



UNIVERSIDAD DE SANCTI SPÍRITUS

"JOSÉ MARTÍ PÉREZ"

FACULTAD DE CIENCIAS

AGROPECUARIAS

DEPARTAMENTO DE AGRONOMÍA

TRABAJO DE DIPLOMA

TÍTULO: Propuesta de acciones agronómicas y medioambientales para el manejo de la paja de arroz en la Empresa Agroindustrial de Granos Sur del Jíbaro.

AUTOR: Andres Valdivia Dartayet.

ORIENTADOR CIENTÍFICO: Lic. Alexis R. Zedeño Valmaseda

2015

"AÑO 57 DE LA REVOLUCIÓN"

SÍNTESIS

El presente trabajo se desarrolló en la Empresa Agroindustrial de Granos Sur del Jíbaro ubicada en el municipio La Sierpe de la provincia Sancti Spíritus, con el objetivo de elaborar una propuesta de acciones medioambientales y agronómicas para el manejo de la paja de arroz en dicha entidad. Para su elaboración se realizó una revisión teórica de las principales afectaciones que tiene la paja de arroz para el medio, así como las afectaciones que causa al cultivo su no incorporación, se realizaron muestreos en los tres polos productivos con los que cuenta la empresa para determinar los volúmenes aproximado de paja que se producen anualmente, de los cuales se calculó un índice de paja producido por hectáreas (ha) sembradas en los pasados cinco años y las proyecciones para los próximos cinco, además se aplicaron encuestas, se consultaron especialistas y se recopilaron datos en la dirección de economía, lo que posibilitó realizar un diagnóstico preliminar sobre las producciones y destinos de este desecho. Los instrumentos aplicados nos permitieron conocer que anualmente se producen entre 20000 y 80000 ton de paja de arroz de los cuales el 80% se incorporan al suelo, las cuales emiten alrededor de 145303.13 kg/ha de gas metano, lo cual afecta considerablemente el medio. Se elaboró una propuesta de acciones que permitirá minimizar los efectos de este manejo inadecuado.

SYNTHESIS

The following work was developed at Sur del Jíbaro's Grains Company of located in La Sierpe Municipality belonging to Sancti Spíritus province, with the objective of elaborating a proposal of environmental and agronomic actions for the handling of the straw of rice in this entity. For their elaboration it was carried out a theoretical revision of the main affectations that has the straw of rice for the environment, as well as the affectations that it causes to the cultivation their non incorporation, were carried out samplings in the three productive poles with those that it counts the company to determine the approached volumes of straw that is produced annually, of which a straw index was calculated by produced sown hectare in the past five years and the projections for the next ones five, surveys were also applied, specialists were consulted and data were gathered in the address of economy, what facilitated to carry out a preliminary diagnosis on the productions and destinations of this leftovers. The applied instruments allowed us to know that annually it is produced between 20000 and 80000 rhyme of straw of rice of which 80% incorporates to the soil, which emit around 145303.13 kg/ha of gas methane, that which affects the environment considerably. A proposal of actions was elaborated that it will allow to minimize the effects of this inadequate handling.

| ÍNDICE | Pág |
|--|------------|
| INTRODUCCIÓN | 8 |
| CAPÍTULO I. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA | 10 |
| 1.1 La quema de la paja de arroz | 11 |
| 1.2 Incorporación directa de la paja | 13 |
| 1.3 La paja de arroz como compost | 14 |
| 1.4 Efecto de la retirada de la paja en las demandas de nutrientes del suelo | 14 |
| 1.5 Extracción y aprovechamiento de la paja de arroz | 15 |
| 1.6 Soluciones para el aprovechamiento de la paja de arroz | 15 |
| CAPÍTULO II. MATERIALES Y MÉTODOS | 20 |
| 2.1 Ubicación Geográfica | 20 |
| 2.2 Diseño de la investigación | 20 |
| 2.3 Descripción del muestreo | 22 |
| 2.4 Análisis Estadístico | 24 |
| CAPÍTULO III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN | 25 |
| 3.1 Metodología utilizada | 25 |
| 3.2 Formación del equipo de trabajo | 26 |
| 3.3 Recopilación de datos sobre la organización | 26 |
| 3.4 Resultados del Diagnóstico Ambiental | 27 |
| 3.5 Recopilación de datos | 27 |
| 3.6 Resultados de la encuesta | 29 |
| 3.7 Calculo de los volúmenes de paja producida y proyecciones para los próximos cinco años | 31 |
| 3.8 Emisiones de gas metano (CH ₄) por incorporación de la paja de arroz | 34 |
| 3.9 Efectos sobre el rendimiento de la paja de arroz | 37 |
| 3.10 Propuesta de acciones para el manejo de la paja en la Empresa Agroindustrial de Granos Sur del Jíbaro | 38 |
| 3.11 Análisis estadístico | 40 |
| Conclusiones | 41 |
| Recomendaciones | 42 |
| Bibliografía | 43 |
| Anexos | 46 |

PENSAMIENTO

“La tierra produce sin cesar, si los que viven en ella quieren librarse de miseria, cultívenla de forma tal que en toda época produzca más de lo necesario para vivir”.

José Martí

DEDICATORIA:

- ❖ A quienes me guiaron mis primeros pasos en la vida, y me enseñaron a ser discreto, pero valiente, y quienes hoy no están físicamente, pero que viven y vivirán en mi corazón, mis abuelos Elia y Florencio.
- ❖ A mis padres, en especial a mi madre por estar siempre a mi lado en los momentos buenos y difíciles y enseñarme a que esforzarme es un logro necesario para la vida.
- ❖ A mi esposa, por su amor y dedicación, por ser la principal motivación para continuar mis pasos y luchar por ese ideal.
- ❖ A mi familia más cercana que siempre ha estado a mi lado y de una forma u otra me han guiado para poder lograr la meta alcanzada.
- ❖ A Olguita, El Chino y mi cuñada Daniela por darme apoyo cuando más lo necesité.
- ❖ A todos mis compañeros los cuales me apoyaron de forma incondicional.
- ❖ A todos los profesores que me impartieron sus conocimientos a lo largo de tantos años de estudios.

AGRADEZCO

A todas las personas que contribuyeron con sus conocimientos, habilidades y experiencias a la elaboración de este trabajo. **Especialmente:**

- ❖ A mi tutor Alexis R Zedeño Valmaseda por su ayuda y su confianza.
- ❖ A mi madre porque soy parte de sus preocupaciones.
- ❖ A mi esposa por su esmero y colaboración.
- ❖ A todos los que un día me brindaron su mano y me dijeron tómala en ella encontrarás el apoyo que necesitas para continuar.
- ❖ A Leonel y Osmani, dos compañeros que me ayudaron con el presente trabajo y se los agradeceré de forma incondicional.

INTRODUCCIÓN

Después de la cosecha del arroz quedan en el campo restos de tallos y hojas principalmente a los que comúnmente se les denomina paja. Estos restos incorporados al suelo aportan elementos nutritivos que son asimilados por la planta durante el próximo período, sin embargo este proceso de descomposición de la paja emite grandes volúmenes de gases contaminantes a la atmósfera lo cual ha llamado la atención sobre el peligro que representa para el medio ambiente.

La Empresa Agroindustrial de Granos Sur del Jíbaro ubicada en la provincia de Sancti Spíritus, es una de las más productoras de arroz (*Oryza sativa*) en el país y cada año se producen volúmenes considerables de paja los cuales aprovechados eficientemente pudieran favorecer el buen desarrollo del cultivo, una reducción de los efectos ambientales negativos de la misma y un aprovechamiento energético favorable por sus potencialidades para ser utilizada como biogás.

La empresa tiene una extensión de 83 875 hectáreas, de las cuales 27 217 ha, se dedican al cultivo del arroz, (*Oryza sativa*) 20 130 ha a la ganadería y 2 050 ha a los cultivos varios. El resto es superficie no agrícola, entre ellas canales de riego, viales e instalaciones. Los principales macizos arroceros están ubicados en tres regiones fundamentales. El primer macizo de arroz se ubica al sureste de los poblados de Mapos y Natividad, el segundo se extiende desde el poblado de Peralejo hasta El Jíbaro, por la parte Sur de los mismos y llega aproximadamente hasta el litoral costero, mientras el tercero se encuentra ubicado al Suroeste del poblado de Las Nuevas (Contrera 2013)

Con esta investigación pretendemos realizar un diagnóstico de los volúmenes aproximados de paja de arroz que se producen anualmente en esta empresa sobre la base de las producciones de los últimos cinco años, y teniendo en cuenta los diferentes destinos que ha tenido la misma y de esta manera definir una propuesta de acciones medioambientales y agronómicas para estos restos de cosechas.

No existe hoy en el mundo muchas experiencias que hablen sobre el tema y mucho menos en el país, por lo que se hace necesario el aporte de la ciencia para dilucidar tal disyuntiva que aportaría elementos teóricos y prácticos para el manejo de la paja de arroz en los agroecosistemas arroceros cubanos con un enfoque medioambientalista.

Consecuentemente con los aspectos antes mencionados, cobra significación científica y práctica, el siguiente **Problema Científico:**

Necesidad de un manejo medioambiental y agronómico adecuado de la paja de arroz en la Empresa Agroindustrial de Granos Sur del Jíbaro.

Se plantea como **Objetivo General:**

Elaborar una propuesta de acciones medioambientales y agronómicas para el manejo de la paja de arroz en la Empresa Agroindustrial de Granos Sur del Jíbaro.

Para dar cumplimiento al objetivo general es necesario alcanzar los siguientes **Objetivos Específicos:**

1. Analizar teóricamente las principales dificultades que existen con el manejo de la paja de arroz a escala internacional y nacional.
2. Diagnosticar los volúmenes aproximados de paja que se generan en la Empresa sobre la base de las producciones de los últimos cinco años, y sus principales destinos.
3. Proponer acciones que contribuyan a un adecuado manejo de la paja de arroz en los diferentes escenarios productivos de la empresa.

En correspondencia con los elementos señalados, se plantea como **Hipótesis:**

Si se conocen los volúmenes y destino actual de la paja de arroz que se producen en la Empresa Agroindustrial de Granos Sur del Jíbaro, entonces se pueden proponer acciones medioambientales y agronómicas para su adecuado manejo.

CAPÍTULO I. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.

Según la Organización de Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), el arroz (*Oryza sativa*) es el segundo cereal de mayor producción en el mundo, por detrás del trigo. Los 113 países que lo cultivan producen cada año 400 millones de toneladas de grano, la mitad de las cuales proceden de China. Entre los países productores también se encuentran España, Colombia, Perú y México.

En Cuba la producción de arroz gana cada vez más en importancia, ya que es un alimento básico para la población con una producción estimada para el 2015 de 1 086 000 ton. En la región central de Cuba existe una elevada producción de arroz concentrada en el Empresa Agroindustrial de Granos Sur del Jíbaro (EAIG).

Se estima que la producción mundial de arroz será de 760 millones de toneladas de arroz cáscara para el año 2025 (Gaddeet *al.*, 2009), esto generaría aproximadamente 1 140 millones de toneladas de residuos de cosecha. Estos están compuestos fundamentalmente por los tallos y las hojas de las plantas, conocido comúnmente como paja de arroz (Contreras, 2013).

