

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA PARACENTRAL
DEPARTAMENTO DE CIENCIAS AGRONÓMICAS



Impacto de las quemas en cañales (*Saccharum officinarum* L.) sobre la presencia o ausencia de macroinvertebrados del suelo en los Municipios de Verapaz, San Cayetano Istepeque y San Vicente del departamento de San Vicente, El Salvador.

POR:

**Br. LÓPEZ DE MOLINA, WENDY LORENA
Br. MÉNDEZ ZAVALA, MARCELA ANTONIA**

REQUISITO PARA OPTAR AL TÍTULO DE:

INGENIERO AGRÓNOMO

SAN VICENTE, JULIO 2018

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

RECTOR:

LIC. M. Sc. ROGER ARMANDO ARIAS ALVARADO.

SECRETARIO GENERAL:

LIC. CRISTÓBAL HERNÁN RÍOS BENÍTEZ

FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA PARACENTRAL

DECANA:

LICDA. M. Sc. YOLANDA CLEOTILDE JOVEL PONCE.

SECRETARIA:

LICDA. M. Sc. ELIDA CONSUELO FIGUEROA DE FIGUEROA.

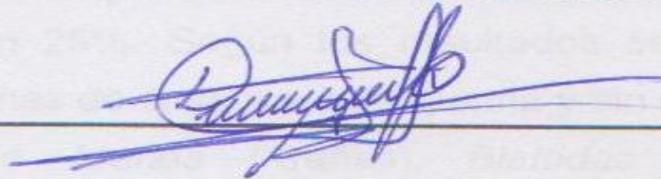
JEFE DEL DEPARTAMENTO DE CIENCIAS AGRONÓMICAS

ING. AGR. M. Sc. RENÉ FRANCISCO VÁSQUEZ



DOCENTES ASESORES:

ING. AGR. M. Sc. DAGOBERTO PÉREZ

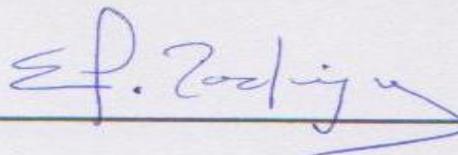


ING. AGR. LEOPOLDO SERRANO CERVANTES



COORDINADOR GENERAL DE PROCESOS DE GRADUACIÓN

ING. AGR. EDGARD FELIPE RODRÍGUEZ



RESUMEN

El propósito del estudio fue determinar el efecto de la quema de caña de azúcar (*Saccharum officinarum* L.) en la presencia de macroinvertebrados del suelo, así como también la identificación de los grupos taxonómicos y familias presentes antes y después de la quema; de igual manera se determinaron las diferencias en cuanto al manejo que realizan productores que hacen uso de la quema en relación a los que no queman. Esta investigación se realizó durante el periodo 2015-2016 en los Municipios de Verapaz, San Cayetano Istepeque y San Vicente, Departamento de San Vicente, El Salvador y consistió en muestrear 20 parcelas antes de quema, después de quema y en época lluviosa; y 20 parcelas que son cosechadas en verde (sin la práctica de quema), antes de cosecha, y en época lluviosa. Los resultados indicaron que hay una pérdida de siete familias después de las quemas; así mismo se logró identificar que la práctica de quema genera una disminución en la población de las termitas, hormigas y lombrices. Considerados ingenieros del suelo las hormigas reducen su población en un 94% mientras que las termitas su disminución es de un 62.31% y las lombrices un 25%. Según los resultados se lograron identificar que hay diferencias en los dos sistemas de cosecha (con quema y sin quema). Las quemas afectan a grupos taxonómicos como *Aranea* (Arañas), *Blattidae* (Cucarachas) *Chilopodos* y *Diplopodos*. En las parcelas pre-quema, pos-quema, quema-lluvia y precosecha-verde se presenta una diversidad alta y poca dominancia, mientras que en verde-lluvia incrementa la dominancia en los macroinvertebrados reduciendo su diversidad.

Palabras claves: biodiversidad, macroinvertebrados, taxas, *Saccharum officinarum* L.

