2.1 Caracterización general de la Estación Experimental Cabaiguán

Para la caracterización de la Estación Experimental Cabaiguán se utilizó el método empírico: análisis de documentos (Anexo 1). Los documentos analizados fueron: la historia de la entidad, Plan Estratégico, Sistema de Gestión de la calidad e informes de auditorías o inspecciones realizadas por el CITMA e Higiene y Seguridad del trabajo. Como indicadores para el uso de este se asumieron los siguientes; inclusión de la dimensión ambiental, buenas prácticas, auditorías o inspecciones ambientales realizadas a la entidad y los resultados de estas. A continuación, se muestran los resultados obtenidos de la caracterización.

A finales de la década del treinta, los cosecheros de tabaco del Municipio Cabaiguán estaban confrontando problemas con la calidad de la semilla que obtenían de productores particulares. Algunas mezclas de variedades restaban pureza a la simiente y causaban trastornos en las cosechas. Fue así que la Asociación Municipal de Cosecheros de Tabaco formuló una petición con vistas a crear un centro de experimentación que velara por la calidad de la semilla.

En 1940 y a instancias del Gobierno Municipal fue creada la Subestación Experimental del Tabaco y que esta funcionaría como dependencia de la Estación Experimental de San Juan y Martínez, Pinar del Río, y fue ubicada en una finca aledaña al antiguo cementerio del poblado de Cabaiguán.

En los años 1940-41, la principal actividad de este centro era la producción de semilla de tabaco "Pelo de Oro". Paralelamente se realizaban algunas

experiencias agrícolas en semilleros, sistemas de recolección y comparación de variedades, principalmente “Pelo de Oro” y “Criollo”. Los recursos técnicos eran muy pobres. No existía sistema de riego. Los arados se trabajaban con bueyes y la cultivadora con mulos. Se carecía de las instalaciones necesarias. En el año 1946, la Sub-Estación se trasladó para la finca “Mamoncillo” en el kilómetro 2 del entonces camino de Santa Lucía, en Cabaiguán, donde pudo contar con un área de 0,75 caballería (10 ha). En forma de préstamo, el Centro adquirió un tractor de gasolina con ruedas de goma, con un arado semihidráulico. Como únicas instalaciones contaba con una casa de curar tabaco, una oficina-vivienda y un pozo artesano.

En la Década del 60 la Estación Experimental se destaca en la recuperación de la variedad P-1-6 (Pelo de Oro) un cuidado extremo por lograr la conservación de todas las características fenotípicas y organolépticas del Pelo de Oro, donde dieron un resultado exitoso en la conservación de esa variedad comercial, ya a partir del año 1967 la Estación trabajó en una serie de estudios como fue la dosificación de semillas en los semilleros, tradicional.

En este lugar se producía la semilla “Pelo de Oro” y se realizaban diversos ensayos relacionados con semilleros, uso de fertilizantes, estudios comparativos y otros. Sin embargo, faltaban el rigor científico adecuado y un correcto control de los datos obtenidos. En esta etapa fue instalada una caseta para las observaciones meteorológicas de temperatura, humedad atmosférica y lluvias.

A partir de la década del 90 la Estación ha venido trabajando con planes de proyectos ramales, auspiciados por el Instituto de Investigaciones del Tabaco y financiados por el Grupo Empresarial TABACUBA. Resultados concretos de esos planes de investigación han brindado a la producción tabacalera la posibilidad de disponer de nuevas variedades con su tecnología agrícola, de dar un uso más racional al suelo mediante los estudios de cultivos alternos y de rotación, la racionalización de la fertilización y otros resultados que inciden positivamente en el rendimiento y calidad del tabaco.

2.1.1 Plan estratégico

MISIÓN

Dar respuesta a las demandas científico técnicas de la producción tabacalera en las provincias centrales del país, mediante resultados obtenidos en la investigación, garantizar la semilla original y básica de las variedades comerciales, así como asesorar la introducción de las nuevas tecnologías en la producción, para obtener con eficiencia y sostenibilidad, tabaco con altos rendimientos y máxima calidad.

VISIÓN

Las perspectivas de trabajo están dadas en dar continuidad y sostenibilidad a las líneas investigativas actualmente en ejecución y la respuesta a las nuevas problemáticas que genera la producción tabacalera con vistas a lograr las soluciones más idóneas.

OBJETO SOCIAL

Desarrollar proyectos de investigación e innovación tecnológica, así como servicios científicos técnicos especializados relacionados con la agroindustria tabacalera, brindar servicios de capacitación a los trabajadores con el potencial científico técnico de la Institución para las empresas del Grupo TABACUBA y desarrollar, producir y comercializar de forma mayorista producciones especializadas derivadas de la investigación e innovación tecnológica de la agroindustria tabacalera en moneda nacional.

De este documento y tenido en consideración los indicadores declarados para este método llama la atención que en la misión y visión de la entidad hacen referencia a la sostenibilidad como un aspecto de importancia en la dimensión ambiental de las empresas cubanas.

Sin embargo en el objeto social no se declara ni se hace referencia a la dimensión ambiental ni a ninguna otra forma de gestión que indique que la empresa se proyecta en función de un desempeño más limpio lo que pudiera limitar su accionar en el territorio y no tener una imagen acorde con las demandas de los tiempos actuales.

2.1.2 Características de la fuerza laboral

Con respecto al capital humano que laboran en la Estación Experimental Cabaiguán, cuentan con 106 trabajadores de plantilla fija entre los que se encuentran: 35 operarios, 16 de servicio, 54 técnicos y 1 dirigente quedando distribuido el porcentaje como se muestra en la Figura 5.

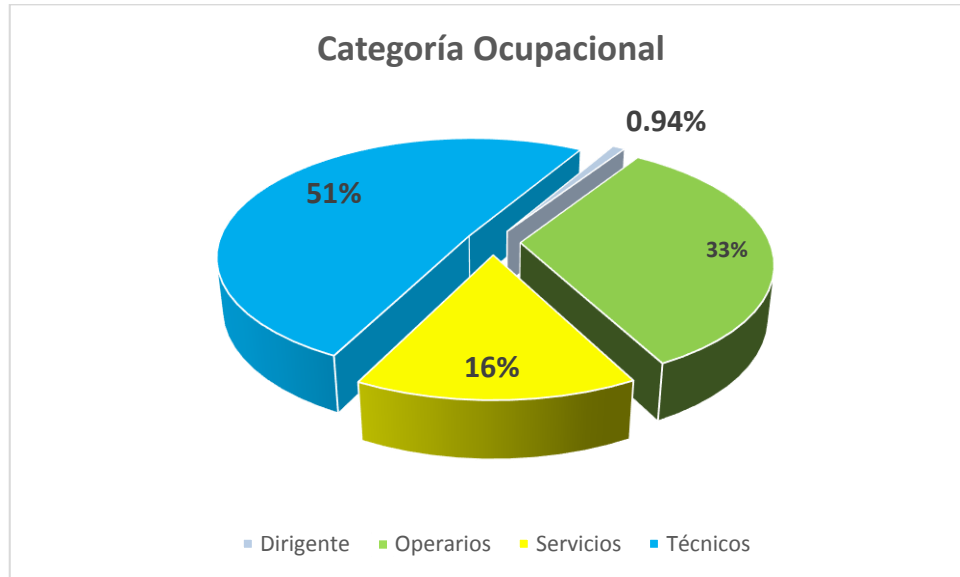


Figura 4. Categoría Ocupacional de la Estación Experimental Cabaiguán.

Fuente: (Elaboración propia)

Como resultado de la caracterización de la Estación Experimental Cabaiguán se obtuvo que tiene problemas con la degradación de suelos, uso de fertilizantes químicos y sobreconsumo del agua por lo que una PML es de necesidad para la entidad objeto de estudio.

2.2 Procedimiento de Producción Más Limpia en la Estación Experimental Cabaiguán

La implantación de un procedimiento en dicha Estación se justifica por la necesidad de mejorar la gestión ambiental pues los beneficios potenciales de esta pueden ayudar a la Estación Experimental Cabaiguán a dar respuesta a las demandas científico técnicas de la producción tabacalera en las provincias centrales del país (Anexo 2), que dentro de estas demandas se encuentra la necesidad de disminuir los residuales químicos en el tabaco. Se conoce que los residuales químicos en el tabaco constituyen una amenaza para el sostenimiento del tabaco en los mercados elites y su prestigio mundial (Instituto

de Investigación del Tabaco). Se decidió trabajar el procedimiento de PML desarrollado por (Rojas, 2011), debido a que fue implementado en otras empresas del país obteniendo resultados favorables en materia ambiental y económica; reestructurando el mismo para su aplicación, adecuándolo a las características de la propia entidad.

Para la aplicación de las fases de PML en la Estación, es necesaria 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 a través de la PML.

En la Figura 6 se muestran los pasos para la implementación de opciones de PML; estas se encuentran comprendidas dentro del esquema de mejoramiento continuo: Planear – Hacer – Verificar – Actuar.



Figura 5. Pasos para la implementación de opciones de PML.
 Fuente:(Rojas, 2011).

Para el desarrollo de las PML en la Estación Experimental Cabaiguán, se deben seguir paso a paso las estrategias comprendidas en dichas fases, las cuales serán desarrolladas. A continuación, se muestra el procedimiento por etapas:

2.2.1 Paso 1. Inicio del ciclo

Esta fase consiste en lograr el apoyo gerencial, definir los objetivos principales del programa y realizar la planificación de actividades generales. La empresa debe asignar personal de diversos departamentos para formar un grupo de PML dentro de la organización. Para la selección del equipo de trabajo se propone utilizar el método de expertos, esta técnica se puede observar en el Anexo 3, según lo planteado por (Hurtado de Mendoza, 2012).

2.2.2 Paso 2. Análisis de la situación actual

Para plantear mejoras, es necesario conocer cómo se encuentra la empresa en el momento inicial. Por esto, debe realizarse una recopilación de la información disponible de la organización, así como efectuar un recorrido por la entidad para identificar los sitios de alto consumo de materias y recursos, y los que poseen emisiones o vertidos importantes.

Una vez definidos los procesos de importancia en la empresa, se procede a su esquematización, la cual se realiza desarrollando diagramas de flujo e identificando entradas y salidas en dichos procesos.

2.2.3 Paso 3. Balance de materiales / análisis del proceso

Cuando se han esquematizado los procesos de interés de la empresa y se han identificado tanto las entradas como las salidas de las operaciones unitarias que los conforman, se inicia con el seguimiento de parámetros. De esta forma, se definen los recursos y materias primas que se van a cuantificar, así como los puntos y períodos de tiempo para la cuantificación.

En esta etapa, también se lleva a cabo un análisis de las posibles causas de los problemas identificados. Se elabora un balance de materiales, el cual básicamente consistirá en completar el diagrama de flujo con datos numéricos.

2.2.4 Paso 4. Definición de opciones de mejora

Esta etapa requiere una importante capacidad de análisis por parte del grupo de PML de la empresa. Por tal motivo, si los integrantes de este grupo no cuentan con esta competencia, es necesario primero capacitarlos en este tema.

Posteriormente, se deben abrir sesiones de discusión para la generación de opciones de mejora, que respondan a un análisis de causas, efectos, descripción de los efectos y costos actuales. Para esto existen diversas técnicas, tales como el diagrama de Ishikawa o de espina de pescado.

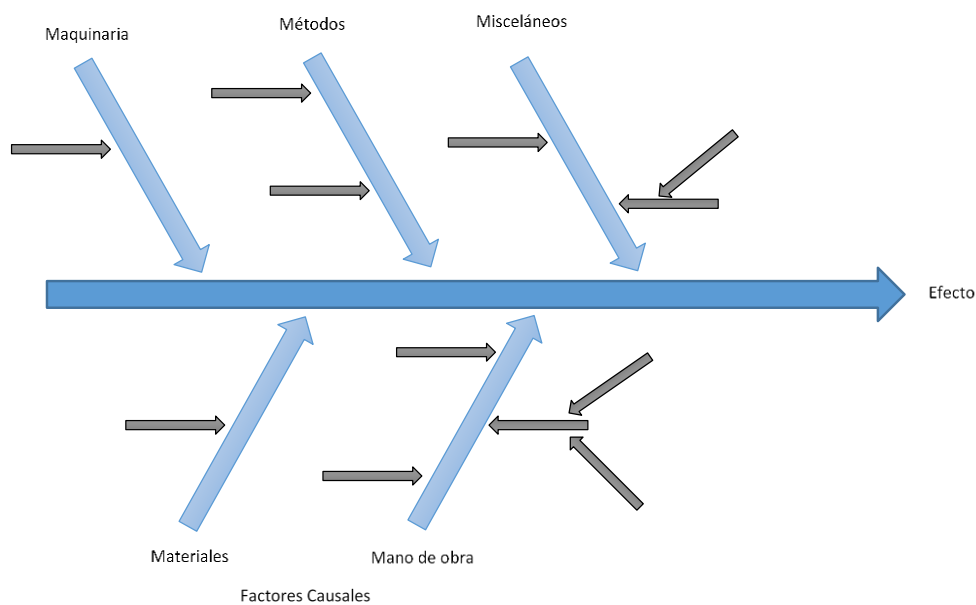


Figura 6. Diagrama de Ishikawa.