La paja es uno de los subproductos más problemáticos de eliminar durante la cosecha del arroz. Ante la dificultad, elevado costo de su retirada y nulo aprovechamiento, la práctica más frecuente por los agricultores es quemarla en el campo en períodos de 15 a 20 días, lo que genera una gran concentración de emisiones al aire, provocando la contaminación del lugar y zonas aledañas, con partículas y gases resultantes de la combustión.

La quema de la paja del arroz es una práctica tradicional con graves consecuencias sobre el medio ambiente. Científicos de todo el mundo aseguran que la combustión de este residuo agrícola genera grandes cantidades de CO₂ y, por tanto, altos niveles de contaminación.

En 2008, la Unión Europea prohibió la quema de este residuo agrícola y exigió a las autoridades locales que tengan planes para solucionar esta problemática. No obstante, no hubo mejoras al respecto y, a consecuencia, muchos agricultores se ven obligados a abandonar la paja de arroz en los mismos arrozales.

Pero ¿qué alternativas hay a la quema de la paja de arroz? Algunos de los países tomaron medidas; por ejemplo, Perú, a través del Plan Nacional de Agroenergía, obliga a eliminar los rastrojos.

En Colombia, su Ministerio de Agricultura, recomienda no quemar este residuo y, a la vez, promueve que se reincorpore la paja al suelo como abono orgánico. En California, se usa la paja de arroz en paneles de fibra vulcanizada, para ser usado como material de construcción.

Un equipo de investigadores del Instituto de Ciencia y Tecnología Animal (ICTA) de la Universitat Politècnica de València está desarrollando un estudio comparativo sobre las emisiones de metano que genera el cultivo del arroz (*Oriza sativa*), en función de la técnica de gestión de la paja empleada: fangueo, quema o retirada.

El estudio está financiado por la Conselleria d'Agricultura, Pesca y Alimentació a través de la Fundación Agroalimed y en él participan también el Servicio de Bomberos del Ayuntamiento de Valencia, el Centro Superior de Investigación en Salud Pública de la Generalitat Valenciana y el Departamento del Arroz del IVIA.

A lo largo del último año, los investigadores de la Politècnica de València han desarrollado numerosas pruebas, en las que han analizado tanto las emisiones de metano durante el cultivo en sí del arroz, como las emisiones de gases producidas durante la quema de la paja en condiciones controladas.

En el primero de los casos, del estudio se deriva que el fangueo genera mayores emisiones de metano que cualquier otra alternativa, con una emisión estacional de 418 kg/ha. Por debajo de esta se encuentra la quema de la paja con una emisión de 239 kg/ha, mientras que lo que menos emisiones de metano genera es la retirada del campo de la paja (187 kg/ha). Estos datos corroboran cómo, desde un punto de vista medioambiental, el fangueo no es en principio una buena práctica.

1.1 La quema de la paja de arroz.

La quema de la paja de arroz, ha sido una práctica generalizada por los agricultores en los arrozales de todo el mundo, quienes consideran que, favorece la destrucción de las esporas de los hongos, como las de *Pyricularia oryzae*, bacterias, y semillas

de malas hierbas, aunque por otro lado facilita la reincorporación del Nitrógeno, Fósforo, Potasio y Sílice al suelo (Navarro, 2008).

Al quemarse la paja de arroz, los gases producidos son principalmente dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄) y otros en trazas como: óxido nitroso (N₂O), monóxido de carbono (CO), hidrocarburos (HC), óxidos de nitrógeno (N₂O), óxidos de azufre (S₂O) y agua (H₂O).

El CO₂ es el principal gas resultante. En un período de quema normal, todo el CO₂ liberado pasará de nuevo a ser materia vegetal en el período de crecimiento del año próximo. Por tanto, la quema en los campos de residuos de cosechas no se considera una fuente neta de dióxido de carbono.

El metano (CH₄), es el segundo gas de efecto invernadero en importancia después del dióxido de carbono. Las fuentes emisoras de metano son en gran parte antropogénicas, como: las ciénagas, el cultivo de arroz, animales de granja, la quema de biomasa, entre otras. El metano (CH₄) contribuye a la formación de ozono troposférico, por tanto, su potencial como gas de efecto invernadero es superior al CO₂. Se considera que el cultivo del arroz es el segundo gran responsable de las emisiones de metano. La combustión de la paja también genera metano, aunque muy poco en términos relativos (Fitzgerald, 2000), además de ser una fuente importante de dióxido de nitrógeno (NO₂) a nivel local.

La alta concentración temporal de las emisiones de gases y partículas provocadas por la combustión, combinada con las condiciones meteorológicas de la zona, que provocan que estos gases y partículas se dirijan hacia zonas urbanas, ocasiona afectaciones y molestias en la población residencial (EEA Report, 2006).

Las emisiones que emergen al quemar la paja de arroz son principalmente partículas de carbonilla en un 84% en peso (Dockery *et al.*, 1993). Además de su afectación a la salud (Kaufman *et al.*, 2002), reporta la capacidad de las PM_{2.5} y sus precursores para afectar el clima, ciclo hidrológico y visibilidad.

Existe la idea de evitar la quema y aprovechar el cultivo del arroz como un elemento natural de mitigación del cambio climático, a través de la fijación de carbono en su biomasa, en este caso, la paja y la cascarilla del arroz. Si la paja no se puede quemar, existen principalmente dos opciones de eliminación: mediante triturado e

incorporación con el suelo, y retirándola del lote para su aprovechamiento. En ambos casos, es necesario hacer un estudio profundo de los impactos a largo plazo, sobre la reserva natural en particular y el medio ambiente en general. También es necesaria una valoración económica de todos los elementos que intervienen en cada caso, para determinar cuáles son los costos reales de una eventual retirada masiva de paja de los campos. Su eventual aprovechamiento en la obtención de subproductos debe compensar estos costos.

Ante la posibilidad de una retirada masiva y continuada de paja de los arrozales es necesario un análisis de los posibles impactos sobre el contenido de nutrientes del suelo, y su incidencia en los cultivos y las plagas. Además, los productores de arroz, no facilitan la retirada de la paja, debido a que, el trasiego de maquinaria pesada sobre el suelo fangoso desnivela el terreno, ocasiona daños en canales y márgenes y genera retrasos en los laboreos (Doberman & Fairhurst, 2002).

1.2 Incorporación directa de la paja

En el caso de la incorporación directa de la paja, existen tres alternativas: I) incorporar la paja sin añadir fertilizante químico; II) no incorporar paja y abonar con fertilizantes químicos (típicamente N, P₂O₅, y K₂O), y III) una combinación de las dos anteriores.

En general, la alternativa más recomendable es la última, incorporar la mitad de la paja y fertilizar con menor cantidad de fertilizantes químicos. De esta forma, se obtiene la máxima producción por unidad de energía consumida considerando horas de trabajo, combustible y recursos económicos (Sarkar, 1997).

Si se utilizan fertilizantes químicos, y además la paja se incorpora al suelo, las reservas de N, P, K y Si, se mantienen e incluso se incrementan. Un arado a poca profundidad tras la cosecha, a 5-10cm, permite la aireación 30-40 días antes de la inundación, evita la fitotoxicidad de una descomposición anaerobia y reduce las emisiones de metano. La aireación favorece la oxidación del hierro y otros elementos que se reducen durante el período de inundación y se remineraliza el suelo con N y P.

La incorporación de paja supone también el retorno de silicio al terreno, aunque la mejor forma es como compost y no directamente triturada, debido a que se observa una menor disponibilidad y un aporte mucho más lento en este caso.

1.3. La paja de arroz como compost.

El compostaje sería una forma de eliminar la paja y retornar nutrientes al suelo, disminuyendo el aporte de fertilizantes químicos. El compost de paja, absolutamente orgánico tendría unas cualidades excelentes, por su alto contenido en silicio. Una posibilidad es el compostaje con lodos de depuradora, pero persistiría el problema de incorporación de metales pesados, en particular el Cadmio y el Mercurio.

El compost de paja-lodos, puede constituir un excelente fertilizante orgánico, teniendo en cuenta su contenido de materia orgánica, nitrógeno, fósforo y potasio, que constituyen nutrientes, si se eliminan los metales pesados en los lodos, que son nocivos para los seres vivos.

1.4. Efecto de la retirada de la paja en las demandas de nutrientes del suelo.

El retiro de la paja de arroz del suelo, implicaría la extracción de nutrientes, fundamentalmente N, P y K, haciendo necesaria su reincorporación con la fertilización. También se retira silicio en forma de dióxido de silicio amorfo (Datnoff *et al.*, 1997).

En los laboratorios de la Facultad de Química de la Universidad de Valencia, se realizaron las determinaciones de los elementos presentes en la paja, cascarilla y hojas de arroz, con base en los siguientes métodos analíticos: el Nitrógeno se determinó por el método de Kyndall. El Fósforo por Espectroscopía UV-visible, empleando el método del molibdato (Szydloroska & Szlyk, 2003). La sílice se determinó por colorimetría (Elliot & Snyder, 1991). Los contenidos de Potasio, Calcio y Magnesio fueron determinados en un Fotómetro de llama Jenway, (England) modelo PFP7/C. El resto de los elementos, se determinó por absorción atómica, en un equipo Hitachi, Z-2000. Los resultados del análisis elemental de la paja, hojas y cascarilla de arroz, que confirman el alto contenido de sílice. Las variaciones entre los distintos tipos de arroz: *Fonsa* (54-62 cm), *Montsianell* (72-89 cm) y *Bomba* (100-126 cm), no son significativas dentro de la variabilidad del mismo tipo de arroz.

Todos los nutrientes analizados excepto el SiO₂ son repuestos con el abonado. Se considera que el arroz tiene un 19% de peso en cascarilla con un 16% de ceniza con 95% de SiO₂, y que la paja retirable es el 60% del total, que está en relación 1:1 con el arroz producido al 20% de humedad con un 15% de SiO₂. Estos datos son aplicables a la Albufera, teniendo en cuenta los análisis disponibles (Abril et al., 2009).

Según Savant (1997), una producción de arroz de 5t ha⁻¹, retira entre 0,23 y 0,47t de SiO₂ del suelo (un 10% como máximo), de ese modo el abonado con 5t de escorias por hectárea (1t de silicio por hectárea) parecen suficientes para garantizar un suministro para los tejidos de la planta iguales o superiores a un 3%.

1.5. Extracción y aprovechamiento de la paja de arroz.

La paja de arroz se retira de los campos en la India, Bangladesh y Nepal, donde se utiliza como combustible para cocinar, alimento de rumiantes, cama de animales, y otros procesos industriales. En estos casos no hay un retorno de nutrientes al suelo (Doberman & Fairhurst, 2002).

En el caso de los sembrados de arroz en California, Estados Unidos, la paja de arroz se retira en pacas prensadas de 1,2 x 1,2 x 2,4 m³, siendo el proceso de retirada limitado ante la escasa demanda.

Cualquier alternativa de aprovechamiento de la paja de arroz, debe ser viable económicamente en especial para los agricultores. La retirada de la paja pasa inevitablemente por establecer y favorecer la presencia de industrias capaces de utilizar la paja y generar las utilidades que permitan compensar el costo de su retirada, superiores a las opciones de incorporarla, o quemarla.