AGRADECIMIENTOS

A Dios todo poderoso, por permitirnos concluir una etapa más en nuestra formación profesional, brindarnos la sabiduría para la toma de decisiones, resguardarnos de las adversidades y por encontrar personas que nos guiaron mediante sus consejos a lo largo de nuestra carrera.

A nuestras familias, por su apoyo incondicional a nuestra formación profesional y por motivarnos a superar las adversidades.

A los profesionales y amigos, quienes nos colaboraron a lo largo de nuestra investigación con el aporte de sus conocimientos y experiencias.

A nuestros asesores, por el apoyo constante y desinteresado aporte de su conocimiento y su valioso tiempo para el desarrollo de esta investigación.

Al Ing. Agr. José Orlando Bonilla: por su tiempo, paciencia y ayuda.

Agradecer a cada uno de los cañicultores que colaboraron permitiéndonos ingresar a sus terrenos y brindarnos información necesaria para nuestro trabajo.

A ACOPANELA por aportar en nuestro trabajo brindándonos información y contacto de sus socios.

López de Molina, Wendy Lorena

Méndez Zavala, Marcela Antonia

DEDICATORIA

Quiero dedicar este trabajo de manera muy especial:

A Dios y la virgen de los pobres, por permitirme cumplir con una de mis metas en la vida, a mi madre María Haydee Hernández de Flores por ser mi todo, apoyarme en las buenas y malas incondicionalmente de manera emocional y económica siempre, a pesar de estar tan lejos físicamente sé que siempre estás espiritualmente aquí a mi lado, a mis dos papás, Narciso López y José Ovidio Flores Helena por ser parte de mi vida y estar conmigo apoyándome siempre, a mi hija Fernanda Candelaria Ayala López, gracias mi reina por ser mi motor tu eres parte fundamental de este trabajo, a mis dos hijos, Francisco Amitai y Andrew Dominic Molina López, ustedes fueron el fruto de muchos deseos de superarme, a mi Esposo Juan Francisco Molina por apoyarme siempre durante estos años juntos, a mi hermano Adan Amitai Flores Hernández, por estar siempre a mi lado y apoyarme en todo, Wendy Lorena López de Molina, por haber trabajado duro y nunca darte por vencida ante las adversidades y demostrarte que se puede hacer todo lo que te propones con la ayuda de Dios y los que te aman, si se puede.

López de Molina, Wendy Lorena

DEDICATORIA

Dedico este trabajo principalmente a Dios, por haberme dado perseverancia y permitir el haber llegado hasta este momento tan importante en mi formación profesional. A mi madre, por ser uno de los pilares más importantes y por demostrarme siempre su cariño y apoyo incondicional sin importar nuestras diferencias de opiniones. A mi padre, por ser otro pilar importante en mi vida y que a pesar de ya no cuento con tu presencia, siento que estás conmigo siempre y aunque nos faltaron muchas cosas por vivir juntos, sé que este momento hubiera sido tan especial para ti como lo es para mí. A mi hermana Melissa Edelmira Méndez-Nguyen por estar siempre presente, por acompañarme y brindarme su apoyo incondicional.

A todos mis amigos y familiares que con sus consejos me alentaron e impulsaron a salir adelante con mi carrera.