Fuente: (Rojas, 2011).

Se deben aplicar las diferentes estrategias de PML, para disminuir el consumo de recursos y de esta manera limitar la generación de emisiones.

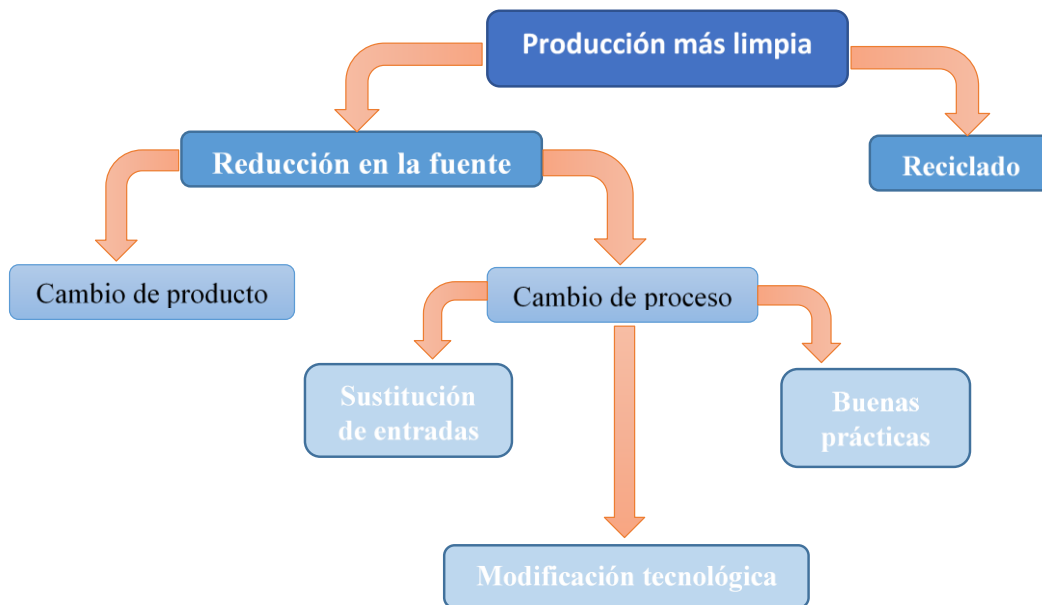


Figura 7. Estrategias de PML.

Fuente: (Rojas, 2011).

2.2.5 Paso 5. Asignación de prioridad a las opciones

Llegado a este punto, se lleva a cabo un análisis orientado a definir el orden de prioridad de implementación de las opciones generadas en la etapa anterior para lo que se utiliza la prueba de hipótesis para el análisis de la concordancia entre el juicio de los expertos (Kendall). Para ello se hizo uso del software SPSS versión IBM SPSS Statistics 21.0.

Es así como se realiza una categorización inicial de las opciones que pueden llevarse a cabo inmediatamente (por lo general relacionadas con buenas prácticas y formas diferentes de realizar las labores). Posteriormente, se puede llevar a cabo un análisis de factibilidad técnica, ambiental y económica de cada opción encontrada y que no es sujeta a implementación inmediata.

2.2.6 Paso 6. Definición de planes de implementación

El sexto paso consiste en generar un plan de implementación de medidas en donde se debe especificar el período de ejecución de cada opción. Dicho período obedece al orden de importancia de implementación obtenido en la etapa anterior. Por lo general, junto con el plan general de implementación se genera un plan específico que define actividades, responsables, fechas de inicio y culminación y los recursos necesarios.

2.2.7 Paso 7. Seguimiento, culminación y evaluación del ciclo

Una vez que se tienen debidamente creados los planes de implementación, se debe iniciar la fase de llevar a cabo las acciones. El grupo de PML debe supervisar que se sigan los planes. En caso de variaciones, los cambios se deben documentar e incluir en un listado para ser discutidos posteriormente.

Para lograr brindar un control adecuado, se debe crear un plan de seguimiento en donde se indique la opción, la actividad específica, los indicadores y las acciones correctivas. Por último, esta fase involucra la realización de una reunión de cierre del ciclo del programa de PML e inicio del siguiente con la gerencia.

2.3 Análisis de factibilidad técnica, ambiental y económica

En esta etapa se realizara un análisis de las medidas a aplicar y de las opciones de PML de cada una de ellas, que contribuyan a mejorar el desempeño ambiental de la Estación Experimental Cabaiguán dígase gestión de los suelos en las modalidades de conservación, aprovechamiento de la capacidad agroproductiva, dosificación adecuadas de fertilizantes, uso racional de agua y ahorro de combustibles.

Para todos los casos se realizará para el caso de tres proyectos (70, 81 y 82), pues solo estos poseen resultados de análisis de suelo. El análisis de los indicadores: pHKCl, contenido de materia orgánica y de nitrógeno total (%), contenido de macroelementos y relaciones intercatiónicas y los rendimientos agrícolas de las campañas de los años 2014-2015 y 2015-2016.

2.3.1 Conservación de los suelos

En este análisis se tomaron en consideración los precios del mercado internacional de los precios de los fertilizantes de fórmula completa, la cantidad de dosis aplicadas en las campañas objeto de estudio de los proyectos objetos de estudio y los análisis de suelos.

2.3.2 Aprovechamiento de la capacidad agroproductiva,

Para este análisis se realizará una comparación de los rendimientos obtenidos entre los proyectos 70 y 81 que realizaron un manejo de la fertilización similar y diferente, y la rotación de cultivos, en cada uno de los proyectos y se tomaron

datos de 4 campañas para lograr una comparación más completa en este análisis así como los beneficios obtenidos en cuanto a capacidad agroproductiva, sanidad medioambiental y producciones aceptables.

2.3.3 Dosificación adecuada de fertilizantes

Se analizan los rendimientos reales de las campañas objeto de estudios y se comparan con los rendimientos que plantean la norma y estudios similares y se tomaron en consideración los patrones nutricionales requeridos por las principales variedades comerciales.

2.3.4 Sobreconsumo de agua

Se analizan las características de la bomba y los sistemas de alimentación a los que tributa, el tiempo de bombeo, el consumo de agua para la actividad de riego y la frecuencia con que se utiliza.

2.3.5 Ahorro de combustible

Se analizaron las causas del consumo de diesel por parte del grupo de expertos y sobre esos resultados se realizó un estudio para la implementación de las medidas y como consecuencia se logró un proyecto para el ahorro del agua.

Posteriormente se realizó por el grupo de expertos una valoración de cada una de las alternativas en cuanto a si es técnicamente factible, económicamente viable, la evaluación ambiental, la inversión los ahorros y la recuperación de la inversión tomando como formato la siguiente Tabla 6. Donde el análisis tiene un componente cualitativo pues solo se requiere marcar si es positiva o negativa el aspecto analizado en cada opción.

Tabla 6 Descripción del análisis económico

Descripción de la opción de PML	Técnicamente factible	Económicamente viable	Evaluación ambiental	Inversión (\$)	Ahorros (\$)	Recuperación de la inversión(año)

Fuente:(Elaboración propia)

2.4 Conclusiones Parciales

1. El diagnóstico del estado de la Estación Experimental Cabaiguán, arrojó que esta tiene como problemas ambientales que limitan su desempeño problemas con la degradación de suelos, uso de fertilizantes químicos y sobreconsumo del agua.
2. El procedimiento de PML que se utilizará consta de siete etapas, inicio del ciclo, análisis de la situación actual, balance de materiales/análisis del proceso, definición de opciones de mejora, asignación de prioridad de las opciones, definición de planes de implementación y seguimiento, culminación y evaluación del ciclo todas ellas con un enfoque de ciclo.

Capítulo 3. Resultados del Procedimiento de PML en la Estación Experimental Cabaiguán en el cultivo de tabaco

Para dar pasó a este capítulo y como respuesta a las conclusiones parciales del anterior, se realiza cada paso del procedimiento de PML a aplicar en la Estación Experimental Cabaiguán, teniendo en cuenta varias herramientas que se describirán en los epígrafes siguientes.

3.1 Paso 1. Inicio del ciclo

En este paso se creó el equipo de trabajo con la aplicación del método de expertos de (Hurtado de Mendoza, 2012)(Anexo 4) formado por el director, tres especialistas, tres investigadores y un auxiliar para mayor información ver la Tabla 7.

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 el éxito del programa.

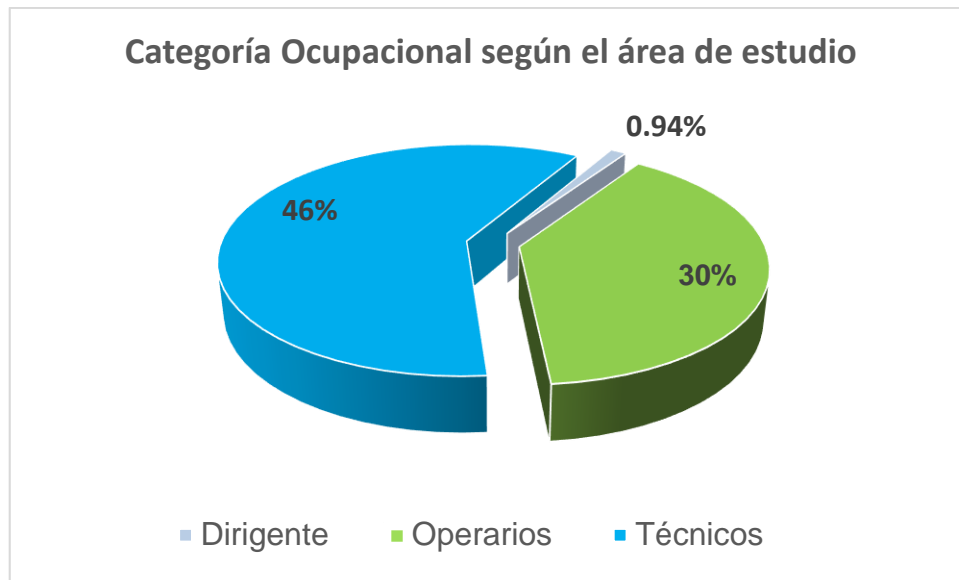
Tabla 7. Equipo de expertos designados para consultar en la investigación.

Ocupación	Años de experiencia
Director	21
Especialista de medio ambiente	10
Especialista principal	14
Especialista en suelos	15
Investigador del departamento de genética	17
Investigador del departamento de genética	14
Investigador del departamento de fitotecnia	4
Auxiliar de producción	20

Fuente:(Elaboración propia)

3.2 Paso 2. Análisis de la situación actual

En el momento inicial de la investigación de 35 operarios, 16 de servicio, 54 técnicos y 1 dirigente estaban vinculados al proceso agrícola productivo del tabaco 32 operarios, 49 técnicos y un dirigente. Lo que indica buena estabilidad laboral.



Fuente: (Elaboración propia)

En el periodo en que se realizó la investigación (2015 y 2016). La Estación Experimental Cabaiguán contó como áreas experimentales con 13,42 hectáreas estas se dividen en proyectos de investigación propias de la entidad sobre las diferentes variedades de tabaco que se cultivan en la provincia. Durante este proceso se asumen como datos los resultados de las campañas del 2015 y 2016. Las bases de datos utilizadas fueron ofrecidas por compañeros de la UEB de Producción, del Departamento de Economía y del Departamento de Calidad en la entidad.

Tabla 8. Variedades del tabaco en la provincia.

Variedades de tabaco
Tabaco tapado
Tabaco al sol en palo
Tabaco Virginia
Tabaco Burley

Fuente: (Elaboración propia)

Las áreas de proyectos de la Estación Experimental Cabaiguán, se encuentran en un suelo pardo con carbonato compactado y tienen una superficie total cultivable de aproximadamente (13,42 ha), distribuida en 11 campos de 1 ha perteneciendo el resto (2,42 ha) a realengos no campificados.

El proceso productivo en las áreas de proyectos, se divide en dos etapas fundamentales:

1. Campaña de tabaco (ejecución de los proyectos) que abarca un período de ocho meses (de agosto a marzo) en su fase agrícola.
2. Campaña de no tabaco en el campo, durante los cuatro meses restantes (de abril a julio) donde se siembran cultivos varios de ciclo corto (viandas, hortalizas y granos), aunque también se establecen en las áreas no ocupadas por tabaco durante la campaña.

En la actualidad, en las áreas de proyectos, se ejecutan un total de seis proyectos, vinculados al Programa Ramal del Tabaco. La distribución de los mismos por campo es la siguiente:

Tabla 9. Distribución de los proyectos.

Código del proyecto	Campo	Superficie (ha)
70	1	0.23
82	1	0.16
102	1	0.29
60	2	0.5
81	9	1.0
55	6	0.099

Fuente:(Elaboración propia)

El diagrama de flujo (Anexo 5) describe las etapas del proceso del tabaco tapado. En el cual, para la preparación del suelo, se utiliza un tractor YUMZ AKM moderno que tiene adaptado un motor modelo 242 que le da una potencia de 80 caballos de fuerza (hp). Para las labores de cultivo, se utiliza la tracción animal.