1.6. Soluciones para el aprovechamiento de la paja de arroz.

Algunas alternativas son las siguientes (Abril, 2006): generación de energía, tableros composites (materiales compuestos por fibras naturales y plásticos) de fibra de paja y plásticos para envases, perfiles, y la construcción, pasta de celulosa y otros subproductos para la industria del papel, obtención de Celulosa, hemicelulosas, lignina y derivados (Biorefinerías).

En el caso de la generación de energía, existen algunas empresas y agencias interesadas en su financiamiento y operación. Esta opción, es la más segura debido a la garantía de la venta a la red, por ley. Su viabilidad depende de un costo casi nulo para la materia prima (la paja), y de asegurar su suministro mediante férreas obligaciones contractuales a largo plazo con los agricultores.

Los tableros de fibra y partículas son una opción posible de aprovechamiento de la paja, el inconveniente está en la economía de escala de estas producciones, que requieren de grandes inversiones y tener un mercado seguro. Se trata en general de llevar las producciones hasta el máximo nivel de terminación, para incrementar las utilidades. Los compostajes a partir de paja de arroz y plásticos, pueden tener grandes perspectivas de aplicación, teniendo en cuenta las ventajas del alto contenido de sílice de la paja, que contribuiría a las propiedades de los composites producidos. El costo de inversión no es elevado, con bajos consumos de energía y sin generación de residuales ni consumo de agua. Será necesario asegurar un mercado a los productos obtenidos. (Abril et al. 2009).

La paja de arroz constituye un residuo de cosecha de alto volumen que no debería ser desperdiciado, especialmente en situaciones de déficit forrajero. Las características de la misma hacen que como alimento para rumiantes sea de baja calidad y desbalanceado, por lo que animales de 2 años alimentados únicamente en base a paja de arroz, pierden entre 100 y 200 gramos diarios. Las soluciones para mejorar su uso pasan por complementar la dieta con suplementos correctivos o realizar tratamientos de la paja. La suplementación deberá ser realizada con fuentes proteicas, con lo cual se logra mejorar sustancialmente la dieta de los animales y su comportamiento productivo. La suplementación mineral también resulta fundamental y por tanto debe ser encarada. El tratamiento de la paja de arroz con urea, resulta en mejorar el contenido proteico y la digestibilidad de la misma, mejorando también así la producción animal resultante. (Bartaruru et al, 2010)

Específicamente de la actividad agro-industrial del arroz (*Oryza sativa*) se estima que a nivel mundial se tienen anualmente 731 millones de toneladas de paja arroz (Zhao et al., 2010) y más de 113 millones de toneladas métricas de cáscara (Yu et al., 2009). La producción de energía a partir de estos residuos ha sido identificada como una alternativa económicamente factible (Peterson et al., 2007). Además según la

literatura el contenido energético de la paja de arroz es 14 MJkg⁻¹ (Gadde et al., 2009) y entre 13,2-14,2 MJkg⁻¹ para la cáscara de arroz (Valverde et al., 2007), por lo que es muy objetivo considerarlos como una fuente renovable para la generación de energía.

La creciente preocupación por un suministro de energía seguro, sumado al negativo impacto ambiental del uso de los combustibles fósiles, ha generado una presión en la sociedad en la búsqueda de alternativas renovables. Un potencial energético que aún no se aprovecha en su totalidad se encuentra disponible en los residuos sólidos de la agricultura. En particular el interés en la energía de la biomasa, o llamada bioenergía, ha aumentado por ser una fuente que se puede generar a nivel local y con amplia disponibilidad; la tercera entre los recursos de energía primaria, después del carbón y el petróleo, además de ser potencialmente neutral en relación con las emisión de CO₂ (McKendry, 2002).

En este sentido, el biogás, producto del tratamiento anaerobio de la biomasa orgánica: fracción orgánica de residuos sólidos urbanos, residuos agro-industriales y cultivos energéticos, se considera una forma de energía limpia y renovable que puede sustituir fuentes de energía convencionales, especialmente en áreas rurales (Weiland, 2010) y una solución que abarca ambas aristas: medioambiental y energética (Lübken et al., 2010). Por otro lado, constituye una de las vías más eficientes de manejo y generación de energía a partir de biomasa, en término de relación de energía de salida/energía de entrada (28,8 MJMJ⁻¹), entre todas las tecnologías de producción de energía por rutas de conversión biológica o termo-química (Chandra et al., 2012).

Varios autores han investigado sobre el rendimiento en biogás por vía anaerobia de los residuos arroceros (paja y cáscara) provenientes de regiones como la India, China, California (EUA) (Lequerica, 1984; Kalra y Panwar, 1986; Somayaji, 1994; Zhang et al., 1999; Zhao et al., 2010). Chandra et al. (2012) reportan para la paja un rendimiento de metano 167 kgCH₄t⁻¹ y estima a partir de este rendimiento un potencial energético de 8 352 MJ. Por su parte Gadde et al. (2009), concluyen que el

potencial de energía de la paja de arroz como combustible renovable en países altos productores de arroz como la India, Tailandia y Filipinas es de 311,6-141,8 PJ, con una posible generación de electricidad de hasta 10,8 TWh considerando solamente un 50% de eficiencia de recolección del residuo.

Es necesario considerar que el uso de los residuos de la producción de arroz para producir biogás y generar energía debe tener una incidencia directa en la reducción del consumo de combustibles fósiles para la generación energética y en consecuencia tendrá un efecto económico positivo en el sistema energético al evitar importaciones. A su vez contribuirá a mitigar los efectos del cambio climático al disminuir las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), en primer lugar por los que se generan durante la fermentación anaerobia espontánea de estos residuos cuando se dejan en el campo o cuando se queman al aire libre y en segundo lugar por las emisiones evitadas al sistema energético nacional por no generar energía eléctrica con combustibles fósiles (Contreras et al. 2012)

(Contreras et al. 2012) hizo Una valoración energética en cuanto a combustible equivalente y energía eléctrica no utilizada o que se podría obtener por la ruta de bioconversión a biogás de los residuos arroceros entre los años 2005 al 2016, sin incluir la cáscara de arroz como sustrato. Se analizaron tres escenarios de acuerdo a la eficiencia de la recolección de la paja de arroz durante la cosecha. Un escenario I para un 50% de recolección de la paja de arroz, el escenario II para 100% de recolección y un escenario III para 100% de recolección de la paja más el residuo del proceso de secado. Para ello se tomaron los valores de rendimientos de biogás obtenidos experimentalmente a la temperatura hemofílica.

Lograr un 100% de recolección de la paja de arroz significa duplicar la producción de biogás, mientras que el residuo del proceso de secado no tiene un aporte relevante. De este análisis se obtiene un índice energético de 0,22 tCeqt-1 de residuo y en cuanto a la generación eléctrica de 0,73 MWht-1 de residuo. De la misma forma, el aporte económico sobre la base del precio promedio de la tonelada de combustible (Fuel oil) importada durante el 2011 en el país de \$680.00, se ahorraría por este

concepto \$148.00 por tonelada de residuo arrocerero utilizado, lo que significa 22,2 millones de pesos aproximadamente para el escenario III.

En investigaciones realizadas por profesores de la Universidad de Sancti Spíritus en la Empresa Agroindustrial de Granos Sur del Jíbaro se demostró que la paja de arroz y el residuo del proceso de secado como única fuente de sustrato, tienen un significativo potencial de biogás, que alcanza un valor máximo de hasta 0,5 m³kgSV⁻¹ en termofílico. (Contreras et al., 2012)

Según Contreras 2013, sobre la base de los datos de producción de la Empresa Agroindustrial de Granos “Sur del Jíbaro” durante el año 2011, se obtuvo que se hubieran dejado de emitir a la atmósfera 6 041 438 t de CO₂ equivalente si la paja de arroz hubiese sido tratada por vía anaerobia. Esto hubiera significado el 0,2% de las emisiones totales del país y el 3,2% de las emisiones del sector energético en ese propio año, resultado que corrobora el efecto ambiental positivo de la propuesta desde la perspectiva nacional.

La paja de arroz para la obtención de energía constituye un aporte sustancial al balance energético nacional y sobre todo para la Empresa agroindustrial Sur del Jíbaro por los grandes volúmenes de combustible que pudiera ahorrar principalmente en el proceso industrial de cereal.

Según el rendimiento de biogás experimental, es posible obtener una producción de 108 675 m³. A partir de la producción diaria de biogás esperada y los índices de generación de energía eléctrica y térmica empleados, se puede estimar una producción de energía de 242 344 kWhd⁻¹ eléctricos para una potencia de 10 MW y una disponibilidad de energía térmica de 360 799 kWhd⁻¹ para una potencia de 15 MW, lo que posibilitaría a la empresa el autoabastecimiento de energía eléctrica y la sustitución del diesel que consume en la etapa industrial de secado. (Contreras 2013)

Independientemente a todas estas potencialidades no existe hoy una estrategia adecuada para el manejo de los grandes volúmenes de paja que se generan anualmente en esta empresa por lo que su uso sucede a la espontaneidad de las diferentes unidades que componen el complejo agropecuario.

CAPITULO II. MATERIALES Y METODOS

2.1. Ubicación Geográfica.

La Empresa Agroindustrial de Granos “Sur del Jíbaro”, está situado en la parte sur de la provincia de Sancti-Spíritus en el municipio La Sierpe, tiene una extensión de 6250 caballerías, equivalente a 83875 hectáreas, de las cuales dedica al cultivo del arroz (*Oryza sativa*) 27217 ha, 20130 ha a la ganadería mayor y menor y 2050 ha a los cultivos varios, el resto es superficie no agrícola entre ellas canales de riego, viales e instalaciones. (ver anexo 1)

Sus producciones fundamentales son el arroz, los productos de la ganadería y las producciones de cultivos varios. La empresa está conformada por 17 Unidades Empresariales de Base (UEB).

Su base productiva está estructurada en 7 Unidades Básicas de Producción Cooperativa (UBPC) productoras de arroz, ganadería y cultivos varios; así como 8 Cooperativas de Créditos y Servicios (CCS) fortalecidas.

La extensión de suelo dedicada al cultivo de arroz está ubicada hacia el sur de la provincia de Sancti Spíritus y específicamente al sur del poblado de El Jíbaro.

Los principales macizos arroceros están ubicados en tres regiones fundamentales, una está ubicada en el sureste de los poblados de Mapo y Natividad, otra que se extiende desde el poblado de Peralejo hasta El Jíbaro por la parte sur de los mismos, llegando aproximadamente hasta el litoral costero y un tercero ubicado en el suroeste del poblado de Las Nuevas. Como se ha explicado, durante el proceso de cosecha y producción de arroz en esta empresa, el cual tipifica este tipo de producción en otras empresas para el cultivo de arroz en el país, se generan diferentes residuos (García, 2010; Linares y Meneses, 2011). La cosecha tiene una duración entre nueve y diez meses al año, de la que se obtienen los restos o residuos (paja de arroz)

2.2. Diseño de la investigación.

Una vez seleccionada la temática a desarrollar, concebidas las ideas generales y definido el contexto metodológico de la investigación, se establecieron las siguientes fases fundamentales para el desarrollo del trabajo: Organización y Planificación;

Desarrollo metodológico y Análisis y discusión de los resultados. Por su importancia metodológica, profundizamos en la primera de ellas (Organización y Planificación).