Méndez Zavala, Marcela Antonia

ÍNDICE GENERAL

| | Página |
|---|--------|
| RESUMEN | iv |
| AGRADECIMIENTOS..... | v |
| DEDICATORIA..... | vi |
| 1. INTRODUCCIÓN | 1 |
| 2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA | 3 |
| 2.1. Antecedentes del cultivo de caña de azúcar en El Salvador | 3 |
| 2.2. Área de caña cultivada en El Salvador | 3 |
| 2.3. Generalidades de la caña de azúcar..... | 4 |
| 2.4. Requerimiento y manejo del cultivo de la caña de azúcar..... | 4 |
| 2.5. El uso de fuego en la caña de azúcar | 6 |
| 2.6. Diferencia entre el uso de quema y no quema en caña de azúcar | 7 |
| 2.7. Suelo | 7 |
| 2.7.1. Calidad del suelo | 8 |
| 2.8. Impacto de la quema de caña de azúcar sobre el recurso natural suelo | 9 |
| 2.9. Agroecología y biodiversidad | 10 |
| 2.9.1. La biodiversidad | 10 |
| 2.9.2. El papel ecológico de la biodiversidad..... | 11 |
| 2.9.3. Medición de la Biodiversidad | 11 |
| 2.10. La calidad del suelo mediante el uso de indicadores..... | 12 |
| 2.11. Indicadores químicos | 12 |
| 2.12. Indicadores físicos..... | 12 |
| 2.13. Indicadores biológicos..... | 13 |
| 2.14. Antecedentes e importancia de los macroinvertebrados | 13 |
| 2.14.1. Macrofauna del suelo | 15 |
| 2.14.2. Composición y función de la macrofauna del suelo | 15 |
| 2.14.2.1. Grupos funcionales de la macrofauna del suelo | 16 |
| 2.14.2.2. Grupo funcional de detritívoros..... | 16 |
| 2.14.2.3. Grupo funcional de herbívoros..... | 17 |
| 2.14.2.4. Grupo funcional depredadores | 17 |
| 2.15. Ingenieros del suelo o ecosistema..... | 17 |
| 2.16. Principales grupos taxonómicos de los macroinvertebrados edáficos | 18 |
| 2.16.1. Chilopoda | 18 |

| | |
|---|----|
| 2.16.2. Diplopoda | 18 |
| 2.16.3. Collembola..... | 18 |
| 2.16.4. Colepteros | 19 |
| 2.16.5. Formicidae..... | 19 |
| 2.16.6. Isopodos | 20 |
| 2.16.7. Shymphyla..... | 20 |
| 2.16.8. Lumbricidae | 21 |
| 2.16.9. Aranea | 21 |
| 3. MATERIALES Y MÉTODOS | 23 |
| 3.1. Localización..... | 23 |
| 3.2. Sistemas de cosecha de caña de azúcar | 23 |
| 3.3. Fase inicial..... | 24 |
| 3.4. Reconocimiento de terrenos | 24 |
| 3.5. Fase de campo..... | 27 |
| 3.5.1. Encuesta..... | 27 |
| 3.5.2. Muestreo..... | 27 |
| 3.5.3. Limpieza y separación de especímenes..... | 28 |
| 3.6. Fase de laboratorio | 29 |
| 3.6.1. Reconocimiento taxonómico | 29 |
| 3.7. Dominancia y diversidad de especies..... | 31 |
| 3.8. Análisis estadístico | 32 |
| 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN | 33 |
| 4.1. Manejo proporcionado a los cañales bajo la modalidad de quema | 33 |
| 4.2. Manejo proporcionado a los cañales cosechados sin quema..... | 34 |
| 4.3. Comparación de manejo del cultivo de caña de azúcar con quema y sin quema..... | 37 |
| 4.4. Macroinvertebrados del suelo encontrados en las diferentes modalidades de cosecha en los Municipios de Verapaz, San Cayetano Istepeque y San Vicente del Departamento de SanVicente, El Salvador | 39 |
| 4.4.1. Macroinvertebrados encontrados en cañales cosechados bajo la modalidad de quema..... | 39 |
| 4.4.2. Muestreo de cañales cosechados sin quema | 42 |
| 4.4.3. Comparación de macroinvertebrados encontrados en cañales cosechados bajo las diferentes modalidades de cosecha | 44 |

| | |
|---|----|
| 4.5. Grupos taxonómicos de macroinvertebrados impactados por la práctica de quema del cultivo de caña de azúcar | 47 |
| 4.5.1. Grupos taxonómicos predominantes en cañales bajo modalidad de quema | 48 |
| 4.5.2. Macroinvertebrados que prevalecen antes y después de la quema de caña de azúcar..... | 50 |
| 4.6. Dominancia y diversidad de especies según el índice de Simpson | 51 |
| 4.7. Principales órdenes encontrados en cañales cosechados con quema y cañales cosechados sin quema | 52 |
| 4.8. Grupos taxonómicos más afectados por la práctica de quema en el cultivo de caña de azúcar..... | 54 |
| 4.8.1. Familias que desaparecen después de la quema de caña de azúcar..... | 55 |
| 4.8.1.1. Acrididae..... | 56 |
| 4.8.1.2. Blattidae..... | 56 |
| 4.8.1.3. Chilopoda..... | 56 |
| 4.8.1.4. Colletidae..... | 57 |
| 4.8.1.5. Lepidoptera..... | 57 |
| 4.8.1.6. Staphylinidae..... | 57 |
| 4.8.1.7. Scydmaenidae..... | 58 |
| 5. CONCLUSIONES | 60 |
| 6. RECOMENDACIONES..... | 61 |
| 7. BIBLIOGRAFÍA | 62 |
| 8. ANEXOS | 77 |

