



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE BABAHOYO**  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS**  
**CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA**



**TRABAJO DE TITULACIÓN**

Componente práctico del Examen de Grado de carácter Complexivo,  
presentado al H. Consejo Directivo de la Facultad, como requisito  
previo para obtener el título de:

**INGENIERA AGRÓNOMA**

**Tema:**

Efecto de la quema de la caña de azúcar sobre la productividad y  
calidad del suelo en la zona de Milagro

**Autora:**

Eloina Estefanía Aroca Carriel

**Tutor:**

Ing. Agr. Eduardo Colina Navarrete, MSc.

**Babahoyo - Los Ríos - Ecuador**

**2021**

## INDICE

<b>Unidad</b>	<b>Pagina</b>
Dedicatoria	I
Agradecimiento	II
Resumen	III
Summary	IV
Introducción	1-2
Capítulo 1. Marco Metodológico	3-14
Capítulo 2. Resultados de la Investigación	15-21
Bibliografía	22-25
Anexos	

## DEDICATORIA

La presente tesis está dedicada a:

Principalmente a Dios, por ser el inspirador y darme la fuerza para continuar en este proceso de obtener uno de los anhelos más deseados. A mis padres Vicente Aroca y Mercedes Carriel quienes con su amor, sabiduría, paciencia y mucho esfuerzo me han permitido llegar a cumplir hoy un logro más, muchas gracias por inculcar en mí la valentía, dedicación y responsabilidad de no temer a las adversidades porque Dios está conmigo siempre.

Por el cual a mi hermano Ulises por su soporte, durante todo este proceso, por estar conmigo en todo momento gracias.

A mi novio Ariel por recorrer conmigo este camino, brindarme su apoyo incondicional, siendo mi lazarillo y tenerme mucha paciencia.

Definitivamente a los valiosos docentes que me impartieron sus conocimientos y me ayudaron a formarme como una profesional en cada paso que di.

Por ultimo quiero dedicar esta tesis a mis hermanas de otra madre Alejandra, Dania y Brigit por brindarme su apoyo cuando más las he necesitado, por extender su mano en momentos buenos, malos y más malos, por el amor brindado cada día, de verdad mil gracias.

## AGRADECIMIENTO

Mis más grandes agradecimientos a ti Dios porque me diste la oportunidad de vivir y más aún regalarme una familia maravillosa.

Con mucho amor principalmente a mis padres que me dieron la vida y han estado en todo momento. Gracias papa y mama por darme una carrera para mi futuro y más aún por creer en mí, aunque no estaban conforme con mi carrera universitaria, aunque hemos pasados muchos momentos difíciles, por el cual siempre me han estado apoyando y brindándome su esfuerzo y su dedicación me ayudaron a culminar mi carrera universitaria y me dieron el apoyo suficiente para no decaer cuando todo parecía complicado e imposible por todo eso les agradezco de todo corazón.

Asimismo, agradezco infinitamente a mi Hermano que con sus palabras me hacían sentir orgullosa y ser un ejemplo para él, a la Familia cervantes Burgos quienes me apoyaron y me extendieron su mano en mis primeros 2 años de mi carrera universitaria.

A mi Tía Irasema inmensamente agradecida por su apoyo y motivación para continuar con mi desarrollo profesional durante el tercer y cuarto año de estudio, por estar presente en mi vida y haber sembrado en mí principios y valores que me han llevado a ser la mujer que ahora soy gracias a sus atenciones hacia mi persona.

Definitivamente agradecida con mi querida FACIAG por brindarme conocimientos, experiencias y más aún compañeros que a lo largo de este proceso se convirtieron en mis amigos, Dania Escobar, Brigit Laborde, Anita Hurtado, Deyanira Zambrano, Roddy Álvarez, Ramón Andrade, Alex Calero, Miguel Mindiola, Damián Muñoz, Kevin Contreras, Joel García, donde hemos compartidos alegrías, tristezas, pero siempre hemos estado apoyándonos unos a otros para lograr un mismo sueño, e innumerables situaciones que quedan en nuestras mentes y corazones.

De igual forma, agradezco a mi Tutor de Tesina, que gracias a sus consejos y correcciones hoy puedo culminar este trabajo. Por ende a los docentes de mi querida FACIAG que me han visto crecer como persona, y gracias a sus conocimientos hoy puedo sentirme dichosa y contenta.



## RESUMEN

### “Efecto de la quema de la caña de azúcar sobre la productividad y calidad del suelo en la zona de Milagro”

#### **Autor**

Eloina Estefanía Aroca Carriel

#### **Tutor**

Ing. Agr. Eduardo Colina Navarrete

En Ecuador existen 110 000 ha, de estas 74 100 ha están destinadas a la producción de Azúcar y el resto para la producción de Panela. Los Ingenios más importantes en el país son: Valdez, San Carlos, Ecudos, Monterrey, Iancem e Isabel María. El rendimiento de Azúcar por tonelada de Caña es de 193,23 libras. Los estudios dirigidos a conocer el efecto de la quema sobre los suelos, microorganismos y otros factores de producción son aún incipientes a escala mundial. Se cuenta con experiencias puntuales fundamentalmente vinculadas al conocimiento de los procesos que afectan indicadores e, para mostrar los avances de las dimensiones básicas del desarrollo sostenible. Este trabajo práctico presenta como objetivos: Identificar la afectación ambiental de gases emitidos durante la quema de caña de azúcar en la zona de estudio y establecer la calidad del concentrado de caña en función de parámetros químicos diferenciando el proceso de cosecha. En esta investigación documental se empleó como metodología de revisión bibliográfica y encuesta in situ. El uso del fuego en la cosecha de la caña de azúcar afecta la densidad del suelo, en mayor medida, antes y después de la cosecha y la retención de humedad natural del suelo. Conservar la biomasa sin quemar contribuye a elevar la vida del micro y macrofauna del suelo, aunque los hongos micorrízicos no parecen afectarse con el uso de la quema; sin embargo, cuando no se utiliza fuego, se garantiza mayor diversidad de especímenes en el agroecosistema.

**Palabras Claves:** Caña, Quema de cultivo, Producción, Suelo.

## **SUMMARY**

"Effect of the burning of sugarcane on the productivity and quality of the soil in the area of Milagro"

### **Author**

Eloina Estefanía Aroca Carriel

### **Tutor**

Ing. Agr. Eduardo Colina Navarrete

In Ecuador there are 110,000 ha, of these 74 100 ha are destined for the production of Sugar and the rest for the production of Panela. The most important sugar mills in the country are: Valdez, San Carlos, Ecudos, Monterrey, Iancem and Isabel María. The sugar yield per ton of Cane is 193.23 pounds. Studies aimed at knowing the effect of burning on soils, microorganisms and other production factors are still incipient on a world scale. There are specific experiences fundamentally linked to the knowledge of the processes that affect indicators and, to show the progress of the basic dimensions of sustainable development. This practical work presents the following objectives: Identify the environmental impact of gases emitted during the burning of sugarcane in the study area and establish the quality of the cane concentrate based on chemical parameters, differentiating the harvesting process. In this documentary research, the methodology of bibliographic review and in situ survey was used. The use of fire in the sugarcane harvest affects the density of the soil, to a greater extent, before and after the harvest and the retention of natural soil moisture. Preserving the biomass without burning contributes to increasing the life of the soil micro and macrofauna, although mycorrhizal fungi do not seem to be affected by the use of burning; however, when fire is not used, greater diversity of specimens in the agroecosystem is guaranteed.