En esta etapa se llevó a cabo la proyección y organización del alcance de la investigación, precisando el título y el problema científico, determinando los objetivos a cumplir y estableciendo una hipótesis. Asimismo, se define el alcance espacial del trabajo (nivel territorial), los plazos de ejecución y los recursos técnico-materiales disponibles. En la etapa se realizaron las siguientes tareas:

Recopilación y revisión bibliográfica: el análisis documental implicó la realización de consultas en publicaciones especializadas, estudios específicos a fines con el tema, reportes estadísticos y proyectos de investigación, entre otros. Además, se realizaron entrevistas y consultas a personas vinculadas a la actividad arrocera, considerados como expertos. Para ello se recurrió a diferentes instituciones que constituyen fuentes de información, como son: El Instituto de Investigaciones de Granos, Dirección de la Empresa Agroindustrial de Granos, Unidad de Medio Ambiente del CITMA, Dirección Provincial de Planificación Física, Centro de Información y Gestión Tecnológica - CITMA, Universidad de Sancti Spíritus "José Martí" y Delegación de Recursos Hidráulicos.

Este proceso comenzó con el estudio conceptual del tema abordado, que consistió en la búsqueda de información relevante y actualizada mediante una investigación exploratoria que permitió crear el marco teórico adecuado. Posteriormente se extrajo de la bibliografía utilizada, el material más útil para los propósitos de la investigación. Se consultó información primaria y secundaria de más de 40 fuentes, no todas reflejadas en el trabajo.

Definición del área de estudio: El área de estudio cumple la función de precisar especialmente la ubicación del fenómeno a ser investigado, en este caso circunscrito al área ocupada por la Empresa Agroindustrial de Granos Sur del Jíbaro en el municipio de La Sierpe.

Definición de la escala de trabajo: Los objetivos de la investigación, las tareas y la aplicación de los métodos seleccionados, permiten identificar las incidencias del problema formulado a diferentes escalas de trabajo, las cuales corresponden con las ya definidas:

- Escala global: abarcando la EAIG como un gran sistema productivo donde convergen casi todos los problemas relacionados con el uso de la paja de arroz. Dado el carácter preliminar de la investigación, es a partir de esta escala que se realizan los análisis fundamentales del trabajo.
- Escala de Unidad Básica de producción: es una escala básica, al ser donde se producen los conflictos ambientales principales y la integración comunidad-empresa.
- Escala municipal: traspasa el límite de la EAIG, pero los problemas por él generados, inciden en todo el territorio municipal, por lo que la propuesta debe abarcar todo el territorio. Además, la propia empresa se rige por decisiones y disposiciones de los órganos municipales de gobierno.

Identificación de los métodos y procedimientos a utilizar: consistió en la identificación y selección preliminar de métodos y procedimientos que permitieran dar respuesta a los objetivos planteados. Esta selección se hace a partir de la bibliografía revisada (donde se opta por metodologías probadas y reconocidas científicamente), aunque también se apeló a la experiencia de los expertos consultados.

Como en toda investigación, se utilizaron los métodos generales del conocimiento científico (análisis, síntesis, abstracción y generalización), además del método histórico lógico.

Entre los principales métodos seleccionados se encuentran: Consulta bibliográfica; Métodos cartográficos; Inventario y caracterización; Métodos de campo; Observación directa; Fotointerpretación y Métodos estadístico-matemáticos.

Las técnicas principales seleccionadas fueron la Tormentas de ideas, la Entrevista, la Encuesta y la Consultas a expertos.

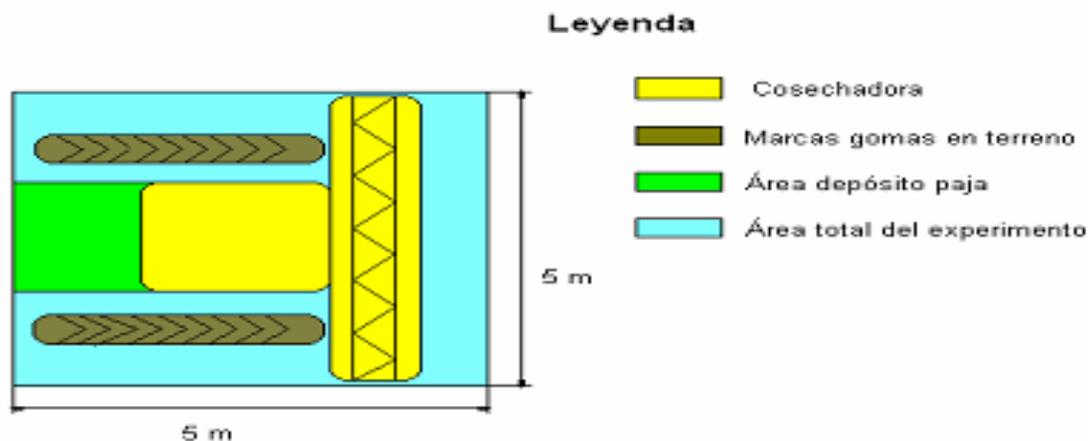
2.3. Descripción del muestreo.

Se procedió entonces a determinar las cantidades de paja de arroz que se producen, se indagó acerca de los índices de producción de la misma respecto al área cosechada o a la cantidad de producto recolectado, y no se encontró dato ninguno al respecto ni en la Empresa, ni en la Estación Territorial de Investigación de granos aledaña a la empresa. Por tanto fue necesario realizar un experimento el cual se realizó con un muestreo probabilístico intencional.

En el proceso de recolección del arroz se utilizan máquinas cosechadoras que van segando la planta a una altura algo por debajo de donde brota la espiga. En el interior de la máquina ocurre un proceso donde se separa el grano del resto de la planta cercenada. El grano se recolecta hacia un depósito en el interior de la cosechadora y el resto es expulsado nuevamente al terreno. Sobre la superficie del campo queda entonces tendida una capa compuesta por los restos de la planta, llamado comúnmente paja de arroz.

La cosechadora o combinada realiza el corte y recolección por la parte delantera y por la parte trasera expulsa los desechos. El aditamento de corte delantero cubre más espacio que la parte trasera por lo que la camada de paja que va quedando en la parte trasera de la máquina ocupa un área menor que donde fue cosechada. Esto fue necesario tenerlo en cuenta al realizar el experimento.

Para el muestreo se escogió entonces un área de 25 m², midiendo 5 m de ancho coincidiendo con la longitud de la pala frontal de la máquina y 5 m de forma longitudinal al área cosechada, como se muestra en la figura y en la foto ver anexo 2.



Seguidamente se recogió toda la paja depositada en el área marcada y se embazó en sacos, a los que posteriormente se le determinó la masa neta en una báscula digital de alta precisión. Con este valor se pudo determinar un valor aproximado de la cantidad de paja seca que se produce por unidad de área durante la cosecha de arroz. Se usa el término paja seca ya que la muestra no se recogió inmediatamente después de cosechado el campo sino que se esperó varios días hasta que los restos

de la planta estuvieran bien secos. Además la recogida de la muestra se realizó después de las 10.00 AM para evitar recolectarla con humedad.

El muestreo se replicó en tres áreas diferentes, una perteneciente al Consejo Popular las Nuevas, otra área perteneciente al Consejo Popular Jíbaro y el Consejo Popular Mapos, posteriormente se determinó un promedio entre las mismas. (ver anexo 3)

El resultado obtenido se comparó con datos encontrados en la bibliografía y se pudo comprobar la similitud de los mismos. Una vez obtenido el índice de la generación de este desecho, se le aplicó al área cosechada en los años desde 2010 hasta 2014 así como al área planificada a sembrar en los años venideros hasta el 2019, obteniéndose así las cantidades de paja de arroz producidas o a producir cada año. (ver anexo 4) Con esos datos se confeccionó un gráfico de barras para ilustrar mejor el resultado obtenido.

En la Dirección de economía se recogieron las producciones de la empresa en los últimos cinco años así como las perspectivas de crecimiento para los próximos cinco.

Se realizaron encuestas a directivos, especialistas y productores para evaluar los conocimientos acerca del tema en cuestión. (ver anexo 5)

2.4. Análisis Estadístico.

El análisis estadístico se realizó a través del Programa SPSS Statistics Versión 20 con un nivel de significación de 0,05% mediante la prueba de Duncan.

CAPITULO III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

3.1. Metodología utilizada.

Para realizar el diagnóstico del problema existente se utilizó la metodología propuesta por Cañizares en el 2006.

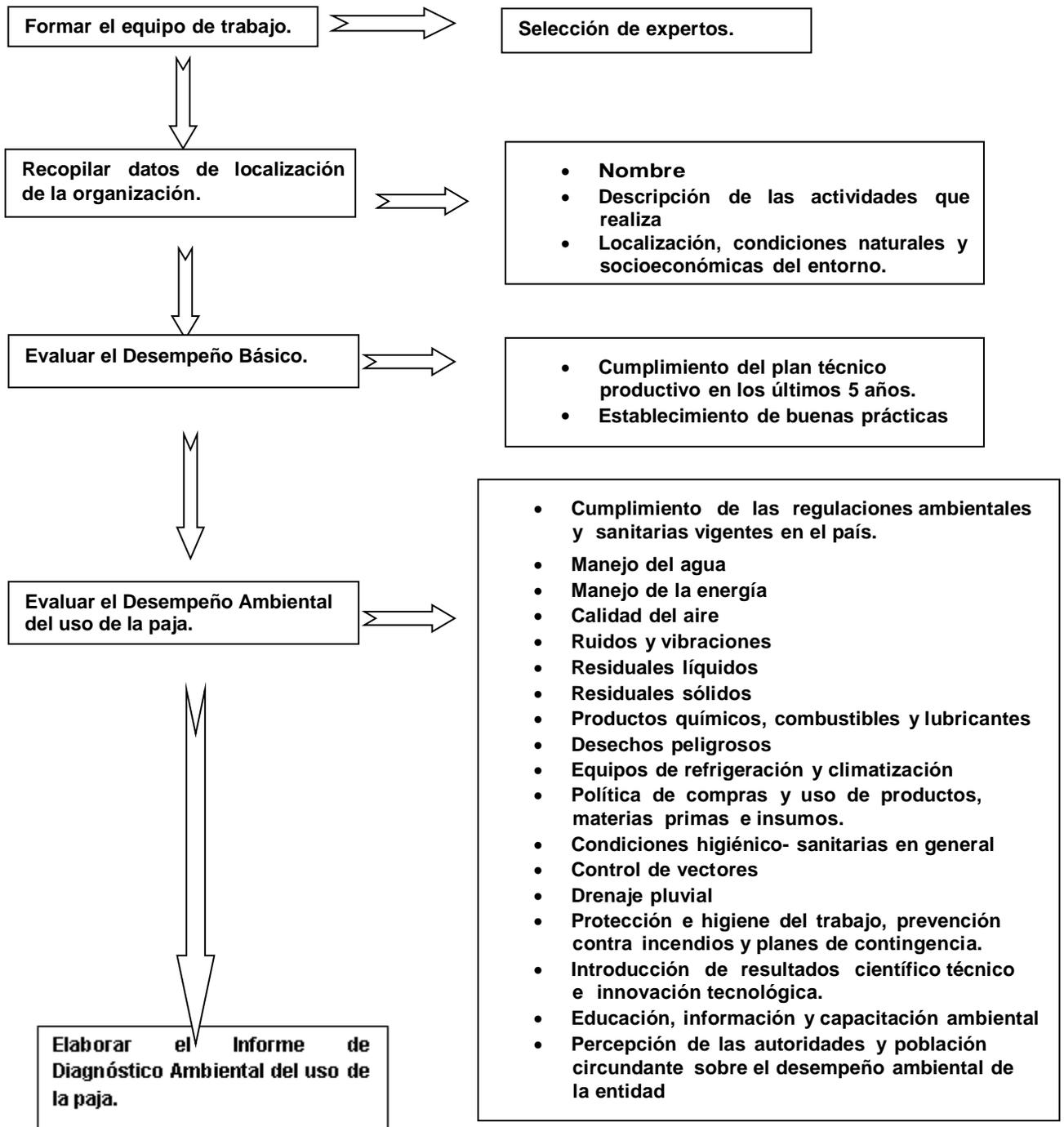


Figura 3.1: Metodología de diagnóstico propuesta por Cañizares (2006)