ÍNDICE DE CUADROS

| | Página |
|--|---------------|
| Cuadro 1. Propietarios de las parcelas muestreadas bajo modalidad cosecha sin quema..... | 26 |
| Cuadro 2. Propietarios de las parcelas muestreadas bajo la modalidad de cosecha con quema..... | 26 |
| Cuadro 3. Variedades de caña de azúcar utilizadas en ambas modalidades, en los Municipios de Verapaz, San Cayetano Istepeque y San Vicente del Departamento de San Vicente El Salvador..... | 37 |
| Cuadro 4. Macroinvertebrados encontrados en cañales cosechados con quema en los tres momentos de muestreo en los municipios de Verapaz, San Cayetano Istepeque y San Vicente del Departamentode San Vicente, El Salvador..... | 41 |
| Cuadro 5. Comparación de macroinvertebrados encontrados en cañales cosechados sin quema antes de ser cosechados y en época lluviosa en los Municipios de Verapaz, San Cayetano Istepeque y San Vicente del Departamento de San Vicente, El Salvador..... | 43 |
| Cuadro 6. Grupos funcionales encontrados en cañales cosechados en los dos diferentes momentos de muestreo en los Municipios de Verapaz, San Cayetano Istepeque y San Vicente del Departamento de San Vicente, El Salvador..... | 49 |
| Cuadro 7. Porcentaje de macroinvertebrados encontrados en cada momento de muestreo en cañales con quema..... | 50 |
| Cuadro 8. Diversidad e los macroinvertebrados, según el índice de Simpson bajo la modalidad de quema, muestreo en los Municipios de Verapaz, San Cayetano Istepeque y San Vicente del Departamento de San Vicente, El Salvador..... | 51 |
| Cuadro 9. Diversidad de los macroinvertebrados, según el índice de Simpson sin quema, en los Municipios de Verapaz, San Cayetano Istepeque y San Vicente del Departamento de San Vicente, El Salvador..... | 52 |
| Cuadro 10. Macroinvertebrados que aparecen después de pre-quema en cañales cosechados con quema..... | 55 |

| | |
|---|----|
| Cuadro 11. Grupos taxonómicos más afectadas por la práctica de quema en el cultivo de caña de azúcar..... | 59 |
|---|----|

ÍNDICE DE FIGURAS

| | Página |
|---|---------------|
| Figura 1. Ubicación de los sitios de muestreo en parcelas de caña de azúcar del Departamento de San Vicente, El Salvador..... | 23 |
| Figura 2. Registro fotográfico de los sitios muestreados. A) Fincas antes de la quema (pre-quema). B, C, D) Cañales cosechados sin quema (Verde pre-cosecha), E,F) Fincas después de quema (Pos-quema)..... | 25 |
| Figura 3. Croquis de las tomas de muestra en cada finca, de caña de azúcar (<i>Sacharum officinarum</i> L.)..... | 27 |
| Figura 4. Obtención de muestra de suelo. A) Delimitación del área a muestrear, B) extracción de la muestra, C) colocación de la muestra en bolsa..... | 28 |
| Figura 5. Registro fotográfico del proceso de extracción, limpieza y separación de macroinvertebrados. A y B) Búsqueda de macroinvertebrados, C) <i>Elateridae</i> , D) Termita..... | 29 |
| Figura 6. Registro fotográfico del examen y reconocimiento taxonómico de macroinvertebrados. A) Identificación taxonómica, utilizando estereoscopio, B y C) Rotulado de macroinvertebrados por familia en viales, D) Clasificación de viales por parcela..... | 30 |
| Figura 7. Identificación de macroinvertebrados, A) Aranea, B) Larva de elateridae, C) elateridae adulto, D) Isopoda, E) Isoptera, F) Larva de Stratiomyidae, G) Larva de Japyjidae, H) Lumbricidae..... | 31 |
| Figura 8. Variedades de caña de azúcar cultivada en los Municipios de Verapaz, San Cayetano Istepeque y San Vicente del Departamento de San Vicente, El Salvador..... | 33 |
| Figura 9. Variedades de caña cosechadas sin quema en los Municipios de Verapaz, San Cayetano Istepeque y San Vicente del Departamento de San Vicente, El Salvador..... | 35 |
| Figura 10. Uso de maquinaria en el cultivo de caña de azúcar sin quema en los Municipios de Verapaz, San Cayetano Istepeque y San Vicente del Departamento de San Vicente, El Salvador..... | 36 |
| Figura 11. Fertilización en el cultivo de caña de azúcar sin que en los Municipios de Verapaz, San Cayetano Istepeque y San Vicente, El Salvador..... | 36 |