**Keywords:** Sugarcane, Crop burning, Production, Soil.

## INTRODUCCIÓN

La caña de azúcar (*Saccharum officinarum* L.), es una planta proveniente del sureste asiático, es la planta que mayor conversión hace de la energía solar en biomasa vegetal y contribuye con más del 72 % de la producción de azúcar que se consume en el mundo. Su importancia está dada, además, por su uso como materia prima en la producción de papel, alcohol, maderas, y en la alimentación animal entre otros beneficios (WSS, 2003).

A nivel mundial, la producción anual de caña de azúcar es 1,889 millones de toneladas aproximadamente y abarca un área de 24 millones de hectáreas. El mayor productor es Brasil (720 millones de toneladas) genera más del 40 % de la producción mundial. Junto con India y China son responsables de dos tercios de la producción mundial en un área de casi 15 millones de hectáreas. El rendimiento promedio de caña de azúcar en el mundo es cercano a 60 t/ha, algunos países tienen promedio de 100 t/ha o más. Dentro de los grandes con más de 20 millones de toneladas/año, Colombia, Argentina, Australia, Filipinas y Brasil suelen tener rendimientos promedio de 80t/ha o más (Yara 2020).

De acuerdo a la Federación Nacional de Azucareros - FENAZUCAR, existen más de 110 000 hectáreas de caña de azúcar en Ecuador, de las cuales entre 80 000 y 85 000 hectáreas se destinan a la producción de azúcar y, lo restante se utiliza para la producción de etanol y otros derivados como la panela. Entre los principales ingenios azucareros del país están San Carlos (Naranjito), Coazucar (ex Ingenio La Troncal), Monterrey (Loja) y Del Norte (Imbabura) (Sánchez *et al.* 2018).

Actualmente Fenazucar cuenta con 6 ingenios activos en Ecuador: en la costa Ingenio San Carlos, Valdez, La Troncal (Coazucar Ecuador), en Loja Ingenio Monterrey, en la provincia de Imbabura Ingenio Azucarero del Norte (Monterrey) y en la vía a Playas Ingenio San Juan (Bernal y Rodríguez 2020).

En el 2019, la superficie plantada de caña de azúcar para azúcar a nivel nacional fue de 126.246 hectáreas; mientras que para otros usos fue de 17.870 hectáreas, las provincias de guayas, Loja e Imbabura presentan las mayores áreas, siendo guayas la



principal (INEC-ESPAC 2019). Los promedios de producción de caña en zafra rondan las 72,3 t/ha (CINCAE 2019).

La quema de la caña de azúcar previo al corte, se utiliza para la eliminación de las arvenses y la macrofauna nociva que habitan en ella, confiriendo mayor facilidad en su corte; sin embargo, esta práctica agrícola puede modificar el microhábitat o el ambiente natural e influir sobre la distribución y actividad de la biota edáfica, el deterioro del suelo por la pérdida de humedad, destrucción de la materia orgánica, contaminación y consumo excesivo de agua, pérdida de nitrógeno, contaminación atmosférica por la emisión de humo y ceniza, deterioro de la capa de ozono, reducción de la calidad del jugo de la caña, así como pérdida de biodiversidad (Castillo *et al.*).

No obstante, por diversas razones de carácter económico, la práctica de la quema de la caña de azúcar antes y después de la cosecha aún persiste en Ecuador, quizás por la aparente ventaja de lograr mayor eficiencia en la labor de cosecha (Toledo, 2008).

Con el auge de la agricultura ecológica, se ha incrementado a escala internacional las prácticas que protegen el medioambiente, es por ello que tomando en consideración que el uso del fuego, en la cosecha de la caña de azúcar, no resulta ambientalmente adecuado.

La investigación tiene como objetivo identificar los efectos sobre algunos de los principales indicadores relacionados con la biodiversidad del suelo, calidad de caña y productividad de los canteros.

# CAPÍTULO I

## MARCO METODOLÓGICO

### 1.1. Definición del tema caso de estudio

En el presente documento se estudió efecto de la quema de la caña de azúcar sobre la productividad y calidad del suelo en la zona de Milagro. En especial se trabajó en sectores relacionados directamente con el cultivo en la zona.

### 1.2. Planteamiento del problema

La agricultura convencional de manejo de cultivos, en especial caña de azúcar, provocó consecuencias negativas en los ecosistemas como erosión y pérdida de fertilidad de los suelos, quema, pérdida del patrimonio genético generado históricamente por los agricultores, pérdida de biodiversidad, contaminación de suelos y agua, intoxicación de la gente de campo que está en contacto directo con los agrotóxicos y también de los consumidores de los alimentos. De esta forma nos podemos dar cuenta de las enormes consecuencias que esta casusa sobre el medio; sobre todo, con la flora y la fauna autóctona.

Hasta el momento la fertilidad de los suelos se mantenía mediante la rotación de cultivos y se integraban la producción animal y la vegetal. La introducción de los fertilizantes químicos y posteriormente de plaguicidas agrotóxicos en forma masiva, la utilización de híbridos de alto rendimiento, la mecanización de la agricultura, permitieron intensificar los sistemas productivos, abandonar el sistema de rotación y pasar al monocultivo, así como divorciar la producción animal y vegetal.

Los estudios dirigidos a conocer el efecto de la quema sobre los suelos, microorganismos y otros factores de producción son aún incipientes a escala mundial. Se cuenta con experiencias puntuales fundamentalmente vinculadas al conocimiento de los procesos que afectan indicadores e, para mostrar los avances de las dimensiones básicas del desarrollo sostenible.

La quema del suelo es una práctica bastante común en algunas regiones del país y se aplica, primordialmente, como medida de control de malezas o lo que se conoce como tacotales, también se utiliza para preparar el cultivo de la caña para la cosecha, este último

cada vez es menos utilizado. Tiene la enorme ventaja de que prácticamente no tiene costo, ya que el fuego se encarga de eliminar las malezas y la única función que cumple el productor, es vigilar el fuego y evitar que se pase a zonas que no se desean quemar.