Las principales entradas al sistema de producción son: postes, alambres de 3 y 5 mm, grapas, tela cheese cloth (para rodapiés y tendal), plántulas de tabaco, fertilizantes, plaguicidas, y productos biológicos mientras que las salidas del sistema corresponden a: hojas de tabaco como materia prima para la preindustria y la industria, semillas y frutos de cultivos varios. Y los principales problemas detectados están relacionado con la degradación de suelos, uso de fertilizantes químicos y sobreconsumo del agua.

3.3 Paso 3. Balance de materiales / análisis del proceso

Descripción de las etapas del proceso de producción de tabaco tapado

El proceso de producción de tabaco tapado tiene características muy específicas en la cual intervienen un conjunto de etapas principales que deben cumplir un grupo de especificaciones acordes a su fin. Entre ellas se pueden citar:

1. Preparación del suelo



El tiempo de preparación estará en dependencia de las condiciones específicas de cada lugar, pero como media debe oscilar entre 45 y 60 días. Será menos de 45 días, cuando previamente se haya sembrado alguna leguminosa como abono verde.

El número de labores en la preparación debe ser entre cinco y siete; se utilizará para la roturación y el cruce el arado de vertedera o el multiarado, en dependencia de las condiciones del terreno (profundidad efectiva, grado de enyerbamiento, etc.), y para las labores de alistamiento se empleará el multiarado y el tiller ligero. El arado de discos y la grada se dejan como última opción.

2. Plantación

La labor de plantar se realiza luego de mojar el surco ya sea mediante el método de goteo, por el método de manguera al hombro o regando por el propio surco. La longitud de las besanas no debe ser mayor de 20m. La condición fundamental que rige la plantación del tabaco es que el suelo húmedo y las raíces de las posturas queden firmemente unidos, para evitar daños en el tallo.

Esta labor se puede hacer "al dedo" o "a la mano", pero en ambas se tienen que utilizar posturas de talle adecuada y uniformes y garantizar la distancia de plantación establecida. Existe la plantación tradicional y la plantación a doble hilera.



Al dedo



A la mano

3. Retrasplante

Se hará un replante a los tres o cuatro días después del trasplante, que coincidirá con el primer riego ligero. Esta labor se realiza con posturas directamente del semillero.

Para lograr el mayor éxito en esta labor, de ser necesario, se realizará un segundo replante a los 8 o 10 días después del replante. Para ello se debe garantizar aproximadamente un 15 % de plantas por encima de las necesidades de cada campo, mediante la siembra de un surco doble por cada seis sencillos en las plantaciones establecidas hasta el 30 de noviembre. En las restantes solamente se trasplantará un 10 % para reponer fallas.

4. Fertilización

La fertilización mineral se realizará de acuerdo a las fórmulas y dosis que anualmente orienta la dirección del cultivo, para los tres momentos establecidos, en el trasplante, en el tape de palito y el aporque.

Se realizará en dos momentos, aplicando el 40% de la dosis entre 8 y 10 días posteriores al trasplante y el 60% restantes, entre los 18 y 20 días de efectuada la plantación. La fórmula de fertilizante debe suministrar el nitrógeno en forma nítrica y amoniacal del modo más proporcionado posible, es decir 50 % para cada forma del nitrógeno y en una dosis que garantice, en el momento de la cosecha, una reserva de nitratos en la savia entre (200–500) ppm. Las

investigaciones han demostrado que este nivel de nitrato se garantiza con dosis próximas a los 160 kg/ha de nitrógeno.



5. Labores del cultivo

Labores de gran importancia para el futuro desarrollo de la plantación. Se hacen con el objetivo de desmenuzar el camellón, eliminar las malezas y conservar el suelo suelto y poroso para ayudar al sistema radical.

También permiten arrimar tierra alrededor de la planta para protegerla contra afecciones en el tallo por efectos del viento, durante la primera fase de crecimiento.

Se realizarán tantas labores de cultivo como sean necesarias, pero no pueden faltar:

- tape de palito o tumba de surco
- primer aporque
- segundo aporque
- quitar patica
- desbotone
- deshije

Así como muchas otras labores que entran dentro de este proceso.

Tape de palito o tumba de surco: Consiste en echar la tierra de los bordes (orejas) del surco alrededor de los tallitos. Tiene como objetivo calzar el tallo de las plantas con suelo mullido, eliminar malas hierbas, mantener la humedad, airear el suelo.



Primer aporque: Consiste en garantizar que una buena parte del tallo de la planta quede totalmente cubierta de tierra. Con esta labor se da aireación al suelo y al mismo tiempo promueve el desarrollo de raíces adventicias hacia el cuello de la planta, lo que ayuda a la absorción de los nutrientes y la planta adquiere mayor robustez.



Segundo aporque: Se utiliza cultivadora ya sea con tracción animal o mecanizada, con el objetivo de eliminar las plantas indeseables y facilitar el aporque. También puede utilizarse con guataca y ayuda con la mano.

Quitar patica: Consiste en eliminar en las axilas de las hojas inferiores los pequeños hijos que surjan (brotes de yemas, patica).

Desbotone: Esta labor consiste en suprimir la yema terminal o botón floral de las plantas con el objeto de permitir el desarrollo foliar y dejar un número determinado de hojas. La altura del desbotone en tabaco tapado debe ser 16 a

18 hojas por planta, y según el desarrollo alcanzado por la plantación y la oportuna fitotecnia aplicada.



Deshije: Luego de realizado el desbotone, las yemas axilares empiezan a brotar y desarrollan rápidamente los hijos, aprovechándose de los nutrientes de las hojas formadas impidiéndoles de esta manera su buen crecimiento y pérdida de calidad. El deshije es beneficioso cuando se lo efectúa a tiempo, es decir, cuando su desarrollo no llega a los **10 cm**, pero en algunas ocasiones se puede efectuar en cuanto aparece el brote. Esta actividad de deshije se realizará tantas veces como sea necesario.



Luego de realizada la descripción del proceso de producción de tabaco tapado se representan sus etapas en un diagrama de flujo (Anexo 6). Basándonos en las normas que rigen el proceso agrícola (Blanco, Hernández, Benítez, & Quintana, 2012) para una hectárea se elaboró el mismo lo que permitirá la identificación de las oportunidades de mejora.

3.4 Paso 4. Definición de opciones de mejora

Posteriormente, se deben abrir sesiones de discusión para la generación de opciones de mejora, que respondan a un análisis de causas, efectos, descripción de los efectos y costos actuales. Para esto existen diversas

técnicas, tales como el diagrama de Ishikawa o de espina de pescado que es la que se utiliza en esta investigación (Figura 9). Para su realización se precisó como problema, el impacto negativo del proceso de producción de tabaco tapado sobre el desempeño ambiental de la entidad.

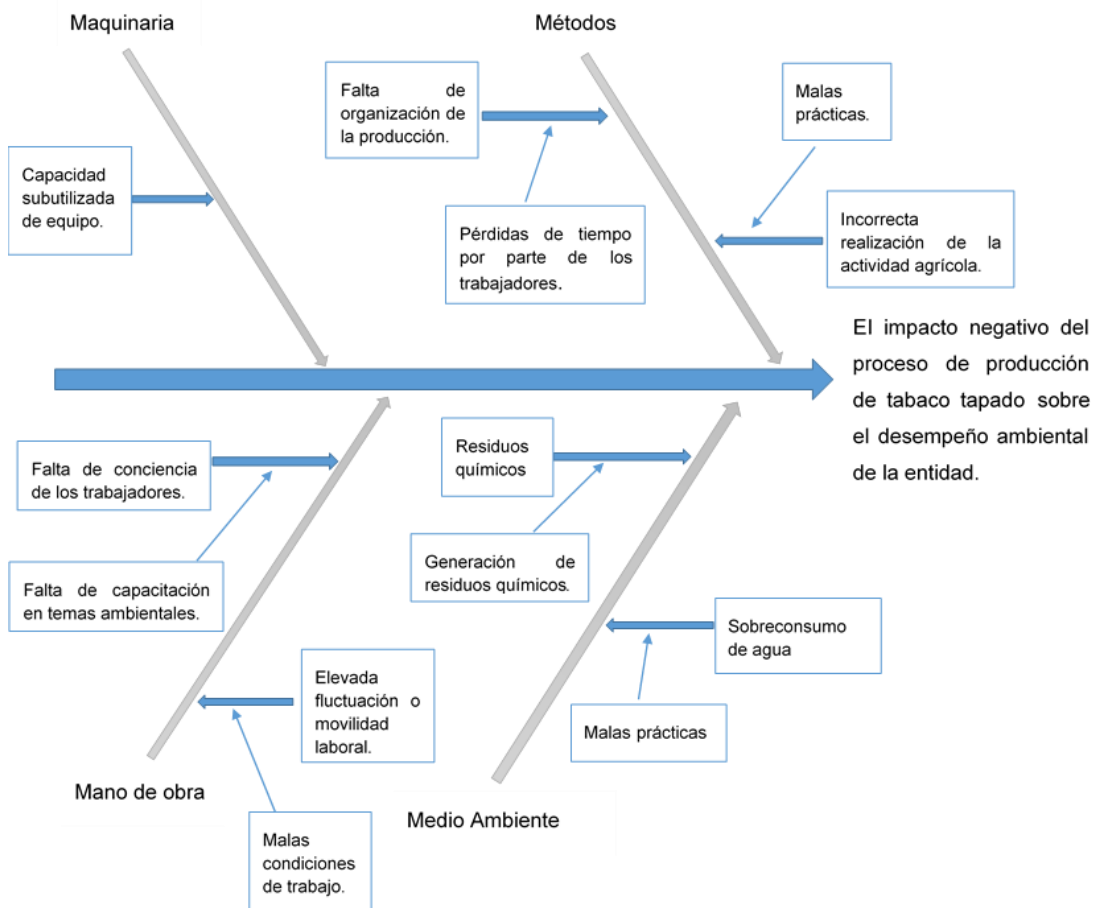


Figura 8. Diagrama Ishikawa.

Fuente: (Elaboración propia)

Conocidos los datos cuantitativos de los flujos de materia y energía, así como el diagrama de Ishikawa o de espina de pescado, se detectan las oportunidades de PML por etapas, se da paso al desarrollo, evaluación y establecimiento de prioridades de las opciones (Tabla.10).

Tabla 10. Oportunidades de PML.

Etapas	Problema	Oportunidad de PML	Alternativas
Preparación del suelo	<ul style="list-style-type: none"> Falta de mejoramiento de los suelos por no realizar la rotación de cultivos. 	Buenas Prácticas	Mayor aprovechamiento de la capacidad agroproductiva, a través de la rotación de los cultivos.(A)
	<ul style="list-style-type: none"> Degradación de los suelos 	Buenas Prácticas.	Aplicar medidas de conservación de los suelos o realizar prácticas que posibiliten mejorar la calidad de los suelos. (B)
Fertilización	<ul style="list-style-type: none"> Fertilización aplicada de forma irracional(Indisciplina tecnológica) 	Buenas Prácticas	Dosificación adecuada de fertilizantes para el aumento del rendimiento de las capas de exportación .(C)
Labores del cultivo	<ul style="list-style-type: none"> Pérdidas considerables en el consumo del agua por sobrepresión en las tuberías. 	Cambio tecnológico	Eliminar salideros en sistema de riego para evitar las pérdidas de agua.(D)
	<ul style="list-style-type: none"> Sobreconsumo de combustible. 	Cambio tecnológico	Ahorro de combustible por la electrificación del riego.(E)

Fuente: (Elaboración propia)

Para una mejor comprensión de la tabla a cada una de las alternativas se le asignó una nomenclatura de forma tal que se pueda entender en tablas futuras.

3.5 Paso 5. Asignación de prioridad a las opciones

A partir de la tabla anterior se convocó nuevamente al grupo de expertos para determinar las prioridades. Normalmente se utilizan los siguientes criterios para la evaluación:

- Efecto Ecológico.
- Efecto Económico.
- Factibilidad Técnica.
- Esfuerzo Organizacional.
- 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 entidad. Para ello se muestra en la siguiente tabla 11, como un ejemplo, la matriz de relación de criterios de evaluación en relación con las opciones.

Tabla 11. Matriz de relación de criterios de evaluación en relación con opciones.

Criterios a evaluar	Oportunidades de PML				
	A	B	C	D	E
Efecto ecológico	3	3	1	1	1
Efecto económico	3	3	2	3	3
Factibilidad técnica	1	2	3	2	2
Esfuerzo organizacional	2	2	2	2	1
Costo de implementación	1	1	1	1	1
Total	10	11	9	9	8
Prioridad	2	1	4	3	5

Fuente:(Elaboración propia)

En la tabla anterior se registró un orden de prioridad, encabezado por la repercusión de reducir y reutilizar recursos y culminando por la eliminación

gradual de productos nocivos y peligrosos empleados en los procesos, en aras de familiarizarlos con la investigación y que de esta forma colaboren con los resultados de la futura implementación. Los 5 criterios se evaluaron en una escala de 1 a 3. Su nivel de importancia relativa se enuncia a continuación:

- 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).
- Beneficio Económico (1 = Bajo potencial de ahorro; 3 = Alto potencial de ahorro).
- Nivel Técnico de Intervención (1 = No hay cambios; 3 = Cambios en el proceso/equipo).
- Nivel Organizacional de Intervención (1 = No hay cambios; 3 = Cambio en el flujo del proceso).
- 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 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). Para ello se hizo uso del software SPSS, procedimiento que se expone a continuación:

Tabla 12. Prioridades asignadas a los expertos.