| | |
|---|----|
| Figura 12. Uso de maquinaria en caña de azúcar en las dos modalidades de cosecha en los Municipios de Verapaz, San Cayetano Istepeque y San Vicente del Departamento de San Vicente, El Salvador..... | 37 |
| Figura 13. Fertilización en el cultivo de caña de azúcar en las dos modalidades de cosecha en los Municipios de Verapaz, San Cayetano Istepeque y San Vicente del Departamento de San Vicente, El Salvador..... | 38 |
| Figura 14. Plagas en el cultivo de caña de azúcar en las dos modalidades de cosecha en los Municipios de Verapaz, San Cayetano Istepeque y San Vicente del Departamento de San Vicente, El Salvador..... | 39 |
| Figura 15. Total de macroinvertebrados/Ha encontrados en cañales cosechados bajo la modalidad de quema en los tres diferentes momentos de muestreo en los Municipios de Verapaz, San Cayetano Istepeque y San Vicente del Departamento de San Vicente, El Salvador..... | 40 |
| Figura 16. Total de macroinvertebrados/Ha encontrados en cañales cosechados sin quema en pre-quema, pos-quema y época lluviosa en los Municipios de Verapaz, San Cayetano Istepeque y San Vicente del Departamento de San Vicente, El Salvador..... | 44 |
| Figura 17. Comparación de macroinvertebrados entre la modalidad de pre-quema versus pre-cosecha verde, en los Municipios de Verapaz, San Cayetano Istepeque y San Vicente del Departamento de San Vicente, El Salvador..... | 45 |
| Figura 18. Comparación de macroinvertebrados entre la modalidad de quema-lluvia versus verde-lluvia en los Municipios de Verapaz, San Cayetano Istepeque y San Vicente del Departamento de San Vicente, El Salvador..... | 46 |

ÍNDICE DEANEXOS

| | Página |
|---|---------------|
| Figura A-1. Encuesta a productores que queman caña de azúcar..... | 78 |
| Figura A-2. Encuesta a productores que no queman caña de azúcar..... | 80 |
| Cuadro A-1. Glosario..... | 82 |
| Cuadro A-2. Análisis de macroinvertebrados en la modalidad de quema de la caña de azúcar en el momento de pre-quema para obtener el índice de Simpson..... | 83 |
| Cuadro A-3. Análisis de macroinvertebrados en la modalidad de quema de la caña de azúcar en el momento de pos-quema para obtener el índice de Simpson..... | 84 |
| Cuadro A-4. Análisis de macroinvertebrados en la modalidad de quema de la caña de azúcar en el momento de época lluviosa para obtener el índice de Simpson..... | 85 |
| Cuadro A-5. Análisis de macroinvertebrados presentes en la modalidad de cosecha en verde en el momento de precosecha-verde para obtener el índice de Simpson..... | 86 |
| Cuadro A-6. Análisis de macroinvertebrados presentes en la modalidad de cosecha en verde en el momento de época lluviosa para obtener el índice se Simpson..... | 87 |

1. INTRODUCCIÓN

El Salvador es considerado uno de los primeros países de Centro América en la producción de caña de azúcar obteniendo subproductos tales como dulces de atado, melaza y batidos, entre otros. Es por ello que la caña de azúcar es uno de los rubros agrícolas más cultivados dentro del territorio salvadoreño teniendo actualmente como superficie cultivada un aproximado de 95,046.86 manzanas, según datos de zafra 2016 – 2017 (Pino, 2017).