A pesar de lo anterior, tiene varias desventajas, siendo la principal, el riesgo que tiene para la salud de las personas, el que el fuego se salga de control y ocasione un incendio de proporciones enormes. Además, el otro grave problema que presenta, es el peligro de que el suelo se erosione si muy próximo a la quema, empieza a llover. Hay que recordar que, al quemar el terreno, éste queda sin vegetación, o sea, totalmente desprotegido, y de los materiales quemados, únicamente persisten las cenizas, que son los minerales que las plantas requieren.

### **1.3. Justificación**

De acuerdo con el Ministerio del Ambiente (MAE), la industria azucarera en el país presenta problemas de contaminación en el agua, producto de su elevado consumo energético, descarga de agua con alta temperatura y gran contenido de materia orgánica (bagazo, cachaza y vinazas); el agua residual, producto de su operación, representa 28% del total a nivel nacional; logrando el giro que más contribuye en cuanto a la descarga de materia orgánica en aguas residuales, seguido de la industria petrolera con 19% y la agropecuaria con 17%. Asimismo, contribuye a la contaminación del aire por la utilización de bagazo y combustóleo como combustibles en el proceso, ya que la gran mayoría de los ingenios carecen de equipo para el control de emisiones.

A pesar de los esfuerzos realizados por mejorar la gestión ambiental de esta industria, no se ha logrado fomentar la prevención, minimización y control de la contaminación ambiental. La prevención es una estrategia de eliminación de contaminantes, emisiones o residuos desde su origen en la fuente mediante el aumento de eficiencia en los procesos, prácticas de reúso de materiales durante la producción, reducción del consumo de agua, modificaciones tecnológicas o uso de tecnología limpia, así como mejoras en los servicios de gestión de limpieza y mantenimiento.

Esta investigación propone estrategias de prevención y minimización en un general para ingenios azucareros del país, para transformar un proceso, mejorando su eficiencia y aplicando la prevención de la contaminación desde su punto de origen; a través de la

conservación y ahorro de materias primas, insumos, agua y energía a lo largo del proceso industrial.

Los beneficios más importantes de la aplicación de la prevención, minimización y control de la contaminación ambiental son los ambientales, económicos con responsabilidad social y salud pública. No obstante, las principales limitaciones para su correcta aplicación son la resistencia al cambio, los aspectos económicos, financieros y sobre todo la falta de educación ambiental para lograr una conciencia real hacia el cuidado del ambiente

## **1.4. Objetivos**

### **1.4.1. General**

Determinar el efecto de la quema de la caña de azúcar sobre la productividad y calidad del suelo en la zona de Milagro.

### **1.4.2. Específicos**

1. Identificar la afectación ambiental de gases emitidos durante la quema de caña de azúcar en la zona de estudio.
2. Establecer la calidad del concentrado de caña en función de parámetros químicos diferenciando el proceso de cosecha.

## **1.5. Fundamentación teórica**

En términos de producción, la caña, es el cultivo primario de azúcar a nivel mundial. El número actual de producción se ubica en 1450 millones de toneladas de azúcar, de 22 millones de hectáreas alrededor del mundo. Los países productores líderes de caña son Brasil, India y China, con aproximadamente 60% de la producción mundial. Su presencia dentro de la industria, va ganando mayor presencia, como en el caso de la industria del bio-combustible, un buen ejemplo es Brasil, ya que utiliza el 48% de su producción de caña para producir etanol, mientras que el resto es ocupado para la producción de azúcar (FAOSTAT 2020).

En Ecuador existen 110 000 ha, de estas 74 100 ha están destinadas a la producción de Azúcar y el resto para la producción de Panela. Los Ingenios más importantes en el país son: Valdez, San Carlos, Ecudos, Monterrey, Iancem e Isabel María. El rendimiento de Azúcar por tonelada de Caña es de 193,23 libras. El 20 % se destina a la fabricación de Panela y el 80 % del área total sembrada en el Ecuador está destinada para la producción de Azúcar y alcohol etílico a partir del jugo de caña y la melaza respectivamente (Ecuaquimica 2015).

La caña de azúcar es un cultivo de alta importancia en Ecuador, del cual se extrae el azúcar que es un producto que forma parte de la canasta básica de los ecuatorianos y es ingrediente fundamental de muchos alimentos elaborados y semi-elaborados de consumo masivo. Adicionalmente, puede producirse alcohol como carburante y proporciona el bagazo para cogeneración. Es una fuente importante de mano de obra en forma directa o indirecta a través de los ingenios azucareros, los cultivadores de caña y las industrias o pequeñas empresas que basan su producción en el azúcar y coproductor, en todas las regiones del Ecuador (Castillo y Silva 2004).

Así mismo indican que la superficie que se siembra para la producción de la caña de azúcar se encuentra distribuida porcentualmente en las siguientes provincias: el 72,4 % en el Guayas, 19,60 % en el Cañar, el 4,20 % en el Carchi e Imbabura, el 2,4 % en Los Ríos, y el 1,40 % en Loja.

En el 2019, se cosecharon 121 812 hectáreas de caña de azúcar para azúcar, registrando un crecimiento del 23,2 %, con respecto al 2018. La caña de azúcar para azúcar está localizada principalmente en la Región Costa, siendo la provincia del Guayas quien alcanzó el 81,4 % de la superficie total cosechada. a producción anual fue de 9,3 millones de toneladas, presentando un crecimiento del 23,4 %. Las provincias del Guayas, Cañar e Imbabura alcanzaron el 95,8 % de la producción total (INEC 2019).

### **1.5.1. Quema de la caña de azúcar**

En virtud de los efectos nocivos contra la calidad de vida y el medio ambiente ocasionados por la quema de la caña de azúcar previo a su cosecha, se vienen realizando en los principales países productores de este importante cultivo, teniendo como

prospectiva a mediano y largo plazo optar por un cambio de la cosecha tradicional aún imperante, hacia una cosecha en verde que mitigue la contaminación, sin dejar de considerar los impactos económicos y sociales, en favor de un desarrollo sostenible (Dance y Saenz 2016).

La quema de la caña de azúcar representa una importante fuente de contaminación en diferentes zonas. Esta quema se realiza antes de la cosecha en donde las hojas secas son incineradas, se hace para garantizar el control de plagas y reducir los costos de la cosecha. Cuando se efectúa la quema de caña, se produce una contaminación en la cual se puede observar una lluvia de partículas y cenizas volátiles acompañadas de humo y gases no visibles. Las más afectadas son las amas de casa, pues estas cenizas volátiles ensucian los pisos, enseres del hogar y la ropa colocada en tendederos (Carrera, Loyola e Iglesias 2009).

En un ambiente social y político de escasas restricciones ambientales, previo al corte manual de caña, se incendia el cañaveral con la finalidad de eliminar la mayor parte de follaje seco para así facilitar el acceso de los cortadores. Una vez quemado el cañal entra la cuadrilla de cortadores para cortar los tallos con machete, desde su parte más baja, separando el follaje que no se incinera (hojas verdes y punta). Se van formando pilas de los tallos cortados de alrededor de 300 kg orientados perpendicularmente al sentido de los surcos. Ya cortada la caña y alineada en bultos entra el cargador mecánico que los deposita en una unidad de transporte para su traslado al ingenio (Vilaboa y Barroso 2013).