Criterios/Expertos									Σ Prioridades	Orden Final
	1	2	3	4	5	6	7	8		
A	2	2	1	2	3	2	2	2	16	2
B	1	1	2	1	1	1	1	1	9	1
C	4	3	3	3	2	3	3	3	24	3
D	3	4	5	5	4	4	5	4	34	4
E	5	5	4	4	5	5	4	5	37	5

Fuente: (Elaboración propia)

Tabla 13. Salida del software SPSS.

Estadísticos de contraste			
N			8
W de Kendall ^a			.872
Chi-cuadrado			27.900
gl			4
Sig. Asintót.			.000
	Sig.		.000 ^b
Sig. Monte Carlo	Intervalo de confianza de	Límite inferior	.000
	99%	Límite superior	.000

a. Coeficiente de concordancia de Kendall

b. Basado en 10000 tablas muestrales con semilla de inicio 2000000.

Luego de analizada la salida del software SPSS se puede decir que al ser $W > 0.5$ se puede realizar la prueba de hipótesis trabajando con un nivel de confianza del 99%:

H₀: No existe concordancia en el juicio de los expertos

H₁: Si existe concordancia en el juicio de los expertos

Como $k \leq 7$ se utilizó el estadígrafo S

$$S_{calculada} = \Delta^2 = 558,00 \quad S_{tabla} = 276,20$$

$S_{calculada} \geq S_{tabla}$ $558,00 \geq 276,20$ se rechaza H_0 , el juicio de los expertos es consistente, hay concordancia en el juicio que emiten respecto al nivel de importancia de las propuestas de soluciones analizadas.

Después de comprobada la concordancia de los expertos se ordenaron las cinco alternativas, el orden de las mismas se realiza de acuerdo a la importancia dada por parte de los expertos, las cuales se enuncian seguidamente:

1. Aplicar medidas de conservación de los suelos o realizar prácticas que posibiliten mejorar la calidad de los suelos. (B)
2. Mayor aprovechamiento de la capacidad agroproductiva, a través de la rotación de los cultivos. (A)

3. Dosificación adecuada de fertilizantes para el aumento del rendimiento de las capas de exportación. (C)
4. Eliminar salideros en sistema de riego para evitar las pérdidas de agua.(D)
5. Ahorro de combustible por la electrificación del riego. (E)

Análisis de factibilidad técnica, ambiental y económica

Aplicar medidas de conservación de los suelos o realizar prácticas que permitan mejorar la calidad de los suelos. (B)

El análisis de los indicadores: pH_{KCl}, contenido de materia orgánica y de nitrógeno total (%), contenido de macroelementos y relaciones intercatiónicas mostraron para los proyectos en estudio (70, 81, 82), los siguientes resultados:

Proy.	pH _{KCl}	M.O (%)	Nt (%)	P2O5	K2O	Relaciones intercatiónicas		
				mg/100g	Ca/Mg	K/Mg	Ca/Mg+K	
70	Ligeramente ácido a neutro	Muy bajo a bajo	Bajo	Mediano a alto	Alto	Alta	Adecuada	Adecuada
81	Ligeramente ácido a neutro	Muy bajo	Bajo a mediano	Mediano a alto	Alto	Alta	Alta	Adecuada
82	Neutro a ligeramente alcalino	Muy bajo a bajo	Bajo	Bajo a mediano	Alto	Muy Baja	Alta	Alta

Fuente: UEB de Producción.

Los contenidos de materia orgánica, calificados como de muy bajo a bajo, indican que es necesario implementar en estas áreas, prácticas que permitan mejorar la calidad de los suelos. Otro indicador que refuerza este criterio, es el contenido de potasio asimilable, pues a pesar de ser uno de los elementos más requeridos por el tabaco, se mantiene en niveles altos.

Esto puede deberse a que históricamente, se ha realizado en estas áreas un uso indiscriminado de fertilizantes químicos sin tener en cuenta el contenido de nutrientes en el suelo y que las fórmulas aplicadas posean los portadores necesarios para suplir en función de dicho contenido, los requerimientos nutricionales de la variedad establecida.

Los niveles elevados de potasio asimilable en el suelo sugieren que los fertilizantes aplicados de forma irracional (indisciplina tecnológica), han provocado la acumulación de este elemento en el suelo, con tenores muy superiores a los requeridos por las plantas de tabaco para su desarrollo normal. Esta situación, crea un desbalance en la matriz del suelo que afecta su capacidad productiva e incide en la calidad de las hojas de tabaco.

Las actuales variedades comerciales de tabaco, en condiciones normales de cultivo, tienen un potencial real de rendimiento de 450 qq/cab(Espino, 2017) que equivalen a 1676,60 kg/ha.

Sin embargo, en las áreas de proyectos de la Estación, donde se ejecutan los proyectos 70, 81 y 82, se obtuvieron en las campañas 2014-2015 y 2015-2016, los rendimientos estimados siguientes:

Tabla 14. Rendimientos de los proyectos objeto de estudio.

Proyecto	Rendimiento promedio (Kg/ha)	
	2014-2015	2015-2016
70	1116,80	1489,00
81	1955,86	1383,60
82	952,62	1080,00

Fuente: UEB de Producción.

Realizando una comparación entre las características de los proyectos y los rendimientos obtenidos, podemos afirmar que se puede ahorrar una cantidad considerable de fertilizantes, si se aplican medidas de conservación de suelos.

La recomendación de fertilizantes para la producción de hojas según el tipo de tabaco y suelo (tapado) corresponde a 130, 80 y 200 kg/ha de nitrógeno, fósforo y potasio respectivamente(Blanco et al., 2012).

Sin embargo, las continuas aplicaciones en el suelo, sin tener en cuenta su contenido, ni los portadores han causado afectaciones en su capacidad agroproductiva.

Para contrarrestarlo, se aplican altas dosis de fertilizantes de fórmula completa a un precio promedio de 1,75 \$/kg (Blanco et al., 2012) con un importe equivalente a \$ 90,64. Las dosis aplicadas en las dos campañas anteriores (20015-2016) han sido de 16,2 t/cab (1210 kg/ha), ajustadas a las áreas de cada experimento. Por tanto, el costo de aplicación de los mismos asciende a \$2 117,50. Los resultados de los análisis de suelo indican que se puede prescindir al menos de la fertilización de fondo con fertilizantes de fórmula completa, aplicándose en su lugar fertilizantes que aporten solamente fuentes nitrogenadas. Esta sustitución equivale a un ahorro de \$2 117,50 que tal y como se describe en el párrafo anterior es lo que cuesta cada aplicación (se realizan tres aplicaciones durante el ciclo del tabaco).

Por otra parte, para el adecuado desarrollo del tabaco en plantación se requiere en el suelo, un contenido mínimo de 2% de materia orgánica, debido a los altos niveles de extracción que caracterizan a este cultivo. Este aspecto, no se cumple en las condiciones actuales (indisciplina tecnológica) y sus efectos negativos también se atenúan con la aplicación de altas dosis de fertilizantes.

Mayor aprovechamiento de la capacidad agroproductiva, a través de la rotación de los cultivos. (A)

Cuando se comparan los rendimientos obtenidos entre los proyectos 70 y 81 que realizan un manejo de la fertilización similar, podemos afirmar que para coadyuvar al mejoramiento de los suelos es factible la aplicación de medidas como la rotación de cultivos, pues ese es el principal manejo que se realiza en el proyecto 81 y los rendimientos son cercanos al obtenido en el proyecto 70 para la campaña 2015-2016.

Con relación al proyecto 82, cuyo manejo de la fertilización es diferente, pues se redujo a un 50%, se obtienen resultados que son los esperados en este tipo de agroecosistema.

En los sistemas agroecológicos se obtienen en los primeros años, rendimientos inferiores a las producciones convencionales pero estas evidencian una recuperación a partir del tercero o cuarto año debido a que se crean mejores condiciones en el suelo que se revierten en una mayor capacidad

agroproductiva, sanidad medioambiental y producciones aceptables. De mantenerse la misma tasa de crecimiento en los rendimientos, se estima que en el cuarto año de ejecución del proyecto (solo lleva dos), se logren obtener 1336 kg/ha con un ahorro de fertilizantes de 6 352,50 \$/año.

Dosificación adecuada de fertilizantes para el aumento del rendimiento de las capas de exportación. (C)

Los rendimientos reales obtenidos en las campañas 2014-2015 y 2015-2016 por ejemplo para los proyectos 70 y 82 con objetivos totalmente inversos indican pérdidas cuantiosas por este concepto, aunque hay que tener en cuenta que, en condiciones investigativas, no se obtienen todas las clases establecidas para las capas destinadas a la exportación.

Los resultados obtenidos en el proyecto 70 donde el objetivo fundamental fue establecer los patrones nutricionales requeridos por nuestras principales variedades comerciales, indican que, para los suelos pardos con carbonato compactado, se debe emplear la fertilización nitrogenada para obtener mayores rendimientos en clases de exportación.

Del potencial real del rendimiento (1676,60 kg/ha)(Blanco et al., 2012)(Plaza, 2014) se estima que en condiciones normales de producción (adecuado uso de los suelos y manejo de la fertilización fundamentalmente), se obtenga aproximadamente un 20% de capas de exportación. Teniendo en cuenta el precio promedio por manojo establecido para las clases de este tipo de capa (\$17,58), ello equivale a un valor de la producción que asciende a \$ 5894,92.

Eliminar salideros en sistema de riego para evitar las pérdidas de agua. (D)

En la actualidad, la distribución del agua, se realiza a través de una bomba, tipo Aumat G – 250 proveniente de España que alimenta a las cisternas de la Estación y se utiliza, además, para la actividad del riego. El tiempo de bombeo promedio es de 8h durante la campaña de tabaco (de agosto a marzo) y se reduce a la mitad en la época que no incluye la cosecha de este cultivo (de abril a julio). El consumo del agua para la actividad del riego es de 100 m³/h efectuándose el mismo durante 5h/día a razón de dos veces por semana. Ello se debe a que la realización de esta actividad, depende en gran medida de la

época de siembra o plantación y fundamentalmente de la humedad del suelo que está muy relacionada, a su vez, con la intensidad, frecuencia y duración de las precipitaciones. Si tenemos en cuenta que el año tiene aproximadamente 48 semanas, el consumo por este concepto, asciende a 48 000 m³ anuales a un costo estimado de 9 600,00 \$/año.

La presión de trabajo de la bomba es de 300kPa, pero debido a que en función de las áreas que requieran del riego, se abren y cierran algunas llaves, se crea una sobrepresión en el sistema que causa la rotura de las conductoras (de 25 y 13mm de diámetro) con pérdidas estimadas por este motivo del 16%. Para atenuar esta situación, se decidió abrir una llave de escape de seguridad y se está trabajando en función de acoplar al sistema, una tubería de retorno para aprovechar este preciado líquido y evitar de esta forma, las pérdidas de agua que dada la presión y cantidad de m³ que se pierden, se estiman que por salideros y roturas están alrededor de los 7680 m³/año a un costo de 1 536,00 \$/año.

Ahorro de combustible por la electrificación del riego. (E)

Se utiliza para el riego, un sistema de aspersion que trabajaba con diesel. La difícil situación que existe cuando se utiliza el mismo, se agudizó considerablemente debido a sus efectos colaterales en el orden social. Ejemplo de ello es que el aprovechamiento de la jornada laboral se afecta considerablemente porque era necesario cambiar constantemente las tuberías de un campo a otro para efectuar esta actividad trayendo como consecuencia una pérdida de tiempo considerable e inestimable, así como desmotivación del personal vinculado directamente a las labores agrícolas.

Existen, además, otros factores que contribuyen a incrementar las pérdidas de combustible en las áreas de proyectos en cantidades también inestimables.

Entre estos se encuentran fundamentalmente los siguientes:

- El constante apagado y encendido de la turbina que consume el diesel como combustible para impulsar el agua utilizada en la actividad del riego cada vez que se cambian las tuberías de lugar.
- Manejo inadecuado del diesel cuando se vierte en el depósito de la turbina.

- Paradas del tractor para cargar los tubos de un campo a otro.

Sin embargo, a comienzos de abril del 2017, se contrata el servicio de especialistas que comienzan a realizar estudios de factibilidad para la sustitución del sistema de riego con diesel por un sistema de riego eléctrico.

Para ello, se realizó la compra de un motor eléctrico de 220 V, trifásico de 65 kW a un costo de \$ 9787.22 así como el montaje de la conductora y los servicios prestados con un monto de \$11 499.65 para un total de \$ 21 286.87.

En cada riego se consumen aproximadamente 60L con un costo de \$60.00 (1.00\$/L).