3.2. Formación del equipo de trabajo.

Para conformar el equipo de trabajo, se seleccionó un número de expertos conformado por 10 personas elegidas según sus conocimientos, experiencia y voluntariedad, pero con la condición de que estuviera representada cada una de las subdirecciones que conforman el esquema estructural de la empresa, además del especialista de medio ambiente.

3.3. Recopilación de datos sobre la organización.

Las principales informaciones referentes a la organización se pueden obtener a partir de la revisión del esquema productivo de la empresa, donde se evidencian las actividades que realiza, los principales agentes contaminantes de su cadena productiva, y las condiciones naturales y socioeconómicas del entorno:

La Empresa Agroindustrial de Granos Sur del Jíbaro tiene como misión producir, beneficiar, procesar industrialmente y comercializar de forma mayorista y minorista en moneda nacional, arroz y sus subproductos; carne, leche y sus derivados, e incentivar las producciones populares agropecuarias, así como las ventas en frontera en moneda libremente convertible en forma mayorista, para satisfacer el autofinanciamiento, todo ello con un alto grado de profesionalidad y calidad, así como la reducción gradual de los costos de producción y manteniendo la contabilidad certificada.

Prestar servicios de industria mecánica, transporte e insumos de la producción agropecuaria e industrial, así como a terceros en la asistencia técnica, productiva y de construcción, logrando también la satisfacción de los trabajadores y sus familiares.

Incrementar el trabajo de forma masiva de la ciencia y la técnica en función del desarrollo de la entidad, eliminando los focos y disminuyendo las cargas contaminantes del medio ambiente; logrando implantar las normas de gestión de la calidad y certificar los productos en Moneda Libremente Convertible con las normas ISO 9000.

3.4. Resultados del Diagnóstico Ambiental.

El cumplimiento de las etapas previstas, permitió obtener un diagnóstico ambiental preliminar del uso de la paja de arroz en la EAIG, haciendo énfasis en los de mayor incidencia en el entorno.

El diagnóstico se convierte en una herramienta de la Gestión Ambiental de la entidad, ya que permite conocer objetivamente su situación actual con respecto al uso de estos restos de cosecha, constituyendo entonces el punto de partida para el establecimiento de la propuesta de acciones para su manejo.

3.5. Recopilación de datos.

Tabla No 1: Relación de área sembrada, producción y rendimiento de la Empresa desde el 2010 al 2014.

| Años | Área (ha) | Prod. (tn) | Rend. (tn/ha) |
|-------------|------------------|-------------------|----------------------|
| 2010 | 16207.47 | 52699 | 3.25 |
| 2011 | 31069.85 | 112854 | 3.63 |
| 2012 | 33999.98 | 122251 | 3.60 |
| 2013 | 48073.79 | 175990.14 | 3.66 |
| 2014 | 54064.08 | 194329.54 | 3.59 |

Para los próximos 5 años los pronósticos de siembra en área y producción son los siguientes:

1. Sembrar en el 2016, 32 150.0 hectáreas, logrando un rendimiento promedio de 3.88 ton/ha y una producción de 55 000 toneladas de arroz consumo.
2. En el año 2019 se logrará siembras de 33 850.0 hectáreas a un rendimiento de 4,15 ton/ha y una producción de arroz consumo de 65 000 toneladas.

En la tabla No. 2 están inscriptos los niveles de siembra y producción por años pero es necesario significar que para garantizar los volúmenes de producción planificados en el programa hasta el 2019, es imprescindible mejorar la atención a los suelos, en las atenciones culturales, en la fertilización incorporando el uso de Biofertilizantes

(Biobras 16, Fitomas, Fertimang) y otros de reconocidas características en su aporte al rendimiento.

Tabla No 2: Programa de siembras y producciones por años desde el 2015 al 2019.

| INDICADORES | U.M | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | TOTAL |
|-----------------------------|-------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|---------------|
| Áreas a Sembrar | mha | 32150 | 32500 | 32600 | 33100 | 33850 | 164200 |
| Rendimiento Agrícola | t/ha | 3,88 | 3,91 | 3,94 | 4,03 | 4,15 | 3.98 |

A pesar de que la empresa se ha propuesto, entre sus principales objetivos, introducir la dimensión ambiental en todos los servicios, con miras a la protección y conservación del medio ambiente, en el cumplimiento de su misión se generan cantidades variables de residuales sólidos, líquidos y gaseosos (estos últimos derivados de la maquinaria agrícola y el transporte, así como de las cocinas de leña existentes en los diferentes comedores obreros). Dentro de estos residuos se encuentra la paja de arroz, la cual no cuenta con una estrategia medioambiental adecuada de manejo. Para abundar más sobre el tema se aplicó una encuesta a directivos, especialistas y productores en la cual se dictaminó el conocimiento de los mismos sobre el problema en sí.

3.6. Resultados de la encuesta.

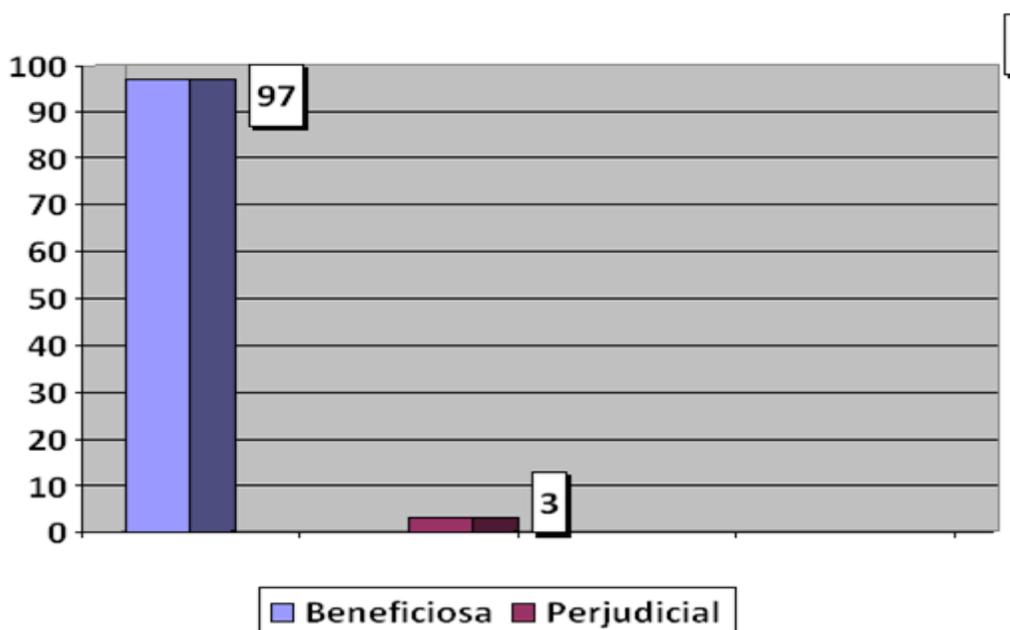


Gráfico No 1: Nivel de conocimiento sobre los beneficios o perjuicios de la paja de arroz.

Este gráfico da respuesta a las preguntas número 2, 3 y 4 de la encuesta, donde de 100 encuestas realizadas a Directivos, Especialistas y Productores, el 97% afirma que la paja de arroz es beneficiosa para el cultivo y solo el 3% considera que es perjudicial.

Los argumentos en los que se basaron para afirmar que la paja de arroz es beneficiosa para el cultivo fueron los siguientes:

- Aporta mayor cantidad de nutrientes los cuales son importantes para próxima cosecha.
- Aumenta la fertilidad del suelo al ser incorporados a través de la materia orgánica mediante la descomposición.
- Se utiliza menor cantidad de fertilizantes químicos.
- Aumentan los microorganismos eficientes aumentando así el proceso de descomposición de los restos de cosecha.
- Aumenta la humedad en el suelo.

En cuanto a los argumentos relacionados si la paja de arroz es perjudicial para el cultivo no se justificó por parte de los entrevistados las causas que pueden ocasionar daños al mismo o al entorno.

Destino fundamental de la paja de arroz

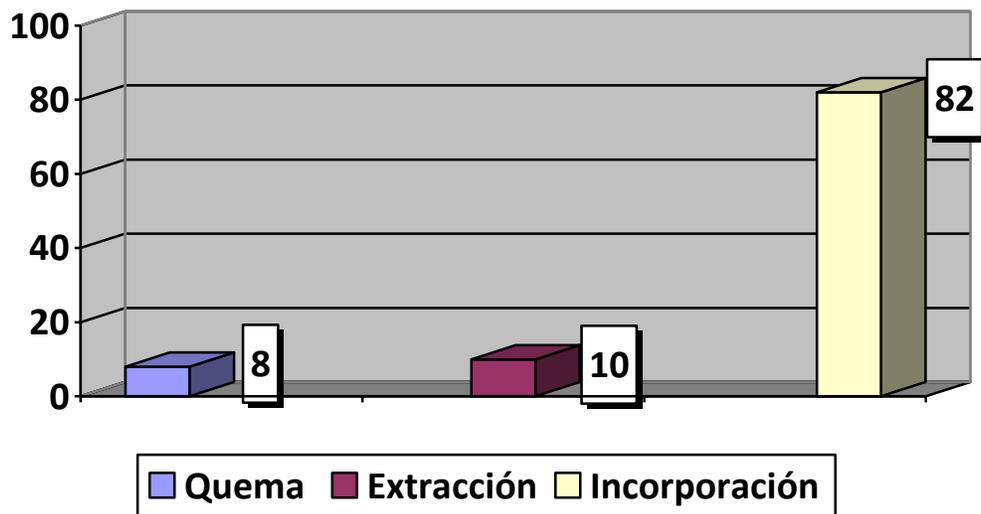


Gráfico No 2. Resultado sobre los destinos fundamentales de la paja de arroz.