Todo el follaje remanente es dejado sobre el terreno en una orientación similar a la de los tallos de 2 a 6 días para su secado y después eliminarlos finalmente en una segunda quema (Ahumada 2009).

Para realizar una quema se debe tomar en cuenta los vientos dominantes en ese preciso momento, así como la temperatura ambiental. Es un procedimiento cada vez menos aceptado por las comunidades que habitan cerca del área de influencia a los ingenios, para mala fortuna de la ecología se realizan en casi la totalidad de países cañeros, salvo en Australia y en Cuba (ISO 2005).

En lo que respecta a las cenizas, cuando se efectúa una quema se observa una lluvia de las mismas sobre las áreas aledañas. Estas cenizas van acompañadas, de acuerdo a Cabrera y Zuaznabar (2010), de humo y una serie de gases tales como: Monóxido de

nitrógeno, Anhídrido sulfuroso, Anhídrido carbónico, Monóxido de carbono, Hidrocarburos y Óxido de azufre.

Pese a que las condiciones de quema son en el caso particular de las plantaciones comerciales de caña de azúcar predeterminadas, controladas y reguladas, resulta obvio que en el interior de la plantación muchas de las especies animales (mamíferos, aves, roedores, insectos, etc.) que puedan estar presentes podrían verse eventualmente afectadas por el fuego caso no puedan abandonar el lugar a tiempo, lo que afecta la biodiversidad, el ecosistema y el equilibrio biológico. Es por ello necesario, prudente y estratégico dejar suficientes espacios en los “frentes de quema” para que los seres vivos allí presentes puedan salir sin perjuicio de la Biodiversidad y el Ecosistema (Weyslab 2019).

Así mismo indican que la quema e incineración del material vegetal induce la formación de CO<sub>2</sub> que es liberado a la atmósfera, favoreciendo con ello el denominado efecto invernadero y contribuyendo al calentamiento global del Planeta. Además, al quemarse buena parte del material vegetal residual de la cosecha presente, mucha de la Materia Orgánica (M.O) que normalmente se deposita en el suelo cuando la plantación no se quema desaparece, eliminando con ello la posibilidad de que su posterior mineralización y humificación. También el calor generado por las quemas afecta los agentes y la actividad biológica y microbiológica que existe naturalmente en el suelo.

Los impactos ambientales de las actividades agrícolas afectan grandes áreas de manera poco precisa, frecuentemente crónica, intermitente y de difícil cuantificación. En varios casos, los impactos ambientales más graves de la agricultura son invisibles a los ojos de la población, los consumidores y de los propios agricultores. Entre los principales impactos ambientales del cultivo de la caña de azúcar se encuentra la práctica de quema de caña de azúcar antes de la cosecha, y empobrecimiento de la diversidad biológica (vegetal y animal) debido a la eliminación de todos los seres vivos por la expansión de este monocultivo (Zoratto 2006).

Existen numerosos estudios acerca de la relación entre la contaminación originada por la quema de la caña de azúcar. Se estima que la quema de la caña de azúcar tiene relación con la concentración de partículas menores a diez micras (PM10). Existe una asociación positiva entre aumentos en la quema de la caña de azúcar y la concentración del contaminante (Dávalos 2007).

### **1.5.2. Efecto de la quema de la caña sobre población de microorganismos**

Según reportes de CENICAÑA algunas especies de la macrofauna del suelo favorecedoras de la mineralización, como las hormigas y termitas entre otros, generalmente resultan afectadas en sus poblaciones con la incidencia de las altas temperaturas que se generan durante la combustión de las plantaciones de caña de azúcar. Es conocido, además, que cuando se introducen cambios que alteran los procesos edáficos, se afecta negativamente la macrofauna asociada y sus funciones esenciales (Gardi *et al.* 2002).

El crecimiento de las plantas, en el cultivo de la caña de azúcar, se generan condiciones para el establecimiento de diversas especies de fauna (Brown *et al.* 2001), tal y como ocurre en un ecosistema durante el proceso de sucesión ecológica. Y dado que, el cultivo permanece prácticamente sin ninguna intervención durante todo el ciclo, a excepción del riego, éste resulta un hábitat adecuado para diferentes especies de macroorganismos, que lo pueden usar como sitio de anidamiento, para alimentarse o como corredor para trasladarse de un lugar a otro.

Estudios relacionados con el manejo del suelo y los cultivos, sobre la diversidad biológica, han brindado información sobre la necesidad de adoptar medidas de manejo en los agroecosistemas, buscando armonía con la naturaleza (Vázquez 2001).

Generalmente, los sistemas agrícolas por ser más simples que los naturales, poseen asociadas un menor número de especies y por tanto, menor número de enemigos naturales, en particular, los monocultivos constituyen los agroecosistemas menos diversos, por ello, los nichos ecológicos deben ser enriquecidos con diferentes cultivos que aporten variadas fuentes de materia orgánica (MO), a través de su biomasa, para generar diversidad y poblaciones deseables de organismos en el suelo (Pohlan y Borgman 2006), de modo que el efecto de prácticas que empleen el fuego como alternativa, causen el menor daño posible.



Las escasas cantidades de esporas de hongos micorrízicos o su abundancia de esporas de HMA es mayor en sistemas donde se utilizan especies arbóreas de manera intercalada en comparación con sistemas de monocultivo (Chiffot *et al.* 2009). La densidad de hongos o estructuras fúngicas disminuye y se hacen más abundantes las funciones de acción lítica bacteriana (Cook 2006).

En muchos países se utiliza la quema de la vegetación superficial como una labor agrícola más, sin considerar el impacto negativo que la misma puede causar sobre el ambiente y particularmente sobre la biota edáfica; en este caso, la no aparición de afectaciones totales por el uso del fuego sobre los hongos micorrízicos. Por otra parte, es conocido que los hongos micorrízicos aparecen adheridos a las raíces del cultivo y sus niveles de concentración más altos no están precisamente donde incide con mayor fuerza la intensidad del fuego, que según INICA (2002), no rebasa los 5 cm de profundidad del suelo.

La escasa conductividad del calor a través del suelo y el corto tiempo de exposición al fuego durante la quema, al parecer no provocaron efectos negativos marcados sobre los HMA, por lo que su nivel de perturbación resultó intrascendente. Este resultado está respaldado por autores como, Fernández y Novo (2008) que han asegurado que el fuego en plantaciones de caña de azúcar no alteraba apreciablemente a la flora del suelo. Según estos autores, el poco efecto de este tipo de quema sobre los microorganismos edáficos pudiera deberse esencialmente a que la temperatura máxima del suelo a los 2-5 cm de profundidad no alcanza valores que superen los 35 °C, la cual está muy lejos de afectar de forma irreversible la actividad biológica del suelo.