En la actualidad, la electrificación del riego desde el punto de vista económico ha aportado el siguiente ahorro:

Portador	Consumo/h	Importe	Precio/unidad	Ahorro
Diesel	10 L	\$10	1L-\$1.00	-----
Electricidad	20Kw	\$6.8	1Kw-0.34	3.2 \$/h

Durante la campaña, tanto en el trasplante como en el riego, el sistema trabaja diariamente de 5 a 8 h en dependencia del cronograma de atención a los proyectos que se ejecutan y de los cultivos varios establecidos. Esto representa un ahorro de \$16,00 a \$25.60 diario que asciende a la suma de \$5760,00 a 9216,00 \$/año.

Teniendo en cuenta estos elementos, podemos afirmar entonces que la recuperación de la inversión realizada para la instalación de este sistema se logrará en 1.6 años.

Tabla 15. Análisis económico.

Descripción de la opción de PML	Técnicamente factible	Económicamente viable	Evaluación ambiental	Inversión (\$)	Ahorros (\$)	Recuperación de la inversión(año)
Aplicar medidas de conservación de los suelos o realizar prácticas que	+	+	+	-	6352,50	-

posibiliten mejorar la calidad de los suelos.						
Mayor aprovechamiento de la capacidad agroproductiva, a través de la rotación de los cultivos.	+	+	+	-	6352,50	-
Dosificación adecuada de fertilizantes para el aumento del rendimiento de las capas de exportación	+	+	+	-	5894,92	-
Eliminar salideros en sistema de riego para evitar las pérdidas de agua.	+	+	+	-	1536,00	
Ahorro de combustible por la electrificación del riego	+	+	+	5760,00	9216,00	1,6

Fuente: (Elaboración propia)

3.6 Paso 6. Definición de planes de implementación

En esta etapa se realiza un plan de implementación de medidas en donde se especifica el período de ejecución de cada opción. Dicho período obedece al orden de importancia de implementación obtenido en la etapa anterior (Tabla 16)

1. Aplicar medidas de conservación de los suelos o realizar prácticas que posibiliten mejorar la calidad de los suelos.
 - Capacitar a los técnicos y operarios vinculados a la actividad agrícola en temas relacionados con el uso racional de los suelos.
 - Prescindir al menos de la fertilización de fondo con fertilizantes de fórmula completa, aplicándose en su lugar fertilizantes que aporten solamente fuentes nitrogenadas.
 - Habilitar plazas de operarios directamente vinculados a la actividad agrícola para garantizar la atención a las áreas cultivables disponibles.
 - Aplicar materia orgánica cuando el suelo lo requiera para mantener contenidos superiores al 2% y contribuir al reciclaje de nutrientes.
2. Mayor aprovechamiento de la capacidad agroproductiva, a través de la rotación de los cultivos.

- Establecer un sistema de rotación de cultivos en función de las áreas cultivables disponibles y la ejecución de proyectos, para romper el ciclo biológico de las plagas y diversificar las producciones.
3. Dosificación adecuada de fertilizantes para el aumento del rendimiento de las capas de exportación.
 - Aplicar el fertilizante de acuerdo con el contenido de nutrientes en el suelo y los portadores que realmente necesiten las plantas para obtener rendimientos aceptables.
 4. Eliminar salideros en sistema de riego para evitar las pérdidas de agua.
 - Capacitar a los obreros relacionados con la actividad de riego en temas sobre el uso de la bomba.
 - Acoplar al sistema una tubería de retorno para aprovechar el agua y evitar de esta forma, las pérdidas por la presión y cantidad de m³.
 5. Ahorro de combustible por la electrificación del riego.
 - Brindar mantenimiento al sistema de riego eléctrico para contribuir al ahorro energético y del agua destinada a la actividad del riego.

Tabla 16. Plan de Acción.

Medida	Responsable	Fecha de inicio	Fecha de culminación	Recursos necesarios
Capacitar a los técnicos y operarios vinculados a la actividad agrícola en temas relacionados con el uso racional de los suelos.	Director	Junio	Julio	Recursos humanos y financieros

Prescindir al menos de la fertilización de fondo con fertilizantes de fórmula completa, aplicándose en su lugar fertilizantes que aporten solamente fuentes nitrogenadas.	Jefe de producción	de Julio	Septiembre	Fertilizantes de origen orgánico
Habilitar plazas de operarios directamente vinculados a la actividad agrícola para garantizar la atención a las áreas cultivables disponibles.	Director Recursos Humanos	de Julio	Julio	Recursos humanos y financieros
Aplicar materia orgánica cuando el suelo lo requiera para mantener contenidos superiores al 2% y contribuir al reciclaje de nutrientes.	Jefe de producción	de Agosto	Marzo	Recursos Humanos y Materia orgánica
Establecer un sistema de rotación de cultivos en función de las áreas cultivables disponibles y la ejecución de proyectos, para romper el ciclo biológico de las plagas y diversificar las producciones.	Jefe de Producción	de Enero	Diciembre	Recursos Humanos, semillas y materia orgánica
Aplicar el fertilizante de acuerdo con el contenido de nutrientes en el suelo y los	Jefe de producción	de Agosto	Marzo	Fertilizantes y recursos humanos

portadores que realmente necesiten las plantas para obtener rendimientos aceptables.				
Capacitar a los obreros relacionados con la actividad de riego en temas sobre el uso de la bomba.	Director	Junio	Julio	Recursos humanos y financieros.
Acoplar al sistema una tubería de retorno para aprovechar el agua y evitar de esta forma, las pérdidas por la presión y cantidad de m3.	Director	Enero	Diciembre	Recursos humanos y financieros
Brindar mantenimiento al sistema de riego eléctrico para contribuir al ahorro energético y del agua destinada a la actividad del riego.	Director	Agosto	Marzo	Recursos humanos y financieros

Fuente: (Elaboración propia)

3.7 Paso 7. Seguimiento, culminación y evaluación del ciclo

Una vez creado el plan de acción, se debe iniciar la fase de llevar a cabo las acciones. El grupo de PML debe supervisar que se sigan los planes por lo que se crea un plan de seguimiento:

- Realizar supervisiones y comprobar que las capacitaciones a los técnicos y operarios sean suficientes para lograr que estén totalmente capacitados en el tema.(100% de todos los talleres)
- Tomar muestras del suelo para realizar pruebas y comprobar que solo se usen fertilizantes que aporten fuentes nitrogenadas. (90% de las fertilizaciones en las diferentes etapas del proceso)

- Realizar un control estricto diariamente con los operarios que sean contratados para la actividad agrícola, verificando que estén totalmente capacitados para este trabajo, de no ser así, realizar capacitaciones y cursos prácticos para que tengan mejor preparación. (100% de las labores que realicen)
- Realizar pruebas al suelo para verificar que el nivel de materia orgánica sea el adecuado y que sobrepase el 2%.(100% de los proyectos cada 6 meses)
- Controlar y supervisar si se está realizando en las áreas de la Estación el sistema de rotación de cultivos.(100% de los proyectos)
- Hacer controles y supervisar para verificar si se cumple con una correcta fertilización y se incorpora los portadores necesarios para obtener el rendimiento esperado. (95% de las etapas o fases de fertilización)
- Chequear las capacitaciones de los obreros para la actividad del riego y comprobar que sean suficientes y que estén completamente preparados. (100% de las capacitaciones)
- Comprobar si se realiza el acoplamiento al sistema de riego de una tubería de retorno para el aprovechamiento del agua. (80% por tres meses)
- Verificar que se le está dando el mantenimiento necesario al sistema de riego eléctrico y que se establezca un tiempo de control semanal para el mismo. (90% de los días de riego y no riego)

3.8 Conclusiones Parciales

1. Con la aplicación del procedimiento de PML se determina el equipo de expertos, se conoce la situación actual de la entidad y las áreas de proyectos para la investigación.
2. El proceso de PML posibilitó identificar las oportunidades de mejora de PML, su orden de prioridad y alternativas.
3. Producto a la implementación del procedimiento de PML se logra un beneficio de 29351,92 \$/año.

Conclusiones

1. El diagnóstico de la situación ambiental de la Estación Experimental Cabaiguán arrojó que cuenta con 106 trabajadores, 35 operarios, 16 de servicio, 54 técnicos y 1 dirigente, y que la entidad en el cultivo de tabaco tiene problemas con la degradación de suelos, uso de fertilizantes químicos y sobreconsumo del agua.
2. El procedimiento de PML seleccionado para el cultivo de tabaco de la Estación Experimental Cabaiguán fue el de (Rojas, 2011), consta de siete pasos, inicio del ciclo, análisis de la situación actual, balance de materiales/análisis del proceso, definición de opciones de mejora, asignación de prioridad de las opciones, definición de planes de implementación y seguimiento, culminación y evaluación del ciclo todas ellas con un enfoque de ciclo.
3. Como resultados del procedimiento aplicado se identificaron las oportunidades de mejora de PML, su orden de prioridad y alternativas.
4. El análisis económico realizado muestra un beneficio de 29351.92 \$/año producto a la implementación del procedimiento de PML.

Recomendaciones

1. Continuar profundizando en el trabajo y realizar las prácticas correctas de PML.
2. Ampliar el estudio a los productores que tributan en la Estación Experimental Cabaiguán.

Bibliografía Citada

1. Abreu, Sh. (2006). Aspectos básicos de la Producción Más Limpia: Análisis del Flujo de Materiales. Paper presented at the Entrenamiento TOLLKIT para la certificación de consultores nacionales en PML de la ONUDI.
2. Blanco, L, Hernández, J, Benítez, O, & Quintana, G. (2012). Instructivo técnico para el cultivo del Tabaco en cuba. Artemisa: MINAG.
3. Borroto, N (2002). Gestión Energética Empresarial Universidad de Cienfuegos: Editorial Universidad de Cienfuegos.
4. Burgos, J, & Céspedes, J. (2005). Un análisis del contenido de la gestión ambiental de los establecimientos hoteleros. Universidad de Almería.
5. Cardona, M. (2012). Minimización de Residuos: una política de gestión ambiental empresarial.
6. CITMA. (2009). Sistema de Gestión Ambiental Empresarial. Cuba. Centro De Información, Gestión y Educación Ambiental.
7. Cortijo, D , Villar, L , & Espinosa, M et al. (2007). Guía para la implementación de Producción Más Limpia 96. <https://www.google.com/search?q=antecedentes+de+las+producciones+mas+limpias&ie=utf-8&oe=utf-8&client=firefox-b#q=guia+de+produccion+mas+limpia+peru>
8. Challenger, A, Bocco, G, Equihua, M, Chavero, E, & Maass, M. (2015). La aplicación del concepto del sistema socio-ecológico: alcances, posibilidades y limitaciones en la gestión ambiental de México. Investigación ambiental Ciencia y política pública, 6(2).
9. Dieguez, N. (2007). La prevención y minimización de residuos.
10. Espino, E (2017). [Consulta personal].
11. Garzón, López (2008). Análisis de una alternativa de producción más limpia que permita aprovechar los residuos grasos que generan los procesos de pasteurización y enfriamiento de la leche en la Empresa Friesland Lácteos Puracé de San Juan de Pasto. Universidad Tecnológica de Pereira. Retrieved from https://scholar.google.es/scholar?q=Diagn%C3%B3stico+de+prevenci%C3%B3n+de+la+contaminaci%C3%B3n+en+una+planta+procesadora+de+leche&btnG=&hl=es&as_sdt=0%2C5
12. Hurtado de Mendoza, S. (2012). Criterio de expertos.su procesamiento a través del método delphy http://www.ub.edu/histodidactica/index.php?option=com_content&view=article&id=21:criterio-de-expertos-su-procesamiento-a-traves-del-metodo-delphy&catid=11:metodologia-y-epistemologia&Itemid=103
13. Isaac, C, & Rodríguez, R (2012). Manual de Gestión Ambiental Organizacional. 1-252.
14. Lafargue, T, Reyes, O, & Crespo, H. (2012). Options cleaner production practices for the production of beer and alcohols in Santiago de Cuba
15. Linares, S. (2009). "Propuesta de un Procedimiento de Producciones Más Limpia en la Unidad Básica de Construcción y Montaje Especializado Villa Clara" Universidad Central de Las Villas.