El gráfico anterior da respuesta a la pregunta número 5 de la encuesta, relacionada sobre los destinos de la paja después de cosechado el arroz donde los resultados arrojaron que alrededor del 80% de paja se incorpora al suelo, el 10% se retira y el 8% se quema.

Dando respuesta a la pregunta número 6 de la encuesta basada en las principales acciones que deben ser tomadas para buscar propuestas que ayuden a favorecer de forma eficiente el uso de la paja de arroz, así como disminuir el efecto negativo de esta al medio ambiente a través de los diferentes procesos de descomposición e incorporación al suelo, los encuestados hacen referencia a:

1. Realizar una correcta preparación de suelo aprovechando la incorporación de la paja de arroz en el momento más asimilable de la misma para el suelo, lo cual favorece a una mayor cantidad de nutrientes a incorporar.

2. Capacitar al personal para lograr que se incorpore la mayor cantidad de paja de arroz en el campo después de terminada la cosecha.
3. Disminuir la quema directa y extracción del campo.
4. Evitar el doblaje continuo en el proceso de preparación de suelo lo cual ayuda a incorporar la paja de arroz de forma más eficiente para la próxima cosecha al ser triturada de forma correcta.

3.7. Calculo de los volúmenes de paja producida y proyecciones para los próximos 5 años.

Índice de la paja de arroz

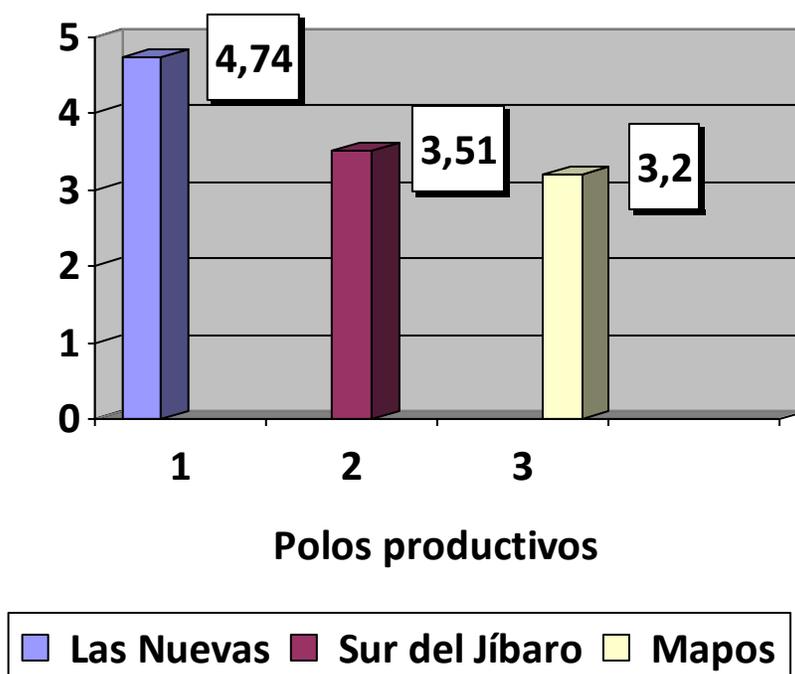


Gráfico No 3. Promedio de índice de Paja en 25 m² en cada zona muestreada.

Como se puede apreciar se realizaron muestreos en tres zonas de las cuales se obtuvieron promedios de cada zona diferentes, donde el número 1 corresponde a Las Nuevas, el número 2 al Sur del Jíbaro y el número 3 al Consejo Popular Mapos, destacándose la zona 1 sobre el resto, esto estuvo dado fundamentalmente según

criterio de los especialistas en que en esta zona arrocera se realiza la rotación de cultivos cada dos años, ya que la misma se dedica además de la producción de semillas a la producción de arroz consumo. Los suelos están mejor tratados lo cual ayuda y favorece al aumento de la producción lo que hace que los índices de paja aumenten, el manejo de fertilizaciones se realizó en las fechas y en los momentos más asimilable para el cultivo, lo cual ayuda y favorece al rendimiento del mismo.

Con los índices obtenidos en las tres zonas para 25 m² se calculó un índice general para el municipio el cual fue de 1,5 Ton/ha. Sobre esta base se calcularon los volúmenes de paja promedio obtenidos en los últimos cinco años y las perspectivas para los próximos cinco. Para la realización del cálculo se halló la media de los tres muestreos de cada zona y se calculó la cantidad de paja a producir en 25 m², el resultado se dividió entre mil para llevarlos a Ton/ha y de esta forma estimar las producciones de paja por cantidad de área sembrada.

Ejemplo en 25 m²:

$$25 \text{ m}_2 = 3,82 \text{ Kg/ha}$$

$$1 \text{ ha} = x \qquad 1 \text{ ha} = 10000 \text{ m}_2$$

$$X = 1528 \text{ Kg/ha} \text{ el resultado entre mil} = 1,5 \text{ tn/ha.}$$

Ejemplo en área total a sembrar:

$$16207,47 \times 1,5 = 24311,21$$

Tabla 3: Área sembrada y volúmenes de paja generados en el período 2010-2014.

| Años | Área Ha | Paja producida Tn |
|-------------|----------------|--------------------------|
| 2010 | 16207.47 | 24311.21 |
| 2011 | 31069.85 | 46604.78 |
| 2012 | 33999.98 | 50999.97 |
| 2013 | 48073.79 | 72110.69 |
| 2014 | 54064.08 | 81096.12 |

Tabla No 4: Área a sembrar y volúmenes de paja posibles a generar en el período 2015-2019.

| Años | Área Ha | Paja producida Tn |
|------|---------|-------------------|
| 2015 | 32150 | 48225 |
| 2016 | 32500 | 48750 |
| 2017 | 32600 | 48900 |
| 2018 | 33100 | 49650 |
| 2019 | 33850 | 50775 |

Estimado de paja de arroz a producir

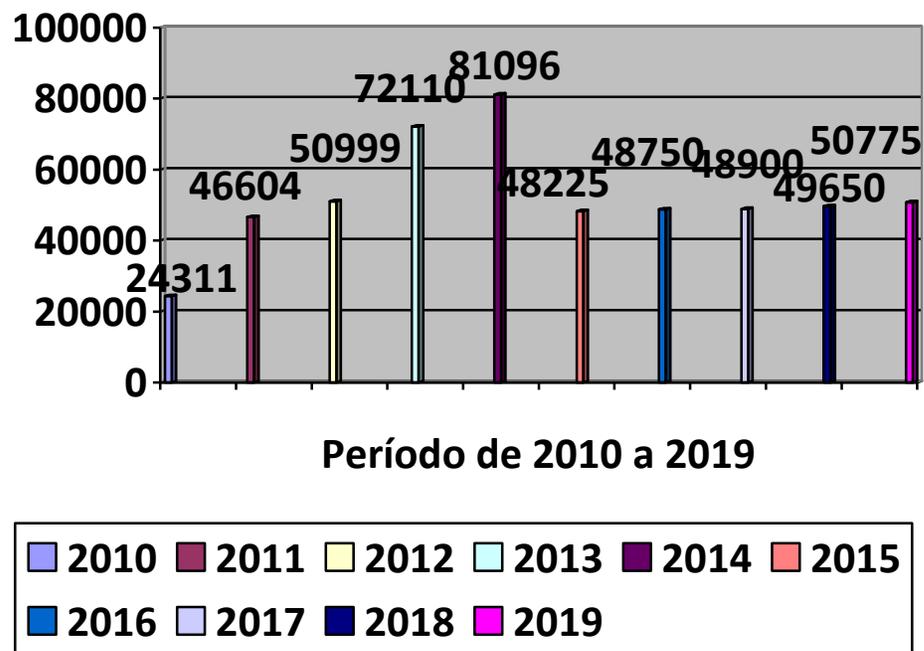


Gráfico No 4. Paja producida y a producir en el período 2010-2019.

En el gráfico anterior se puede observar la producción de paja de arroz, lo real que debe haber producido hasta el 2014 según los niveles de siembra y los estimados a producir hasta el 2019. Como se puede apreciar se prevé un decrecimiento en las

áreas a sembrar a partir del 2015 debido a las afectación de algunas áreas, lo cual debe reducir los volúmenes de paja para estos años, pero aún estos siguen siendo significativos.

3.8. Emisiones de gas metano (CH₄) por incorporación de la paja de arroz.

Tabla No 5: Áreas sembrada y emisiones de gas metano (CH₄).

| Años | Área Ha | Gas metano generado por incorporación | Gas metano generado cuando se extrae | Gas metano si se incorpora el 50% de la paja |
|--------------|------------------|--|---|---|
| 2010 | 16207.47 | 6774.72 | 3030.80 | 3387.36 |
| 2011 | 31069.85 | 12987.19 | 5810.06 | 6493.60 |
| 2012 | 33999.98 | 14211.99 | 6357.99 | 7106.00 |
| 2013 | 48073.79 | 20094.84 | 8989.80 | 10047.42 |
| 2014 | 54064.08 | 22598.79 | 10109.98 | 11299.40 |
| 2015 | 32150 | 13438.7 | 6012.05 | 6719.35 |
| 2016 | 32500 | 13585 | 6077.50 | 6792.50 |
| 2017 | 32600 | 13626.8 | 6096.20 | 6813.40 |
| 2018 | 33100 | 13835.8 | 6189.70 | 6917.90 |
| 2019 | 33850 | 14149.3 | 6329.95 | 7074.65 |
| Total | 347615.17 | 145303.13 | 65004.03 | 72651.58 |

Estimado de Metano emitido

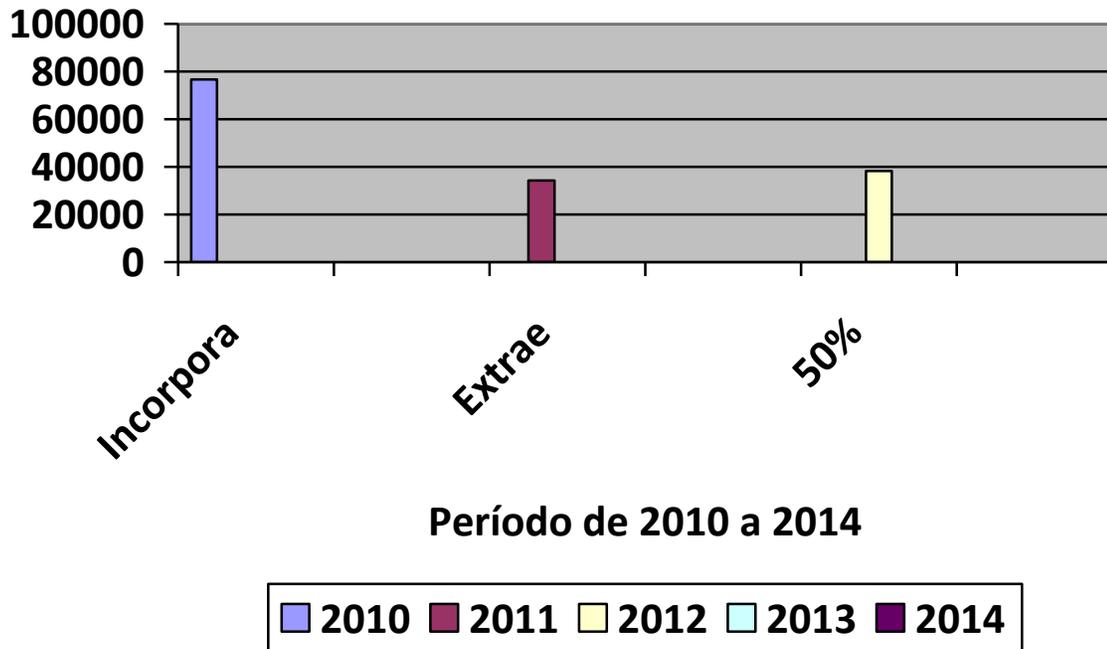


Gráfico No 5. Emisiones de gas metano (CH₄) en los años 2010-2014.