Las células del género bacteriano *Azospirillum* spp., no solo ocupan la superficie de las raíces, sino que establecen una relación directa con la planta, al penetrar por la corteza de la raíz, principalmente en las áreas de elongación celular y los pelos radicales, pudiendo ser aisladas de la rizosfera o del interior de las plantas (Souza-Moreira *et al.* 2010). Hecho que permite que estas bacterias puedan sobrevivir en la rizósfera por largos períodos de tiempo, y quizás en presencia de condiciones no muy favorables; pudiendo de algún modo influir en el crecimiento vegetal, pues por otra parte se conoce de la capacidad del género *Azospirillum* spp. para producir sustancias estimuladoras del crecimiento vegetal (Sasaki *et al.* 2010).

De acuerdo con investigaciones precedentes realizadas en el cultivo de la caña de azúcar, se aislaron aproximadamente 50 microorganismos diferentes de la caña verde y 17 de la superficie de la caña quemada, observándose una disminución en los índices de microorganismos edáficos. Estos resultados, coinciden en parte con los obtenidos por Hernández (2002), al evaluar suelos no intervenidos respecto a los utilizados en función de la producción agrícola, y simultáneamente están ofreciendo un aval de sustento a la conservación de la biomasa sin quemar, por ser la de menor afectación en el agroecosistema, para los microorganismos evaluados en esta investigación.

Los microorganismos juegan un papel insustituible en la preservación del equilibrio y la riqueza biológica del suelo. En el caso específico de la caña de azúcar se ha demostrado que diferentes microorganismos asociados a sus raíces pueden fijar el nitrógeno atmosférico estimular el crecimiento vegetal, lo que permite su cultivo en muchas zonas sin aporte de abonos nitrogenados. No obstante, la quema continuada de la vegetación y rastrojos en los suelos agrícolas, pueden tener consecuencias desfavorables a largo plazo sobre los microorganismos edáficos, al desaparecer las fuentes naturales de materia orgánica, sustrato energético básico para los mismos, independientemente de las significativas aportaciones minerales en forma de cenizas (Leyva, 2010).

Entre las labores de cultivo más importantes y que pueden modificar el ambiente natural, se encuentran las quemas de la vegetación; práctica agrícola que puede provocar variaciones en el microhabitat e influir de forma positiva o negativa sobre la distribución y actividad de la flora edáfica, ya que parte de los residuos del cultivo es eliminada y con ello los microorganismos que la descomponen, lo que conlleva a una drástica reducción de los aportes de C orgánico (Terumim *et al.* 2006).

Un aumento significativo de la respiración por efecto de la conservación de los residuos de cosecha; con quema muestra una alta respiración, incluso superior a la conservación de toda la biomasa. Esto se explica solo por alguna influencia, ante un similar sistema radicular, siempre en proceso de muerte y regeneración con posible estimulación del calor a dicho proceso por un corto período de tiempo. El incremento de la disponibilidad de C orgánico y nutrientes, parece estar en una relación de influencia, demostrándose la importancia de los residuos orgánicos para mantener una alta biomasa microbiana y elevada fertilidad del suelo, ya que pueden actuar como fuente y sumidero

del CO<sub>2</sub> atmosférico, o por la acción de diferentes géneros microbianos que toman el C de la planta y lo fijan al suelo (Sainju *et al.* 2008).

### **1.5.3. Efecto de la quema de la caña sobre propiedades del suelo**

La densidad aparente en suelos sin quemar, presenta valores de dS inferiores a aquellos suelos donde se produce quemar (antes y después de la cosecha), en estos casos existe de un menor nivel de compactación en el suelo (Sánchez *et al.* 2003).

Así mismo demostraron las ventajas de conservar la biomasa de las cosechas para mejorar significativamente la humedad residual, aunque aseguraron que dos años fueron insuficientes para mostrar diferencias favorables a la conservación de los residuos. La conservación de la biomasa mejoró la dS, cuyo principal efecto positivo es el de preservar una mejor aireación en el suelo, facilidades para el desarrollo radicular y una eficiente conservación de la humedad para los períodos de máxima sequía (Díaz 2009).

El porcentaje de humedad en el suelo presenta aumentos cuando se conserva sin quemar la biomasa residual en la cosecha. Cuando se produce quema la conservación de la humedad disminuye, sin embargo, mientras mayor sea la exposición al calor este parámetro tiende a aumentar. Hay que tomar en consideración que si permanece sobre la superficie del suelo entre un 60 y 65 % de la biomasa residual total, equivalente al 30 % de toda la biomasa producida incluyendo los tallos molederos (Casanova, 2012), el efecto de la falta de la cobertura necesaria para proteger totalmente la superficie del suelo, impide la suficiente conservación de humedad, aun cuando con una quema se incineran fundamentalmente las hojas y tallos secos, que se encuentran a razón de 106,2 kg.t-1 de tallos frente a 64,8 de hojas verdes (Cabrera y Zuasnabar, 2010).

La conservación de la humedad del suelo, como medida para elevar los rendimientos ha sido reportado por Oliveira *et al.* (2003) y por García (2008), para la caña de azúcar, estos demostraron que la humedad conservada bajo biomasa, superó al suelo desnudo en un 42 %, 10 días después de un riego, lo cual además de favorecer las

condiciones para una mayor actividad biológica, redujo la realización de riegos periódicos, con aportes de tipo económicos para el balance energético.

## **1.6. Hipótesis**

Ho= Es importante medir el efecto de la quema de la caña de azúcar sobre la productividad y calidad del suelo en la zona de Milagro.

Ha= No es importante medir el efecto de la quema de la caña de azúcar sobre la productividad y calidad del suelo en la zona de Milagro.

## **1.7. Metodología de la investigación**

Con el fin de obtener la información para la ejecución del presente trabajo de investigación se tomarán varias consideraciones en el proceso de colecta de información.

El primer paso será la compilación bibliográfica de información, esta se realizará en: libros, revistas científicas, revistas técnicas y periódicos (físicos-digitales). Por el efecto se clasificará la información y valorará su importancia técnica.

En un segundo paso se hará la colecta de una encuesta a 10 técnicos relacionados al trabajo que realizan en la cosecha de caña de azúcar. Esta indagación estará constituida por 7 preguntas cerradas de aplicación directa y será evaluada de manera telemática o a través de llamadas telefónicas, esto en función del tiempo de los técnicos de las empresas.

Como tercer paso se solicitará información de estudios que hayan realizado los canteros sobre la problemática de la quema, ya que estos trabajos son esenciales debido a las exigencias del Ministerio del Ambiente del Ecuador (MAE). Con esto se establecerá un cuadro comparativo de la emisión de gases en el proceso de quema.