16. Medel, F. (2010). Gestión ambiental aplicando el Cuadro de Mando Integral. Seminario Iberoamericano para el intercambio y la actualización en Gerencia del Conocimiento y la Tecnología para el desarrollo sustentable.
17. Montpellier, L. (2015). Diseño de un modelo de indicadores para el análisis del impacto ambiental de la tecnología de tabaco negro sol ensartado en las cpa tabacaleras.
18. ONUDI. (2009). V Reunión Regional del Consejo de Expertos de Gobierno en CPS para ALC. Red Latinoamericana de Producción más Limpia, 25.
19. ONUDI. (2015). Introducción a la Producción más Limpia. http://www.unido.org/fileadmin/import/71360_1Textbook.pdf
20. Rigola, M. (1998). "Cuadernos de Medio Ambiente"
21. Rodríguez, Y. (2010). Introducción de Opciones de Producción Más Limpia para el Mejoramiento de los Servicios Técnicos en el Hotel "Villa La Granjita". Universidad Central de las Villas.
22. Rojas, J. (2011). Siete Pasos para implementar la Producción Más Limpia en su Organización 1-3. <http://www.cegesti.org/manuales>.
23. Tobón, O, & Arango, C. (2007). Aplicación de la Metodología de Producciones Más Limpias. I.
24. Valerio, Ricardo, Durán, Olga, & Viquez, Aurelia. (2016). La Educación Ambiental y la gestión ambiental municipal en el Área de Conservación Cordillera Volcánica Central. *Biocenosis*, 18(1-2).
25. Vera, A, & Pacheco, P. (2007). Buenas prácticas de Producción Más Limpia en un poligráfico.
26. Villalón , A, Guzmán , E, Tamayo , J, & Armenteros , A. (2009). Potencialidades de la PML en áreas experimentales del Instituto de Investigaciones del Tabaco. 29.
27. Villalón, Ailyn (2010). La producción más limpia :herramienta para mejorar la eficiencia de las producciones y los servicios. 11, 66-70.
28. Villegas, C, & Marbel, L. (2015). Impacto del sistema de gestión ambiental a partir de las normas técnicas NTC ISO 14001 y NTC 9001 en las empresas del sector de hidrocarburos en Colombia. Universidad Militar Nueva Granada. Retrieved from <http://unimilitar-dspace.metabiblioteca.org/bitstream/10654/13566/1/LIDY%20CASALLAS%20VILLEGAS.pdf>
29. Vincent, A. (2001). ¿Que es Producción Más Limpia? . Retrieved from www.conep.org.pa/prodlimpia/templates.html.

Bibliografía

1. Abreu, Sh. (2006). Aspectos básicos de la Producción Más Limpia: Análisis del Flujo de Materiales. Paper presented at the Entrenamiento TOLLKIT para la certificación de consultores nacionales en PML de la ONUDI.
2. Allen, D, & T, S. (2002). Environmentally conscious design of chemical processes. Prentice Hall PTR. Estados Unidos.
3. Alonso, A, Castro, L, & Valdés, O. (2017). Contribución al enfrentamiento del cambio climático en Cuba desde la percepción del riesgo y la transferencia de tecnología. Anales de la Academia de Ciencias de Cuba.
4. American - Public , H. A. (1915). Standard methods for the examination of water and wastewater (Vol. 2): American Public Health Association.
5. Amozarrain, M. (1999). La gestión por procesos. Editorial Mondragón Corporación Cooperativa, España.
6. Barbería, M. (2007). Expediente presentado para optar por el otorgamiento del Reconocimiento Ambiental Nacional. 21.
7. Blanco, L, Hernández, J, Benítez, O, & Quintana, G. (2012). Instructivo técnico para el cultivo del Tabaco en cuba. Artemisa: MINAG.
8. Borroto, N (2002). Gestión Energética Empresarial Universidad de Cienfuegos: Editorial Universidad de Cienfuegos.
9. Burgos, J, & Céspedes, J. (2005). Un análisis del contenido de la gestión ambiental de los establecimientos hoteleros. Universidad de Almería.
10. Cabrera, I , Tomey, C , Fernández, M, & Ballester, G. (2016). Curso Electivo sobre Medio Ambiente y Salud. Educación Médica Superior, 30(4).

11. Cardona, M. (2012). Minimización de Residuos: una política de gestión ambiental empresarial.
12. Carménate, F. P, J. A, G, P. J (2010). Protección ambiental y producciones más limpia. Cuba.
13. Castillo. (2004). Manual de Buenas Prácticas para la Conservación del Medio Ambiente en instituciones turísticas ubicadas en ecosistemas costeros.
14. Castro, G., Oliveira. R., Sendic, M. (2002). Aplicación de un Reactor Discontinuo Secuencial (SBR) en el tratamiento de efluentes lácteos. XXVII Congreso Interamericano de Ingeniería Sanitaria e Ambiental. Brasil.
15. Cervantes, Y, Rodríguez, A, Pierra, A, Almaguer, Y, & Hans, G. (2017). Cambios en la geomorfología y el medio ambiente litoral asociados al dragado de los fondos marinos en Moa, Cuba. Minería & Geología, 33(1), 114-127.
16. Challenger, A, Bocco, G, Equihua, M, Chavero, E, & Maass, M. (2015). La aplicación del concepto del sistema socio-ecológico: alcances, posibilidades y limitaciones en la gestión ambiental de México. Investigación ambiental Ciencia y política pública, 6(2).
17. CITMA. (1998). Elementos metodológicos para la introducción de prácticas de Producción Más Limpia. Alternativas para el aprovechamiento económico de residuales. Cuba, Agencia de Medio Ambiente, Centro de Información y Divulgación.
18. CITMA. (2009). Sistema de Gestión Ambiental Empresarial. Cuba. Centro De Información, Gestión y Educación Ambiental.
19. Comisión, N. d. M. A. (1998). Guía para el Control y Prevención de la Contaminación Industrial. Santiago de Chile, Chile. Fabricación de Productos Lácteos.

20. Córdova , R (2003). Integración de la Gestión Ambiental en el proceso de Perfeccionamiento Empresarial. Paper presented at the Conferencia Científica Internacional de la Universidad de Holguín.
21. Cortijo, D, Villar, L , & Espinosa, M et al. (2007). GUÍA PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA 96. <https://www.google.com/search?q=antecedentes+de+las+producciones+mas+limpias&ie=utf-8&oe=utf-8&client=firefox-b#q=guia+de+produccion+mas+limpia+peru>
22. CPTS. (2005). Guía Técnica de Producciones Más Limpias.
23. Cuellar, V. (2005). Propuesta de diseño de un SGA ISO14001 para la Empresa Gráfica Sancti-Spíritus. Universidad de Matanzas “Camilo Cienfuegos”, Matanzas. Cuba.
24. Delgado , J. P. (2005). Sistemas Integrados de Gestión. ISO 9000 – ISO 14000– OHSAS 18000. Retrieved from Sistemas Integrados Gestión web site: [http://www monografía.com/Sistemas Integrados Gestión/20%/drt/](http://www.monografía.com/Sistemas_Integrados_Gestión/20%/drt/)
25. Deming , W. E. (1987). “Quality, productivity and competitive position”. Retrieved from Massachusetts Institute of Technology:
26. Díaz, M. (2011). Producciones más limpias y gestión ambiental en la producción de bioactivos y vitrofural en el centro de bioactivos químicos. Xxxi, 31-36.
27. Dieguez, N. (2007). La prevención y minimización de residuos.
28. Espino, E (2017). [Consulta personal].
29. Espinosa, A. (2012). La justicia ambiental, hacia la igualdad en el disfrute del derecho a un medio ambiente sano.
30. Espinosa, J. (2009). Propuesta de un Procedimiento de Producciones Más Limpias en la Unidad Básica de construcción y montaje Especializado Villa Clara. Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas.

31. F, Rafael Darío Muriel. (2006). GESTIÓN AMBIENTAL (pp. 1-8): Espacio de reflexión y comunicación en Desarrollo Sostenible.
32. Flores, R, & Reyes, L. (2016). Estudio Sobre La Percepciones y La Educación Ambiental.
33. Garzón, López (2008). Análisis de una alternativa de producción más limpia que permita aprovechar los residuos grasos que generan los procesos de pasteurización y enfriamiento de la leche en la Empresa Friesland Lácteos Puracé de San Juan de Pasto. Universidad Tecnológica de Pereira. Retrieved from https://scholar.google.es/scholar?q=Diagn%C3%B3stico+de+prevenci%C3%B3n+de+la+contaminaci%C3%B3n+en+una+planta+procesadora+d+e+leche&btnG=&hl=es&as_sdt=0%2C5
34. González, C. (2005). La introducción de conceptos de producción más limpia en la actividad regulatoria.
35. Gutiérrez, O, Massiel, A, & Pérez P, Saúl N. (2015). Desarrollo de un sistema de seguridad industrial (manual de higiene y seguridad industrial) en la tabacalera Puros de Estelí Nicaragua SA, PENSA. Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, Managua. Retrieved from <http://repositorio.unan.edu.ni/2006/1/16422.pdf>
36. Hernández T, Vivian. (2000). Legislación ambiental cubana ¿ un enfoque sistémico. Revista Jurídica(1).
37. Herrera, Y. (2014). Diagnóstico de la auditoría de marketing en la empresa comercializadora de tabaco en Rama “La Vega”. La Habana, Cuba. Observatorio de la Economía Latinoamericana(202).
38. Hurtado de Mendoza, S. (2012). Criterio de expertos, su procesamiento a través del Método Delphy. http://www.ub.edu/histodidactica/index.php?option=com_content&view=article&id=21:criterio-de-expertos-su-procesamiento-a-traves-del-metodo-delphy&catid=11:metodologia-y-epistemologia&Itemid=103

39. Isaac, C, & Rodríguez, R (2012). Manual de Gestión Ambiental Organizacional. 1-252.
40. Lafargue, T, Reyes, O, & Crespo, H. (2012). Options cleaner production practices for the production of beer and alcohols in Santiago de Cuba
41. Li, Chunshan , Zhang, Xiangping, Zhang, Suojiang, & Suzuki, Kenzi. (2009). Environmentally conscious design of chemical processes and products: Multi-optimization method. Chemical engineering research and design, 87(2), 233-243.
42. Linares, S. (2009). "Propuesta de un Procedimiento de Producciones Más Limpias en la Unidad Básica de Construcción y Montaje Especializado Villa Clara" Universidad Central de Las Villas.
43. Medel, F. (2010). Gestión ambiental aplicando el Cuadro de Mando Integral. Seminario Iberoamericano para el intercambio y la actualización en Gerencia del Conocimiento y la Tecnología para el desarrollo sustentable.
44. Montpellier, L. (2015). Diseño de un modelo de indicadores para el análisis del impacto ambiental de la tecnología de tabaco negro sol ensartado en las CPA tabacaleras.
45. Moreira, A. (2015). Implementación del sistema de gestión de prevención de riesgos laborales de Tabacalera La Meca SA" TABAMESA" según requisitos técnicos legales del SART. Universidad de Guayaquil, Facultad de Ingeniería Industrial. Retrieved from <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/14603/1/TESIS%20ADRIAN%20MOREIRA.pdf>
46. OCHOA, P. (2007). Las Producciones Más Limpias en la gestión empresarial. Cuba. Cienfuegos: Centro de Estudios de Energía y Medio Ambiente, Universidad de Cienfuegos, Cuba.
47. ONUDI. (2009). V Reunión Regional del Consejo de Expertos de Gobierno en CPS para ALC. Red Latinoamericana de Producción más Limpia, 25.

48. ONUDI. (2015). Introducción a la Producción Más Limpia. http://www.unido.org/fileadmin/import/71360_1Textbook.pdf
49. Pérez, R, & Bejarano, A. (2013). Sistema de gestión ambiental: Serie ISO 14000. Revista EAN(62), 89-106.
50. Pitty, A. (2001). Incentivos económicos ambientales para el desarrollo de la producción más limpia y la adecuación de las empresas hacia procesos productivos menos contaminantes. Retrieved from www.irgltd.com/Publications/LAC/Incentivos
51. Plaza, G, Tejerina, W, & Pacheco, O. (2014). Gestión de residuos en una planta de preindustrialización de la hoja de tabaco en rosario de lerma, salta.
52. Prévex, L. (2006). Aspectos básicos de la Producción más Limpia en el sector agroindustrial. Paper presented at the Entrenamiento TOLLKIT para la certificación de consultores nacionales en PML de la ONUDI.
53. Prieto, Leida F. (2012). Cuba agrícola: mito y tradición (1878-1920) (Vol. 52): Editorial CSIC-CSIC Press.
54. Ramis, E. (2008). Legislación sobre la protección de los suelos. Paper presented at the Conservación y mejoramiento de suelos para el cultivo del tabaco.
55. Rigola, M. (1998). "Cuadernos de Medio Ambiente"
56. Rodríguez, Y. (2010). Introducción de Opciones de Producción Más Limpia para el Mejoramiento de los Servicios Técnicos en el Hotel "Villa La Granjita". Universidad Central de las Villas.
57. Rojas, J. (2011). Siete Pasos para implementar la Producción más Limpia en su Organización 1-3. <http://www.cegesti.org/manuales>.
58. Saldaña, G, & Augusto, L. (2015). Diagnóstico y propuesta de un sistema de gestión ambiental según la norma ISO 14001: 2004 para mejorar el desempeño ambiental de la empresa metal sur del Perú eirl-la libertad-2014.