El gráfico No 5 muestra las emisiones de gas metano (CH₄) que fueron emitidas a la atmósfera durante el período de siembra 2010-2014 en la EAIG Sur del Jíbaro, destacándose la incorporación directa de la misma al suelo por encima de la extracción total y al 50%.

Estimado de metano a emitir

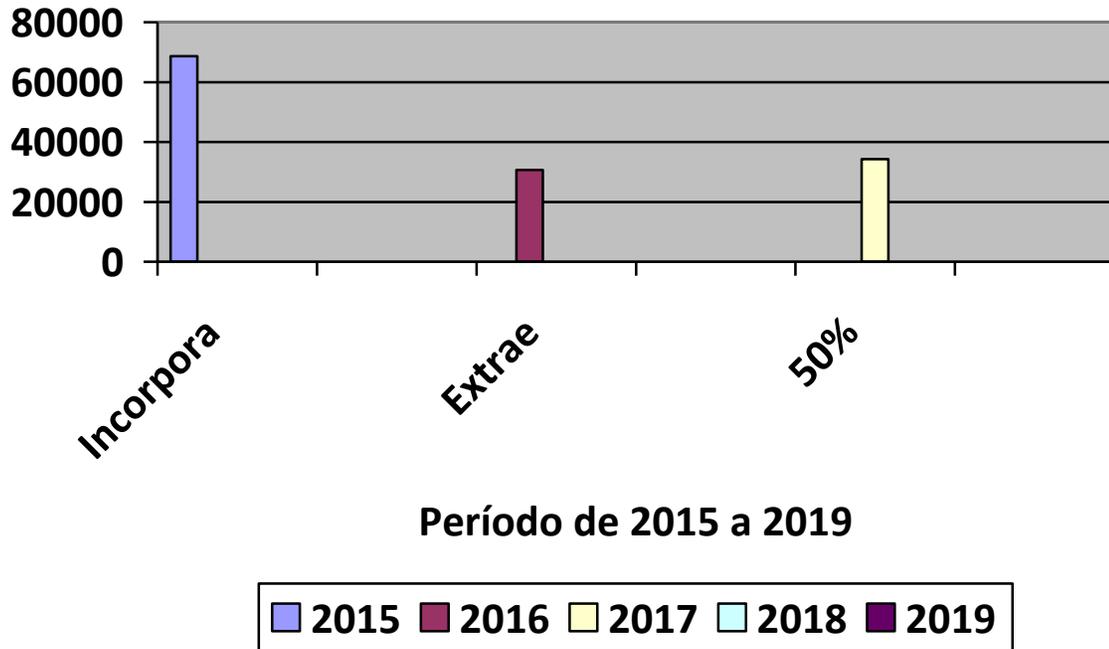


Gráfico No 6. Emisiones de gas metano (CH₄) en los años 2015-2019.

El gráfico No 6 muestra las emisiones de gas metano (CH₄) que serán emitidas a la atmósfera durante el período de siembra 2015-2019 en la EAIG Sur del Jíbaro, destacándose la incorporación directa de la misma al suelo por encima de la extracción total y al 50%.

3.9. Efectos sobre el rendimiento de la paja de arroz.

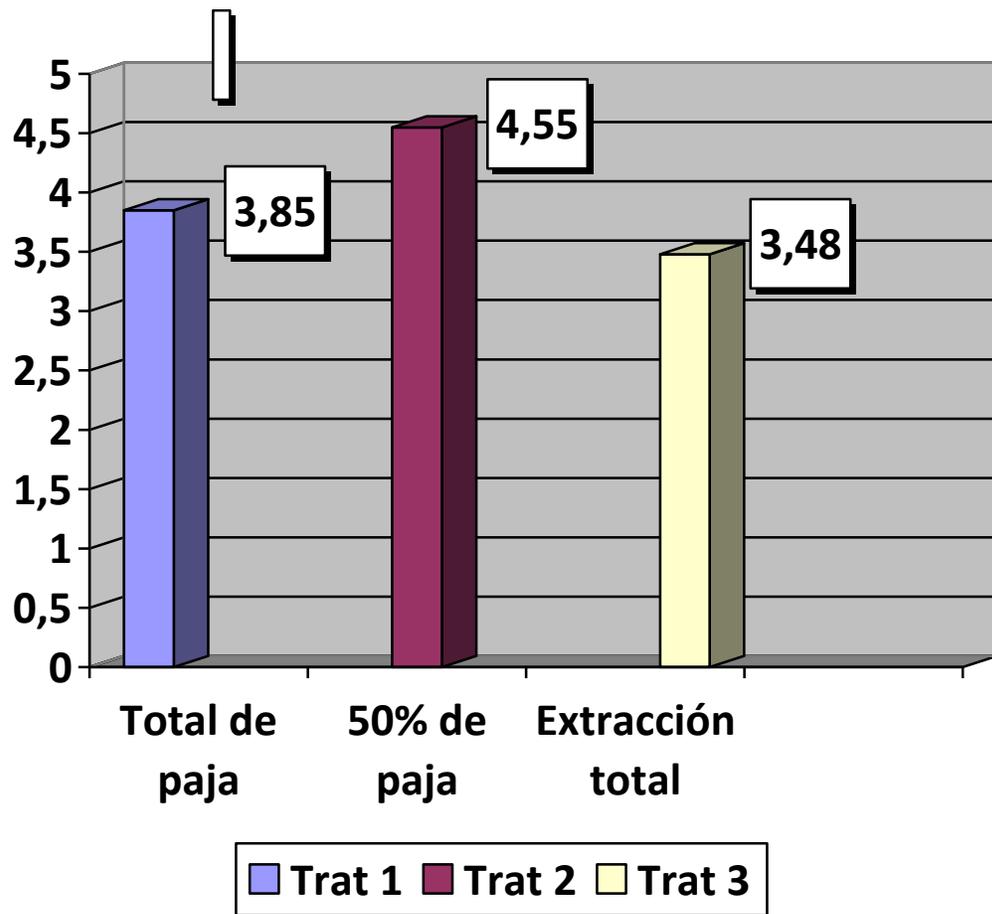


Gráfico 7. Efectos sobre el rendimiento de la paja de arroz.

Como se muestra en el gráfico anterior, según Martínez 2015, en experimento para comparar los efectos agronómicos de la paja de arroz en tres tratamientos (I. Incorporando el 100% de la paja, II. Incorporando el 50 % de la paja, III: Extrayendo la paja) se pudo comprobar que el segundo tratamiento obtuvo los mayores resultados con un rendimiento de 4.55 ton/ha, superando al tratamiento I y III con rendimientos de 3,85 y 3,48 ton/ha respectivamente, esto implica que se pueden obtener buenos rendimientos y disminuir las emisiones de gases contaminantes a la atmósfera si extraemos el 50 % de la paja del campo.

3.10. Propuesta de acciones para el manejo de la paja en la Empresa Agroindustrial de Granos Sur del Jíbaro.

La bibliografía consultada, así como las encuestas, entrevistas y consultas realizadas unido a los datos recopilados nos permitieron comprobar que realmente no existe un manejo planificado de los grandes volúmenes de paja que se producen actualmente en la Empresa Agroindustrial de Granos Sur del Jíbaro por lo cual proponemos las siguientes propuestas de acciones para mitigar los efectos negativos que puede ocasionar la misma al medio.

| No | Acciones | Responsable | Fecha de cumplimiento |
|----|--|---|-----------------------|
| 1 | Evaluar el cumplimiento de las medidas correctivas previstas en el Impacto ambiental para eliminar y/o mitigar la contaminación al medio ambiente producida por la paja de arroz. | Especialista de ciencia y técnica de la EAIG. | Semestral |
| 2 | Lograr incorporar la paja entre finalizada la cosecha y los 15 días. | Especialistas y productores. | Antes de la siembra. |
| 3 | Incentivar la incorporación de solo el 50 por ciento de la paja de arroz disminuyendo la cantidad de fertilizante químico así se reduce emisiones de gas metano (CH ₄) y la contaminación ambiental. | Especialistas y productores. | Permanente. |
| 4 | Elaborar programas de capacitación y divulgación refiriéndose a la importancia que depara para el futuro el uso correcto de la paja de arroz. | Dirección de recursos humanos de la EAG. | Permanente. |
| 5 | Evitar la quema para disminuir los efectos negativos que provoca al suelo y al medio ambiente. | Especialistas y Productores. | Permanente. |

| | | | |
|---|---|---|-------------|
| 6 | Evitar el doblaje continuo en la preparación de suelo con la tecnología de fangueo. | Especialistas y productores. | Permanente. |
| 7 | Aprovechamiento de los restos de cosecha que no se incorporan para utilizarlos como biogás o en la alimentación del ganado. | Especialista de ganadería y energético. | Permanente. |
| 8 | Utilización de parte de la paja en la elaboración de compost, para luego utilizarlo como abono orgánico. | Especialista de suelo. | Permanente |
| 9 | Analizar el cumplimiento de los programas de acción de cada unidad básica en los consejos de dirección. | Director | Trimestral |

3.11. Análisis estadístico.

Índice paja

| | Tratamiento | N | Subconjunto para alfa = 0.05 | | |
|---------------------------|-------------|----|------------------------------|--------|--------|
| | | | 1 | 2 | 3 |
| HSD de Tukey ^a | 2,00 | 40 | 3,2020 | | |
| | 3,00 | 40 | 3,5118 | | |
| | 1,00 | 40 | | 4,7480 | |
| | Sig. | | ,054 | 1,000 | |
| Duncan ^a | 2,00 | 40 | 3,2020 | | |
| | 3,00 | 40 | | 3,5118 | |
| | 1,00 | 40 | | | 4,7480 |
| | Sig. | | 1,000 | 1,000 | 1,000 |
| Gabriel ^a | 2,00 | 40 | 3,2020 | | |
| | 3,00 | 40 | 3,5118 | | |
| | 1,00 | 40 | | 4,7480 | |
| | Sig. | | ,061 | 1,000 | |

Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 40,000.

CONCLUSIONES.