## **CAPÍTULO II**

### **RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN**

#### **2.1. Desarrollo del caso**

De conformidad con el plan de investigación aprobado se aplicó 10 encuestas distribuidas en entre personal técnico de los ingenios, relacionados con el manejo del cultivo en campo de la ciudad de Milagro.

#### **2.2. Situaciones detectadas (hallazgo)**

Las encuestas constan de un cuestionario escrito, cuyas preguntas y respuestas se describen y analizan a continuación:

Pregunta 1. ¿A su juicio, con qué frecuencia se produce la quema de caña de azúcar en Milagro?

<b>Indicadores</b>	<b>Frecuencia</b>	<b>Porcentajes</b>
Diaria	0	0
Semanal	0	0
Quincenal	0	0
Mensual	3	30
Otro	7	70
Total	10	100

De las personas que contestaron el 70 % manifestó que la quema de caña en el cantón Milagro corresponde a otros, mientras que el 30 % de los encuestados manifestó que es mensual. La respuesta otro se basa en que los ingenios cosechan la caña una vez al año, sin embargo, la duración de este proceso a partir de allí es casi mensual.

Pregunta 2. ¿Existe contaminación por la quema de la caña de azúcar en Milagro?

<b>Indicadores</b>	<b>Frecuencia</b>	<b>Porcentajes</b>
Si	2	20
No	5	50
En parte	3	30
Total	10	100

El 20 % de los encuestados manifestaron que, si existe contaminación en la zona, mientras que el 50 % manifestó que no existe contaminación, así un 30 % manifestó que esta contaminación es parcial. Es evidente que existe la contaminación por la quema de la caña de azúcar, sin embargo, los técnicos desde cierto punto, deben minimizar este efecto por cuidar a la empresa en la cual trabajan.

Pregunta 3. ¿Cuál de los siguientes factores ambientales se contaminan o son afectados por la quema de caña de azúcar?

<b>Indicadores</b>	<b>Frecuencia</b>	<b>Porcentajes</b>
Agua	0	0
Suelo	4	40
En parte	2	20
Total	6	60

El 40 % de los encuestados manifestaron que la quema produce como problemas principal afectaciones sobre los suelos, un 20 % indica que en todos los parámetros evaluados y en el aire, el 40% de los encuestados restante no respondieron a la respectiva

encuesta. La contaminación por la quema de la caña se da en todos los factores ambientales (agua, suelo, aire, flora y fauna), ya que el viento lleva la ceniza diversos lugares afectando así estos factores trayendo como consecuencia cultivos dañados, agua contaminada, afectación a la flora y a la fauna y enfermedades respiratorias.

Pregunta 4. ¿Cree que se puede suspender la quema de caña de azúcar?

<b>Indicadores</b>	<b>Frecuencia</b>	<b>Porcentajes</b>
Si	2	20
No	5	50
En parte	3	30
Total	10	100

El 50 % de los encuestados manifestaron que no se debe suspender la quema del cultivo de caña, un 20 % indica que, si debe suspender, mientras que un 30 % considera que debe ser parcial o en partes. Esto indica que aún existe un número alto de técnicos que considera que quemar los canteros ayuda en el proceso productivo del cultivo.

Pregunta 5. ¿Cree usted que con la quema de la caña de azúcar destruye la población de microorganismos que habitan en el suelo?

<b>Indicadores</b>	<b>Frecuencia</b>	<b>Porcentajes</b>
Si	7	70
No	3	30
En parte	0	0
Total	10	100

El 70 % de los encuestados manifestaron que si se afectan las poblaciones de microorganismos que habitan en el suelo, mientras un 30 % considera que no se afectan.

Esto muestra desconocimiento por parte de un grupo de técnicos que no toman en consideración los artículos científicos generados.

Pregunta 6. ¿Sabe usted si existe alguna reglamentación que evita o controle la quema de los cultivos de caña de azúcar?

<b>Indicadores</b>	<b>Frecuencia</b>	<b>Porcentajes</b>
Si	8	80
No	2	20
En parte	0	0
Total	10	100

El 80 % de los encuestados manifestaron que si conocen normativas que controlen la quema del cultivo de caña, un 20 % manifestó desconocer sobre el tema. Esto detalla un alto grado de conocimiento sobre el tema legal.

Pregunta 7. ¿Sabe cuál o cuáles de estas entidades ejercen control sobre los cultivos y quemas de la caña de azúcar?

<b>Indicadores</b>	<b>Frecuencia</b>	<b>Porcentajes</b>
MAE	4	40
MAGAP-MAG	3	30
Municipio	2	20
Prefectura	1	10
Total	10	100

El 40 % de los encuestados manifestaron que quien controla es el Ministerio del Ambiente, un 30 % manifestó que es el Ministerio de Agricultura, el 20 % considera que quien controla es el municipio local y un 10 % menciona que es la Prefectura. Este



particular denota que no hay un grado adecuado de conocimiento sobre quien es el ente regulador del proceso de cosecha en la caña.

### **2.3. Soluciones Planteadas**

En cuanto al desarrollo de procedimientos y sistemas para el manejo y control adecuado de la quema de caña de azúcar por parte de la autoridad correspondiente, se puede observar su existencia, sin embargo, no siempre son eficaces para garantizar la salubridad y cuidado del medio ambiente.

En este contexto, se denota un porcentaje negativo por la despreocupación e indiferencia ante el tema de la quema de caña de los monocultivos, identificados en algunos de los encuestados. Es probable que algunos profesionales del área ambiental y autoridad competente, no tengan en cuenta que es de suma importancia la implementación de los procedimientos adecuados. Es fundamental que sea revisto por los profesionales ambientales, ya que es una actividad propia de éstos, la cual requiere de exactitud, compromiso y conocimiento científico para que no sucedan casos adversos producto del impacto ambiental.

Se desconoce qué proporción de la contaminación es liberada por esta actividad y no se ha identificado el impacto que ésta genera en sus habitantes. Sin embargo, el monocultivo de caña de azúcar es la principal actividad productiva de la zona.

Estos incendios controlados, matan todo tipo de gusanos que se encargan de abrir orificios para que la tierra se oxigene, y contribuyen a que el agua se distribuya por las raíces de las plantas y se eviten inundaciones, así como también elimina cucarrones, lombrices e insectos y los microorganismos al interior de la tierra y demás animales rastreros y voladores mueren por efecto de las llamas tales como pájaros, ranas, culebras, conejos abejas, mariposas, entre otros.

La economía es una de las respuestas, porque la caña de azúcar se recoge mediante máquinas después de ser cortada manualmente y si no se quema llevaría hojas, palos y basura hasta el lugar de procesamiento, lo cual incrementa la mano de obra y por lo tanto los costos de producción, además, la caña de azúcar con el calor suelta más fácil la sacarosa generando mayor rendimiento en la fabricación del azúcar y etanol. También se protege a los corteros pues las llamas destruyen la pelusa que afecta la piel de las personas.