59. Sánchez, A. (2016). Implementación de la auditoría pública para construir empresas amigables con el medio ambiente en Cuba. *Ambiente Jurídico*(19), 89-105.
60. Serrano, J.H; B.I Tortosa; C.C Terry; M. Abó; C.L Menéndez, L. Prévex; J.S. González et al. (2007). Protección ambiental y Producción Más Limpia. Paper presented at the Hacia un consumo sustentable.
61. Terry, C. (2005). Enfoque actual de las iniciativas en producción más limpia y sus proyecciones en el ámbito nacional *Revista electrónica de la Agencia de Medio Ambiente*.
62. Tobón, O, & Arango, C. (2007). Aplicación de la Metodología de Producciones Más Limpias. I.
63. Torres, S. (2009). Producción Más Limpia. http://www.icesi.edu.co/blogs/bitacorapml200902/files/2009/10/pml_02_2009_02.pdf
64. Uribe, Rafael Pérez, & Bejarano, Alexander. (2013). Sistema de gestión ambiental: Serie ISO 14000. *Revista EAN*(62), 89-106.
65. Uron, Lester Charles. (1986). *Petroleum production engineering*.
66. Valerio, Ricardo, Durán, Olga, & Viquez, Aurelia. (2016). La Educación Ambiental y la gestión ambiental municipal en el Área de Conservación Cordillera Volcánica Central. *Biocenosis*, 18(1-2).
67. Vera, A, & Pacheco, P. (2007). Buenas prácticas de Producción Más Limpia en un poligráfico.
68. Villalón, Ailyn (2010). La Producción Más Limpia :herramienta para mejorar la eficiencia de las producciones y los servicios. 11, 66-70.
69. Villalón, A, Guzmán , E, Tamayo , J, &Armenteros , A. (2009). Potencialidades de la PML en áreas experimentales del Instituto de Investigaciones del Tabaco. 29.

70. Villegas, C, & Marbel, L. (2015). Impacto del sistema de gestión ambiental a partir de las normas técnicas NTC ISO 14001 y NTC 9001 en las empresas del sector de hidrocarburos en Colombia. Universidad Militar Nueva Granada. Retrieved from [http://unimilitar-dspace.metabiblioteca.org/bitstream/10654/13566/1/LIDY%20CASALLA S%20VILLEGAS.pdf](http://unimilitar-dspace.metabiblioteca.org/bitstream/10654/13566/1/LIDY%20CASALLA%20VILLEGAS.pdf)
71. Vincent, A. (2001). ¿Que es Producción Más Limpia? .Retrieved from www.conep.org.pa/prodlimpia/templates.html.
72. Zabala, I, & García, M. (2016). Historia de la Educación Ambiental desde su discusión y análisis en los congresos internacionales. REVISTAS DE INVESTIGACIÓN, 32(63).

Anexos

Anexo 1 Análisis de documentos

Objetivo: Obtener información sobre la gestión ambiental de la entidad

Indicadores

Inclusión de la dimensión ambiental en los documentos de la empresa

Evidencias de buenas prácticas,

Señalamientos o no conformidades desde el punto de vista de la gestión ambiental en auditorías o inspecciones realizadas a la entidad.

Anexo 2 Demandas de TABACUBA

No	DEMANDAS	BREVE DESCRIPCIÓN
1	Significativas pérdidas anuales en la producción Tabacalera por ataque de la enfermedad <i>Phytophthoranicotianae</i> .	Este es uno de los problemas más graves que tiene la producción del tabaco en el país, pudiéndose estimar las pérdidas anuales entre un 10-20% del área plantada.
2	Afectación por manchas verdes que invalidan las hojas del tabaco para capas de exportación.	En varias zonas productoras de capas de exportación y principalmente en P. del Río hay serias afectaciones que según los directivos y productores dicen que más del 50% de la producción está afectada por esta mancha.
3	Tecnologías de producción de posturas tanto por sistema tecnificado como en bandeja flotante y aéreo.	Deficiencias en la producción de posturas dados por problemas con la calidad de la semilla, substratos, tipos de bandeja, diseño de túneles, uso del sistema aéreo etc.
4	Tecnologías para la desinfección de los semilleros.	Los productos que actualmente se están usando presentan mucha complejidad en su aplicación y deficiencias técnicas en el control.
5	Tecnologías de producción de capas de exportación y consumo tanto para la producción de tabaco habano como para el mecanizado que incrementen los rendimientos y abaraten los costos.	Sigue siendo insegura y muy costosa la producción de capas, hay déficit de esta producción, hay experiencias internacionales con otras tecnologías que producen capas al sol.

6	Afectaciones en la producción por el impacto del cambio climático	Grandes daños y afectaciones a las cosechas por intensas sequías o intensas lluvias, incremento de la temperatura y sus efectos asociados y corrimiento de las estaciones. Condiciones agroclimáticas muy variables y atípicas.
7	Carencias de tecnologías que incluyan nuevas fuentes de energía para el proceso de curación controlada tanto en el Virginia como en el tabaco tapado (gas, solar, leña) cura semicontrolada , etc.	Altos consumos de Diesel y tecnologías poco eficiente, el índice de consumo actual de Diesel /cuje esta próximo al lt/cuje y el precio del litro al productor esta a 8 CUP.
8	Altos costos de los fertilizantes químicos, estrategias de fertilización para la doble hilera y para los tabacos del centro y oriente del país.	Existen criterios en los productores de la necesidad de incrementar las dosis de fertilizantes en la tecnología de doble hilera, se trabaja por diferentes criterios técnicos en las diferentes zonas productoras, no hay estudios de recomendaciones según agroquímico en el centro y oriente del país, se han orientado diferentes estrategias incluidas las de los rangos de rendimientos etc.
9	Nuevas variedades o métodos químicos y fitotécnicos para contrarrestar la amenaza de las plagas y enfermedades conocidas y que puedan aparecer (hongos, virus, bacterias, Orobancha, insectos, etc.).	Continúan apareciendo en el país u otros países de la región nuevas plagas y enfermedades que afectan la producción. Poner el ejemplo de la Erwinia y sus daños en Artemisa y Pinardel Río.
10	Los problemas de la situación de los suelos (erosión, PH, bajos contenidos de materia orgánica, desequilibrio nutricional, etc.).	Existen muchas zonas tabacaleras con problemas en algunos de estos aspectos y consideran que sus bajos resultados están asociados a esta situación.
11	Disminuir la presencia de residuales químicos en el tabaco. (Producciones más Limpias).	Esta representa una alta amenaza para el mantenimiento de nuestro tabaco en los mercados elites y su prestigio mundial. Sé plantea que los productos que usamos no todos responden a lo que queremos.
12	Las empresas mixtas ICT y Brascuba con tabacos con características según sus objetivos productivos diferentes a las que usan actualmente.	Hay una lata demanda de un tipo de capa para la marca Monte Cristo de tabaco mecanizado e igualmente cigarros Brascuba con un Virginia alto en nicotina. Ambos piden ver la posibilidad de variedades u otras prácticas de obtener esas materias primas a menor costo.

13	Tecnologías foráneas (muchas de ellas de bajo costo) para sustituir recursos e importaciones, tales como el cuje, el hilo de ensarte, los materiales de construcción de las casas de curación etc.	En visitas realizadas al extranjero por diferentes funcionarios y especialistas, explican que hay muchas tecnologías tanto agrícola, pre industrial que debemos estudiar para proponer su introducción.
----	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Anexo 3 Método de expertos

En este método la selección de los expertos se realiza mediante la aplicación de un procedimiento cuyas etapas se describen a continuación:

1. Elaboración de una lista de candidatos a expertos que cumplan con los requisitos necesarios para el estudio.

Teniendo en consideración estos requisitos se reúnen un conjunto de candidatos que se ubican en una tabla como la que se muestra a continuación.

No.	Nombre	Ocupación	Años de experiencia	Especialidad

2. Determinación del coeficiente de competencia de cada candidato.

Es un método de autoevaluación totalmente anónimo. Se aplica un instrumento, en el cual el candidato expresa el grado de conocimiento sobre el tema y las fuentes de dicho conocimiento, que se explica a continuación.

Encuesta

1-Marque con una (x), en una escala creciente del 1 al 10, el valor que se corresponde con el grado de conocimiento o información que tiene sobre el tema.

Nombre del experto	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

2- Marque con una (x), en nivel que usted cree que corresponde a cada uno de los aspectos reflejados en la tabla siguiente:

No.	Fuentes de argumentación	Escala por niveles		
		Alto	Medio	Bajo
1	Análisis teóricos realizados por usted			
2	Experiencia práctica			
3	Estudio de investigaciones de autores nacionales			
4	Estudio de investigaciones de autores extranjeros			
5	Su conocimiento del estado en el extranjero			
6	Intuición			

Con la primera pregunta de la encuesta se determina K_a y con la segunda K_c , ya con el valor de estos coeficientes se pasa a calcular K_{comp} . En el procesamiento se calcula el coeficiente de competencia de la siguiente forma:

$$K_{comp} = \frac{1}{2} x (K_c + K_a)$$

Donde:

K_{comp} : Coeficiente de competencia.

K_c : Coeficiente de conocimiento: resulta del promedio de los valores que cada candidato le otorga a cada una de las preguntas, según el conocimiento que considere tenga al respecto.

K_a : Coeficiente de argumentación: es el resultado de la suma de los valores del grado de influencia de cada una de las fuentes de argumentación. [$K_a = \sum n$]

Para determinar los valores de K_a se tiene en cuenta la tabla que utiliza (Hurtado de Mendoza, 2012), la que se presenta a continuación:

No.	Fuentes de argumentación	Escala por niveles		
		Alto	Medio	Bajo
1	Análisis teóricos realizados por usted	0,3	0,2	0,1
2	Experiencia práctica	0,5	0,4	0,2
3	Estudio de investigaciones de autores	0,05	0,05	0,05

	nacionales			
4	Estudio de investigaciones de autores extranjeros	0,05	0,05	0,05
5	Su conocimiento del estado en el extranjero	0,05	0,05	0,05
6	Intuición	0,05	0,05	0,05

3- Selección de los expertos

Para seleccionar los expertos se toman los siguientes criterios:

Competencia del experto Alta (A): si $K_{comp.} > 0,8$

Competencia del experto Media (M): si $0,5 < K_{comp.} \leq 0,8$

Competencia del experto Baja (B): si $K_{comp.} \leq 0,5$

Lo anterior se combina con el cálculo del número de expertos necesarios para el análisis, a través de la expresión siguiente:

$$M = \frac{p * (1 - p) * K}{i^2}$$

De acuerdo con el número de expertos resultante del cálculo, se seleccionan aquellos de mayor competencia según el K_{comp} determinado en el paso 2, con la encuesta.

Anexo 4 Selección del equipo de expertos

Selección del equipo de expertos

1. Elaboración de una lista de candidatos a expertos que cumplan con los requisitos necesarios para el estudio.

No.	Ocupación	Años de experiencia
1	Director	21
2	Especialista de Medio ambiente	10
3	Especialista ciencia y técnica	12
4	Especialista Principal	14

5	Especialista en suelos	15
6	Especialista de Recursos Humanos	7
7	Investigador Departamento Genética	17
8	Investigador Departamento Genética	14
9	Investigador Departamento Fitotecnia	4
10	Auxiliar de producción	20
11	Técnico	17
12	Técnico	19

2. Determinación del coeficiente de competencia de cada candidato.

Para la determinación de este coeficiente se emplea un método de autoevaluación totalmente anónimo. Se aplica una encuesta a cada uno de los candidatos, en la que expresa el grado de conocimiento sobre el tema y las fuentes de dicho conocimiento, los resultados obtenidos se detallan a continuación.

Encuestas

1-Marque con una (x), en una escala creciente del 1 al 10, el valor que se corresponde con el grado de conocimiento o información que tiene sobre el tema.

No.	Ocupación del candidato	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Director										x
2	Especialista de Medio ambiente									x	
3	Especialista ciencia y técnica								x		
4	Especialista Principal									x	
5	Especialista en suelos								x		

6	Especialista de Recursos Humanos					x				
7	Investigador Genética Departamento									x
8	Investigador Genética Departamento									x
9	Investigador Fitotecnia Departamento							x		
10	Auxiliar de producción						x			
11	Técnico			X						
12	Técnico					x				

2- Marque con una (x), en nivel que usted cree que corresponde a cada uno de los aspectos reflejados en la tabla siguiente:

Director

No.	Fuentes de argumentación	Escala por niveles		
		Alto	Medio	Bajo
1	Análisis teóricos realizados por usted	x		
2	Experiencia práctica	x		
3	Estudio de investigaciones de autores nacionales	x		
4	Estudio de investigaciones de autores extranjeros	x		
5	Su conocimiento del estado del problema en el extranjero	x		
6	Intuición		x	

Especialista de Medio ambiente

No.	Fuentes de argumentación	Escala por niveles		
		Alto	Medio	Bajo
1	Análisis teóricos realizados por usted		x	
2	Experiencia práctica	x		
3	Estudio de investigaciones de autores nacionales	x		
4	Estudio de investigaciones de autores extranjeros		x	
5	Su conocimiento del estado del problema en el extranjero		x	
6	Intuición		x	

Especialista ciencia y técnica

No.	Fuentes de argumentación	Escala por niveles		
		Alto	Medio	Bajo
1	Análisis teóricos realizados por usted		x	
2	Experiencia práctica		x	
3	Estudio de investigaciones de autores nacionales	x		
4	Estudio de investigaciones de autores extranjeros		x	
5	Su conocimiento del estado del problema en el extranjero		x	
6	Intuición		x	

Especialista Principal

No.	Fuentes de argumentación	Escala por niveles		
		Alto	Medio	Bajo
1	Análisis teóricos realizados por usted	x		
2	Experiencia práctica	x		
3	Estudio de investigaciones de autores nacionales		x	
4	Estudio de investigaciones de autores extranjeros		x	
5	Su conocimiento del estado del problema en el extranjero	x		
6	Intuición		x	