1. A pesar de que existe poca bibliografía en el mundo que hable sobre el tema, se pudo comprobar que la incorporación de la paja de arroz al suelo durante el fangueo es una de las practicas que mayores emisiones de gases contaminantes emite a la atmósfera con alrededor de 418 kg/ha de metano.
2. Los datos capturados y los muestreos realizados permitieron comprobar que anualmente se producen entre 20000 y 80000 ton de paja de arroz en la EAIG Sur del Jíbaro de los cuales alrededor del 80% son incorporados al suelo, el 10% se extrae y el 8% se quema. Lo cual ha provocado una emisión de alrededor de 76667.53 kg/ha de metano en los últimos cinco años y se prevé la cantidad de 68635.60 kg/ha para el próximo quinquenio.
3. El cumplimiento del plan de acciones propuesto podría minimizar los efectos medioambientales negativos que causa el manejo inadecuado de la misma en los predios agrícolas de la EAIG Sur del Jíbaro.

RECOMENDACIONES

- Realizar estudios con el digestato producido a partir del tratamiento en el biogás de la paja de arroz para ser utilizado como fertilizante orgánico.

BIBLIOGRAFÍA

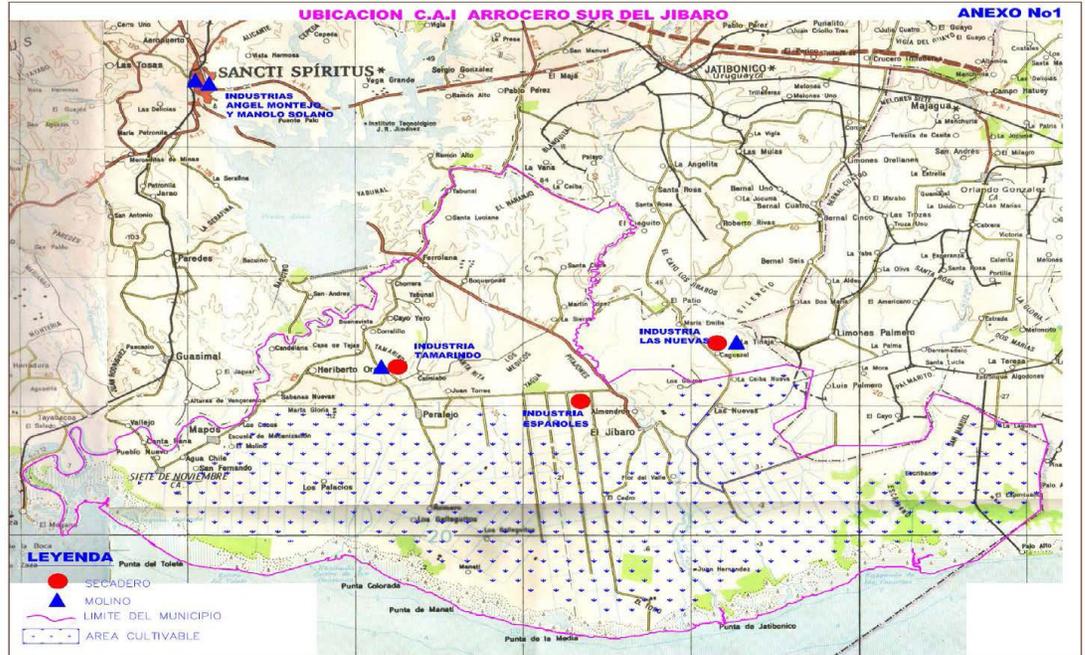
- Abril, A. (2006). Diversificación agroindustrial, crecimiento sostenible. Memorias de las Jornadas Técnicas de aprovechamiento de la paja de arroz y otros residuos vegetales, Valencia, Universidad de Valencia.
- Abril, D. Navarro, E y Abril, A. (2009). La paja de arroz. Consecuencias de su manejo y alternativas de aprovechamiento.
- Bartaburu, D., Montes, E., Pereira M (2010). Utilización de la paja de arroz en la alimentación animal.
- Chandra, R., Takeuchi, H. y Hasegawa, T. (2012). Methane production from lignocellulosic agricultural crop wastes: A review in context to second generation of biofuel production. *Renewable and Sustainable Energy Review*, 16, 1462-1476.
- Contreras, L .M., Pereda, I., Romero, O. (2012). Aprovechamiento energético de residuos arroceros por bio-conversión caso de estudio Cuba.
- Contreras, L. M. (2013). Digestión anaerobia de residuos de la agroindustria arrocera cubana para la producción de biogás. Tesis en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Técnicas.
- Datnoff, L. E., Deren, C. W. & Snyder, G. H. (1997). "Silicon fertilization for disease managment in Florida". In: *Crop Protection* 16, No. 6. pp. 525-531.
- Doberman, A. & Fairhurst, T. H. (2002). "Rice straw management". En: *Better Crops International*, Vol. 12. Special Supplement.
- Dockery, D. W., Pope, A. C., Xu X., Spengler, J. D., Ware, J. H., Fay, M. E., Ferris, Jr. B. G. & Speizer, F. E. (1993). "An association between air pollution and mortality in six U. S. Cities". In: *The New England Journal of Medicine*, No. 329. pp.1753-1759.
- EEA (2006). "Greenhouse gas emission trends and projections in Europe". In: *Report European Environment Agency*, No. 9.
- Elliot, C. L. & Snyder, G. H. (1991). "Si in rice Straw". In: *Journal of Agriculture Food Chemistry*, No. 6, Vol. 39. pp. 1118-1119.
- Fitzgerald, G. J., Scow, K. M. & Hill, J. E. (2000). "Fallow season straw and water management effects on methane emissions in California rice". In: *Global Biogeochemical Cycles*, No. 14. pp. 767-776.

- Gadde, B., Christoph, M. y Reiner, W. (2009). Rice straw as a renewable energy source in India, Thailand, and the Philippines: Overall potential and limitations for energy contribution and greenhouse gas mitigation. *Biomass and Bioenergy*, 33, 1532-1546.
- García, A. (2010). Mejoramiento de la eficiencia energética y económica del CAI Arrocero Sur del Jíbaro mediante estudio de potenciales de ahorro por aprovechamiento energético de residuos. Tesis en opción al grado de Master. Maestría de Eficiencia Energética. Centro Universitario "José Martí Pérez". Sancti Spíritus, Cuba.
- Kalra, M. S y Panwar J. S. (1986). Digestion of Rice Crop Residues. *Agricultural Wastes*, 17, 263-269.
- Kaufman, Y. J., Tanre, D. & Boucher, O. (2002). "A satellite view of aerosols in the climate system". In: *Nature*, No. 419. pp. 215-223.
- Lequerica, J. L., Vallés S. y Flors A. (1984). Kinetics of rice straw methane fermentation. *Appl Microbiol Biotechnol*, 19, 70-74.
- Lübken, M., Tito, G. y Marc W. (2010). Microbiological fermentation of lignocellulosic biomass: current state and prospects of mathematical modeling. *Appl Microbiol Biotechnol*, 85, 1643-1652.
- Linares, O. y Meneses, C. (2011). Comunicación personal con el Director y subdirector de Industria: Complejo Agroindustrial Arrocero CAI "Sur del Jíbaro". Sancti Spíritus, Diciembre 2011.
- McKendry P. "Energy production from biomass (part 1): overview of biomass". *Bioresource Technology*. 2002 Vol.83 p.37-46.
- Navarro, E. (2008). La biomasa de la Albufera, aprovechamiento y corrección de impactos. Valencia: Ed. Aleta Ediciones. Colección Aleta Investigación. 156 p.
- Petersson, A., Thomsen, H., Hauggaard-Nielsen, H. y Thomsen, A. (2007). Potential bioethanol and biogas production using lignocellulosic biomass from winter rye, oilseed rape and faba bean. *Biomass and Bioenergy*, 31, 812-819.
- Sarkar, A. (1997). "Energy-use patterns in sub-tropical rice-wheat cropping under short term application of crop residue and fertilizer". In: *Agriculture, Ecosystems and Environment*, No. 61. pp. 59-67.

- Savant, N. K., Snyder, G. H. & Datnoff, L. E. (1977). "Silicon management and sustainable rice production". In: *Advances in agronomy*, No. 58. pp. 151-159.
- Szydłowska, A. & Szlyk, E. (2003). "Spectrophotometric determination of total Phosphorus in rape seeds". In: *Food Chemistry*, No. 4, Vol. 81. pp. 613-619.
- Somayaji, D. y Khanna, S. (1994). Biomethanation of rice and wheat straw. *World Journal of Microbiology & Biotechnology*, 10, 198-212.
- Valverde, G., Sarria L. y Monteagudo Y. (2007). Análisis comparativo de las características físico-químicas de la cascarilla de arroz". *Scientia et Technica Año XIII*, No 37. Universidad Tecnológica de Pereira. ISSN 0122-1701
- Weiland, P. (2010). Biogas production: current state and perspectives. Mini-review. *Appl Microbiol Biotechnol*, 85, 849-860.
- Yu, J. Zhang J., He J., et al. (2009). Combinations of mild physical or chemical pretreatment with biological pretreatment for enzymatic hydrolysis of rice hull. *Bioresourcetechnology*, 100, 903-908.
- Zhang, R. y Zhang Z. (1999). Biogasification of rice straw with an anaerobic-phased solids digester system. *Bioresourcetechnology*, 68, 235-245.
- Zhao, R., Zhenya, Z., Ruiqin, Z., et al. (2010). Methane production from rice straw pretreated by a mixture of acetic-propionic acid. *Bioresourcetechnology*, 101, 990-994.

ANEXOS.

Anexo 1. Mapa que refleja la ubicación de la empresa.



Anexo 2. Combinada cortando arroz donde se aprecia los residuos de la parte trasera.



Anexo 3. Áreas del experimento.



Anexo 4. Relación de área prevista a sembrar desde el 2015 al 2019.

| Años | Área (ha) | Rend. (tn/ha) |
|-------------|------------------|----------------------|
| 2015 | 30196,0 | 4,12 |
| 2016 | 32150,0 | 3.88 |
| 2017 | 32500,0 | 3.91 |
| 2018 | 16300,0 | 4.50 |
| 2019 | 33100,0 | 4.15 |

Anexo 5. Encuesta realizada.

La presente encuesta pretende conocer sus consideraciones acerca del manejo de la paja en el cultivo del arroz por lo que le pedimos su cooperación y veracidad en la respuesta que nos ofrece al respecto. Muchas gracias.

1. A qué tipo de entidad productora pertenece.
 - CCS.
 - UBPC.
 - Centro científico.
 - Otros
 2. Cree usted que la incorporación de la paja de arroz al suelo después de la cosecha sea:
 - Beneficioso.
 - Perjudicial.
 3. ¿Qué consecuencias negativas cree usted que le ocasionaría al cultivo del arroz, la extracción de la paja después de la cosecha? Argumente con tres razones.
 4. Conoce usted de algún beneficio que ocasionaría al cultivo del arroz la extracción de la paja. Argumente con tres razones.
 5. Después de la cosecha, la paja de arroz tiene 3 destinos fundamentales.
 - Se quema.
 - Se extrae del campo.
 - Se incorpora al suelo.
- A su consideración en que por ciento se utiliza cada una de las opciones en su unidad productiva.
6. ¿Qué acciones se pudieran realizar para lograr un manejo adecuado de la paja de arroz en su predio productivo?