Los trapiches paneleros son un ejemplo de que esta práctica no es necesaria; pues cortan la caña sin quemarla, algunos utilizan tecnología moderna para procesar el bagazo, las basuras y residuos de la caña de azúcar, los que son usados como combustible para cocinar.

La caña de azúcar se quema para que las hojas se caigan y el tallo se debilite de modo que facilite el trabajo al cortero, quien aumenta a través de ello la productividad, y, por ende, el salario al producir entre seis y siete toneladas diarias. Estas quemas son realizadas con autorización del Ministerio del Medio Ambiente y controladas por la autoridad ambiental del área, quien es la entidad encargada de regular que éstas no afecten la salud de los habitantes aledaños a los monocultivos.

#### **2.4. Conclusiones.**

El uso del fuego en la cosecha de la caña de azúcar afecta la densidad del suelo, en mayor medida, antes y después de la cosecha y la retención de humedad natural del suelo.

Conservar la biomasa sin quemar contribuye a elevar la vida del micro y macrofauna del suelo, aunque los hongos micorrízicos no parecen afectarse con el uso de la quema; sin embargo, cuando no se utiliza fuego, se garantiza mayor diversidad de especímenes en el agroecosistema.

La respiración del suelo parece estar más influida por la acción de las altas temperaturas en presencia de adecuada humedad en el suelo, que por la conservación de la biomasa sin quemar, que aunque manifiesta cambios a mayor exposición a la quema, marcó mejor las diferencias, durante el período previo al inicio de las precipitaciones.

Por cada 100 t ha<sup>-1</sup> de caña de azúcar se obtuvo como promedio 25,34 % de biomasa residual, la que, de no ser incinerada, pasaría a formar parte del complejo del suelo en forma de materia orgánica.

#### **2.5. Recomendaciones**

- Conservar y proteger los paisajes naturales, de qué manera se puede hacer esto, es muy fácil, enseñando a las poblaciones las técnicas adecuadas para su conservación y

cuidado, algo que no todos tienen muy claro y mucho menos conocen la importancia que representan estos bosques y selvas.

- Gestionar adecuadamente los recursos vegetales, para así asegurar que las zonas forestales permanezcan sin daño alguno.
- Capacitar con asistencia técnica y de conocimientos sobre manejo cultural y agronómico del cultivo, para que los agricultores puedan afrontar nuevos desafíos productivos y de nuevas tecnologías en el campo agrícola.
- Fortalecer las leyes, actualmente en la mayoría de los países, las leyes son muy leves y ni siquiera las toman en serio. Otra medida sería subir las multas por la tala excesiva de árboles, e incluso privarlos de su libertad para que aprendan la lección.
- Crear sistemas de monitoreo y de contabilidad de bosques y selvas a nivel mundial, en esta parte podríamos emplear para hacer un seguimiento de las áreas protegidas y observar si hay algún daño en ellas.
- Prevenir incendios forestales, aunque este es otro tema que también es causado por la mala acción del hombre.

## BIBLIOGRAFIA

1. Ahumada, M.R. (2009). Diagnóstico agroindustrial de la caña de azúcar en México. Memorias XXXIII convención de la asociación de técnicos azucareros de México. Córdoba, Ver.190p.
2. Bernal, M., Rodríguez, C. 2020. Ecuador: Más de 500 mil toneladas de azúcar se proyectan para la zafra de caña este año. Periódico El Productor. 18-06-2020. Disponible en: <https://elproductor.com/2020/06/ecuador-mas-de-500-mil-toneladas-de-azucar-se-proyectan-para-la-zafra-de-cana-este-ano/>. Consultado 20-01-2020.
3. Brown, G., Fragoso, C., Barois, I., Rojas, P., Patrón, J., Bueno, J., Moreno, A., Lavelle, P., Ordáz, V. Rodríguez, C. 2001. Diversidad funcional de la macrofauna edáfica en los ecosistemas tropicales mexicanos. Acta Zool. Mex. 1: 79-110.
4. Cabrera, J., Zuasabar, J. 2010. Impacto sobre el ambiente del monocultivo de la caña de azúcar con el uso de la quema y la fertilización nitrogenada. I. Balance del Carbono. Cultivos Tropicales 31 (1): 5-13.
5. Carrera, J., Loyola, E., Iglesias, S. 2009. Impacto Ambiental Ocasionado por la Quema de la Caña de Azúcar en Laredo – Trujillo. Programa de Adecuación y Manejo Ambienta. Laredo, México. 147p.
6. Castillo, A., N. Milanés, D. A. Rodríguez, N. Aguilar, P. Ordóñez y F. Lozano. 2007. Impacto de la quema de caña de azúcar sobre el N en suelos de la región Veracruz Central, México. Revista Cuba y Caña. 24(2):7-12.
7. Castillo, R., Silva, E. 2004. Fisiología, floración y mejoramiento genético de la caña de azúcar en Ecuador. CINCAE - Centro de Investigación de la Caña de azúcar del Ecuador. Publicación Técnica No. 3. Guayaquil, Ecuador. 17p.

8. Centro de investigación de la caña de azúcar del Ecuador-CINCAE. 2019. Taller para análisis de producción y rendimiento, Zafra 2019. Carta Informativa CINCAE. 22(enero - diciembre 2020): 1-20. ISSN 13902962
9. Chiffлот, V., Rivest, A., Olivier, A., Cogliastro, A., Khasa, D. 2009. Molecular analysis of arbuscular mycorrhizal community structure and spores distribution in tree-based intercropping and forest systems. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 131: 32-39.
10. Cook, R. 2006. Toward cropping systems that enhance productivity and sustainability. *PNAS* 18389-18394.
11. Dance, J., Sáenz, D., 2016. la cosecha de caña de azúcar: impacto económico, social y ambiental. En: *Revista Ambientico* ISSN 1409-214X • #252 • abril 2015. Costa Rica. Pág. 04-12.
12. Dávalos, E. 2007. La caña de azúcar: ¿una amarga externalidad? *Desarrollo y Sociedad*. 2007(1):117-164.
13. Díaz, G. 2009. Encuentro técnico provincial sobre el cultivo del arroz. Informe. Archivo de la Estación Experimental de Arroz, Los Palacios, Pinar del Río. 86 p.
14. Ecuaquimica. 2015. El cultivo de caña en Ecuador. Manual técnico del cultivo. Boletín divulgativo No. 8. Guayaquil, Ecuador. 10p.
15. FAOSTAT, 2020. Estado actual caña de azúcar Ecuador. Disponible en: <http://www.fao.org/faostat/es/#data/FBSH>. Consultado 20-04-2021.
16. Fernández, C., Novo, R. 2008. Vida Microbiana en el suelo. Ed. Pueblo y Educación. 525 p.
17. Gardi, C., Tomaselli, M., Parisi, V., Petraglia, A., Santini, C. 2002. Soil quality indicators and biodiversity in northern Italian permanent grasslands. *Europ. J. Soil Biol.* 38: 103- 110.
18. García, T. 2008. Arrope orgánico y producción de caña de azúcar (*Saccharum officinarum* L.) en condiciones de riego y secano. [Tesis]; IRENAT-Colegio de Postgraduados. Montecillo, México. 95 p.
19. Hernández, R. A. 2002. Obtención de un biopreparado a partir de rizobacterias asociadas al cultivo de maíz (*Zea mays* L.). [Tesis de Doctor]; INCA, 84 p.
20. INICA. 2002. Informe del Estudio del Suelo para el Manejo Integrado de la Caña de Azúcar. ESMICA: Huixtla, Chiapas. 128p.