Especialista en suelos

No.	Fuentes de argumentación	Escala por niveles		
		Alto	Medio	Bajo
1	Análisis teóricos realizados por usted	x		
2	Experiencia práctica	x		
3	Estudio de investigaciones de autores nacionales	x		
4	Estudio de investigaciones de autores extranjeros		x	
5	Su conocimiento del estado del problema en el extranjero		x	
6	Intuición		x	

Especialista de Recursos Humanos

No.	Fuentes de argumentación	Escala por niveles		
		Alto	Medio	Bajo

1	Análisis teóricos realizados por usted		x	
2	Experiencia práctica		x	
3	Estudio de investigaciones de autores nacionales		x	
4	Estudio de investigaciones de autores extranjeros		x	
5	Su conocimiento del estado del problema en el extranjero			x
6	Intuición			x

Investigador Departamento Genética

No.	Fuentes de argumentación	Escala por niveles		
		Alto	Medio	Bajo
1	Análisis teóricos realizados por usted	x		
2	Experiencia práctica	x		
3	Estudio de investigaciones de autores nacionales	x		
4	Estudio de investigaciones de autores extranjeros	x		
5	Su conocimiento del estado del problema en el extranjero		x	
6	Intuición		x	

Investigador Departamento Genética

No.	Fuentes de argumentación	Escala por niveles		
		Alto	Medio	Bajo
1	Análisis teóricos realizados por usted	x		
2	Experiencia práctica	x		

3	Estudio de investigaciones de autores nacionales	x		
4	Estudio de investigaciones de autores extranjeros	x		
5	Su conocimiento del estado del problema en el extranjero		x	
6	Intuición			x

Investigador Departamento Fitotecnia

No.	Fuentes de argumentación	Escala por niveles		
		Alto	Medio	Bajo
1	Análisis teóricos realizados por usted	x		
2	Experiencia práctica	x		
3	Estudio de investigaciones de autores nacionales	x		
4	Estudio de investigaciones de autores extranjeros		x	
5	Su conocimiento del estado del problema en el extranjero		x	
6	Intuición		x	

Auxiliar de producción

No.	Fuentes de argumentación	Escala por niveles		
		Alto	Medio	Bajo
1	Análisis teóricos realizados por usted		x	
2	Experiencia práctica		x	
3	Estudio de investigaciones de autores nacionales			x
4	Estudio de investigaciones de autores extranjeros			x

5	Su conocimiento del estado del problema en el extranjero			x
6	Intuición			x

Técnico

No.	Fuentes de argumentación	Escala por niveles		
		Alto	Medio	Bajo
1	Análisis teóricos realizados por usted			x
2	Experiencia práctica			x
3	Estudio de investigaciones de autores nacionales			x
4	Estudio de investigaciones de autores extranjeros			x
5	Su conocimiento del estado del problema en el extranjero			x
6	Intuición		x	

Técnico

No.	Fuentes de argumentación	Escala por niveles		
		Alto	Medio	Bajo
1	Análisis teóricos realizados por usted			x
2	Experiencia práctica		x	
3	Estudio de investigaciones de autores nacionales			x
4	Estudio de investigaciones de autores extranjeros			x
5	Su conocimiento del estado del problema en el extranjero			x
6	Intuición			x

Resumen de los coeficientes de competencia para la selección de los expertos

No.	Coeficiente de conocimiento	Coeficiente de argumentación	Coeficiente de competencia	Nivel de competencia
1	1	1	1	Alto
2	0,9	0,9	0,9	Alto
3	0,8	0,8	0,8	Medio
4	0,9	1	0,95	Alto
5	0,8	1	0,9	Alto
6	0,5	0,8	0,65	Medio
7	1	1	1	Alto
8	1	1	1	Alto
9	0,8	1	0,9	Alto
10	0,6	0,8	0,7	Medio
11	0,3	0,5	0,4	Bajo
12	0,4	0,7	0,55	Medio

3- Selección de los expertos

Para esto se efectúa el cálculo correspondiente a través de la fórmula siguiente:

K – Constante cuyo valor está asociado al nivel de confianza elegido, los valores se ofrecen a continuación:

Nivel de confianza (%) Valor de K

99

6,6564

95 3,8416

90 2,6896

$K = 3,8416$ para $\infty = 0,05\%$ (Nivel de significación)

i – nivel de precisión deseado, varía de (0,005 – 0,1)

$i = 0,1$

$P = 0,02$ (proporción estimada de errores de los expertos)

$$M = \frac{p * (1 - p) * K}{i^2}$$

$$M = \frac{0,02 * (1 - 0,02) * 3,8416}{0,1^2}$$

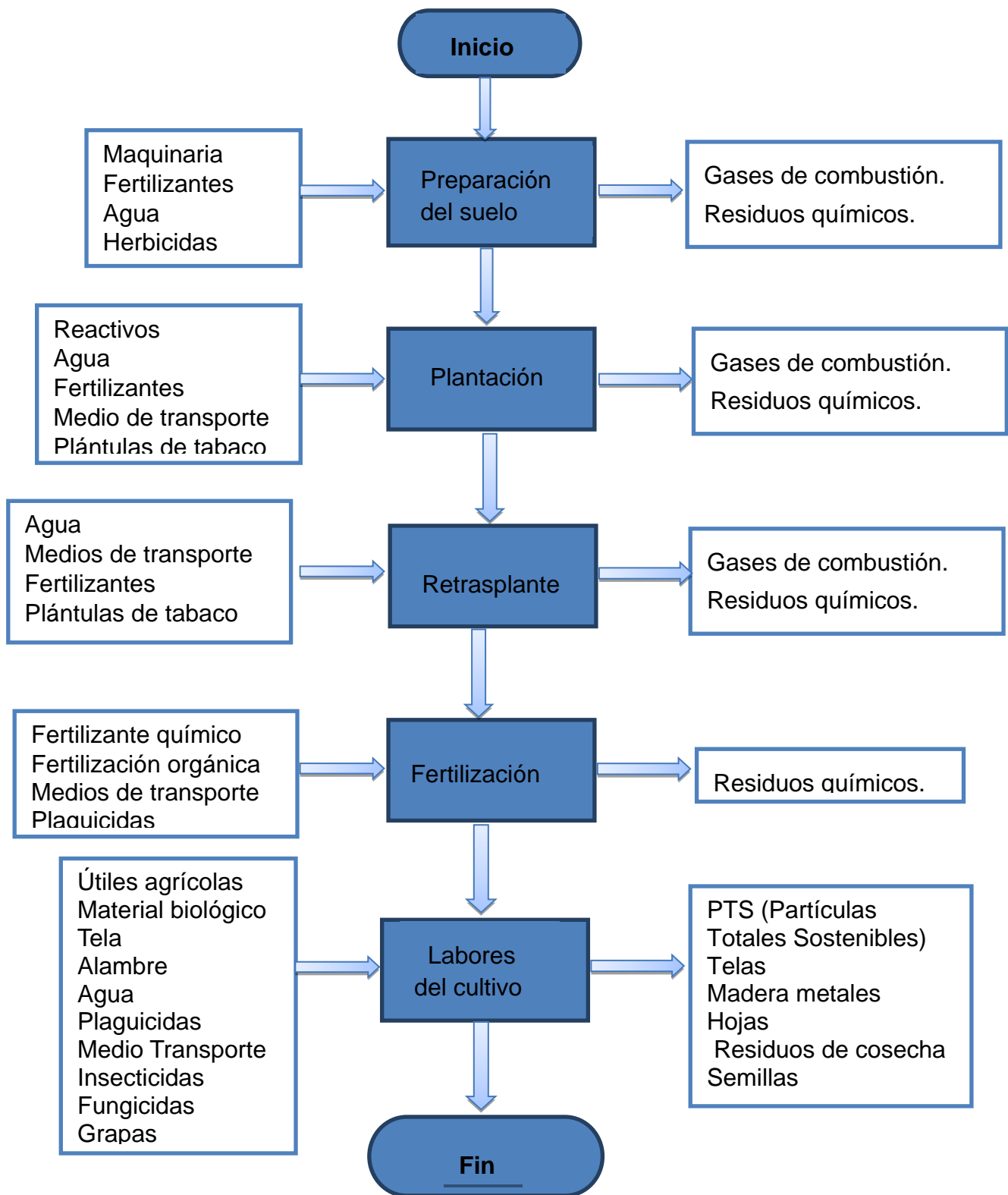
$$M = 7,529 \approx 8 \text{ expertos}$$

Para el equipo de trabajo se debe contar con ocho expertos. Tomando en consideración estos requisitos y las personas que tienen mayor coeficiente de competencia, se seleccionan los candidatos que se muestran en la tabla siguiente:

Ocupación	Años de experiencia
Director	21
Especialista de medio ambiente	10
Especialista principal	14
Especialista en suelos	15
Investigador del departamento de genética	17
Investigador del departamento de genética	14
Investigador del departamento	4

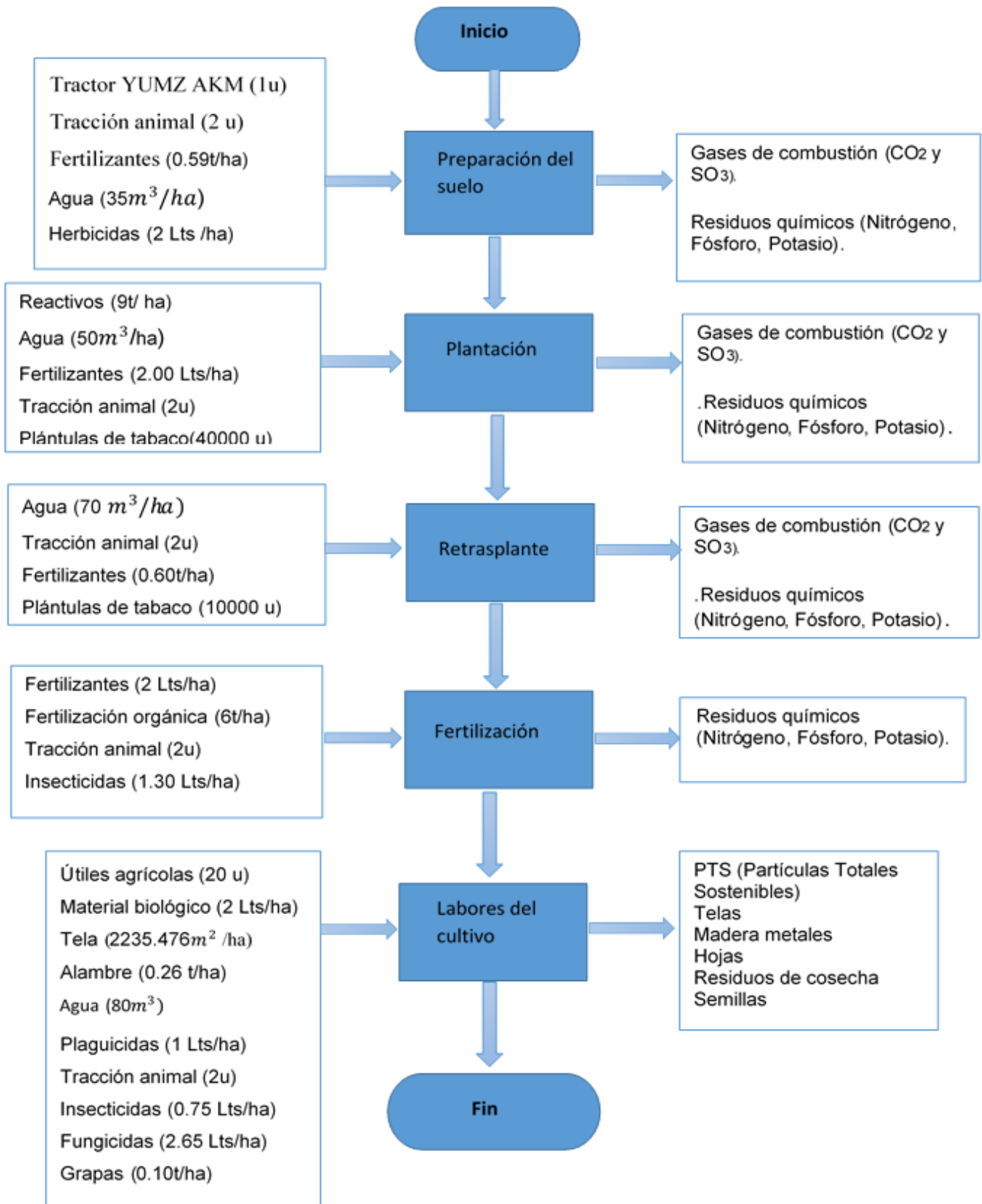
de fitotecnia	
Auxiliar de producción	20

Anexo 5 Diagrama de flujo de caja negra del proceso de tabaco tapado



Fuente: (Elaboración propia)

Anexo 6 Diagrama de flujo de caja negra del proceso de tabaco tapado con cantidades



Fuente:(Elaboración propia)