21. Instituto Nacional de Estadística y Censos [INEC] (2019). Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua – ESPAC 2019. Boletín Técnico nº1. Quito, Ecuador. 14p.
22. International Sugar Organization - ISO. (2005). An international survey of sugar crop yields and prices paid for sugar cane and beet. Market evaluation consumption and mecas. 5(05) pp. 49.
23. Leyva, G. 2010. El arrope. Una técnica agroecológica para conservar la humedad del suelo. Rev. Agricultura Orgánica, 8 (1): 26-28.
24. Oliveira, O., Guimarães, H., Urquiaga, S., Boddey, R. 2003. Efecto a largo plazo de la quema pre-cosecha en la producción de caña de azúcar y la fertilidad del suelo. Memorias Seminarios Interamericanos de la Caña de Azúcar. Miami, Florida, EEUU. p. 292-300p.
25. Pohlan, J., Borgman, J. 2006. Agroecosistemas Orgánicos en la Caña de azúcar (*Saccharum spp.*). En: Agricultura Orgánica en Colombia - un enfoque analítico y sintético. Cali: Universidad Cali. 392 p.
26. Sánchez, A., Vayas, T., Mayorga, F., Freire, C. 2019. Sector azucarero del Ecuador: Panorama General. Observatorio Económico y Social de Tungurahua. Universidad Técnica de Ambato. Obest digital. 4p.
27. Sánchez, H., Palma, L., Obrador, O., López, N. 2003. Efecto de los rastrojos sobre las propiedades físicas y químicas de un suelo vertisol y rendimientos de caña de azúcar (*Saccharum officinarum L.*) en tabasco, México. INCI. 28(7): 404-407.
28. Sainju, U., Jabro, J., Stevens, W. 2008. Soil carbon dioxide emission and carbon content as affected by irrigation, tillage, cropping system, and nitrogen fertilization. J. Environ Qual vol. 37: 98-106.
29. Sasaki, K., Ikeda, S., Eda, S., Mitsui, H., Hanzawa, E., Kisara, C., Kazama, Y., Kushid, A., Minamisawa, K., Sat, T. 2010. Impact of plant genotype and nitrogen level on rice growth response to inoculation with *Azospirillum sp.* Strain B510 under paddy field conditions. Soil Sci Plant Nutr 56: 636-644.
30. Souza-Moreira, F., Da Silva, K., Abrahão Nobrega, R., De Carvalho, F. 2010. Bactérias diazotróficas asociativas: diversidade, ecología e potencial de aplicações. Comunicata Scientiae vol. 1, no. 2, p. 74-99.
31. Terumim, L., Assis, L., Ademir de Oliveira, J., Nahas, E. 2006. Mineralización de la paja de caña de azúcar en suelo adicionado con viñaza (subproducto de la

- industria del alcohol de caña de azúcar) y fertilizante nitrogenado. Agricultura Técnica 66 (1): 90-97.
32. Toledo, E. 2008. La cosecha “en verde” y conservación in situ de los residuos de la caña de azúcar (*Saccharum spp.*): Impacto en la sostenibilidad y restauración del agroecosistema en Huixtla, México. Tesis grado de Doctor en Ciencias Agrícolas- INCA, La Habana. 100 p.
  33. Vázquez, L. 2001. La conservación de los enemigos naturales de plagas en el contexto de la Agricultura Sostenible Boletín Técnico Vol. 5, No.4 Instituto de Investigaciones de Sanidad Vegetal, Cuba. 75 p.
  34. Vilaboa, I., Barroso, L. 2017. Contaminación ambiental por quema de caña de azúcar: Un estudio exploratorio en la región central del estado de Veracruz. Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey. Acta zoológica mexicana. 28(1), pp. 161-171.
  35. Vilaboa, I., Barroso, L. 2017. Contaminación ambiental por quema de caña de azúcar: Un estudio exploratorio en la región central del estado de Veracruz. Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey. Acta zoológica mexicana. 28(1), pp. 161-171.
  36. Weyslab. 2019. Conoce algunas consecuencias de la quema de caña de azúcar. Disponible en: <http://www.weyslab.com/conoce-algunas-consecuencias-de-la-quema-de-cana-de-azucar/>. Consultado 10-04-2021.
  37. Yara. 2020. La producción mundial de caña de azúcar. Disponible en <https://www.yara.com.co/nutricion-vegetal/cana-de-azucar/la-produccion-mundial-de-cana-de-azucar/#:~:text=A%20nivel%20mundial%2C%20la%20producci%C3%B3n,40%25%20de%20la%20producci%C3%B3n%20mundial.> Consultado: 23-01-2021
  38. Zoratto, A. 2006. Principales impactos de la caña de azúcar. Associação Amigos Da Natureza Da Alta Paulista (ANAP). 126p.

# **ANEXOS**



## ANEXO 1. Formato de encuesta realizada, 2021.

### ENCUESTA DE INFORMACION

TEMA: QUEMA EN EL CULTIVO DE CAÑA

ENCUESTADOR: ELOINA AROCA

Pregunta 1. ¿A su juicio, con qué frecuencia se produce la quema de caña de azúcar en Milagro?

Indicadores	
Diaria	
Semanal	
Quincenal	
Mensual	
Otro	

Pregunta 2. ¿Existe contaminación por la quema de la caña de azúcar en Milagro?

Indicadores	
Si	
No	
En parte	

Pregunta 3. ¿Cuál de los siguientes factores ambientales se contaminan o son afectados por la quema de caña de azúcar?

Indicadores	
Agua	
Suelo	
En parte	

Pregunta 4. ¿Cree que se puede suspender la quema de caña de azúcar?

Pregunta 5. ¿Cree usted que con la quema de la caña de azúcar destruye la población de microorganismos que habitan en el suelo?

Indicadores	
Si	
No	
En parte	

Pregunta 6. ¿Sabe usted si existe alguna reglamentación que evita o controle la quema de los cultivos de caña de azúcar?

Indicadores	
Si	
No	
En parte	

Pregunta 7. ¿Sabe cuál o cuáles de estas entidades ejercen control sobre los cultivos y quemas de la caña de azúcar?

Indicadores	
MAE	
MAGAP-MAG	
Municipio	
Prefectura	