Como en todo cultivo es necesaria la implementación de prácticas agrícolas las cuales no todas son consideradas ecológicamente viables ya que la mayoría causan daños al medio ambiente, una de las más importantes es la quema previa a la operación de corte, ya que esta se emplea con el objetivo de crear las condiciones necesarias a fin de que la práctica de la cosecha o corta sea más fácil para los trabajadores, facilitando la recolección de la caña quemada. Las quemas tienen como víctima principal el suelo, la degradación de los suelos entraña una regresión desde un estado más elevado a uno inferior, lo que supone una disminución en su capacidad productiva.

El proceso de disminución en la productividad del suelo puede darse en diferentes períodos de estabilidad o equilibrio ecológico, esto puede llevar a disminuciones en la producción vegetal, pérdida de recursos, incremento de la necesidad del uso de insumos agrícolas, pérdida del suelo y valor de este y la reducción de las poblaciones vegetales y animales.

Esta situación ha traído consigo un impacto en el medio ambiente y el suelo, afectando la vida del suelo especialmente a los macroinvertebrados, que tienen como función principal la de oxigenar el suelo a través de los miles de conductos que son construidos y que sirven para una mejor distribución del agua y el aire, llegando hasta la raíz de las plantas ayudando a descomponer la materia orgánica dejando a disposición un suelo fértil.

Los macroinvertebrados del suelo intervienen en los procesos de infiltración, aireación e incorporación de materia orgánica en el suelo, y las condiciones biológicas del suelo se ven alteradas cuando existe un uso continuo de agroquímicos o el suelo es arado (Lwanga *et al.* 2008). Los macroinvertebrados cumplen diferentes funciones de vital importancia para mantener los suelos, entre ellas la descomposición de materia orgánica, el ciclo de nutrientes

que se asocia estrechamente con la descomposición orgánica, en la cual participan termitas, lombrices, hormigas entre otros (Moreira *et al.* 2012).

Considerando la importancia que tienen las poblaciones de macroinvertebrados sobre el suelo se encontró poca información sobre el impacto que ocasionan las quemas en cañales en El Salvador. El presente trabajo pretende evaluar el efecto generado por la quema del cultivo de caña de azúcar en la presencia de organismos macroinvertebrados en el suelo, identificar los grupos taxonómicos que resultan más impactados, determinar el número de familias de organismos presentes en el suelo antes y después de la quema de los cañales y conocer las diferencias en cuanto al manejo agronómico que realizan los productores que queman los cañales en relación a los que no quema.

2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1. Antecedentes del cultivo de caña de azúcar en El Salvador

A principios del siglo XX la producción de azúcar en El Salvador se realizaba de forma muy rudimentaria (Peraza, 2006). Mientras que los campesinos salvadoreños continúan sembrando pequeñas parcelas de caña entre sus cultivos, la producción a gran escala ha ido en aumento en los últimos años (Hughes *et al*, 2016).

En los años sesenta, sin embargo, la cantidad de tierra dedicada a la caña de azúcar aumentó 43%, resultando en un incremento de un 114% de productos azucareros. La industria creció hasta constituir el 3.1% del Producto Interno Bruto de El Salvador (Esmahan, 2013).

Actualmente la Agroindustria Azucarera de El Salvador se ha ubicado como el segundo más grande exportador en Centro América después de Guatemala. El sector azucarero es uno de los más importantes, tanto al interior del sector agropecuario, como dentro de la economía nacional (Pratt & Perez, 1997).

2.2. Área de caña cultivada en El Salvador

En El Salvador operan seis ingenios azucareros: Central Izalco, El Ángel, La Cabaña, La Magdalena, Chaparrastique y el ingenio Injiboa. Todos ubicados en diversos municipios del país (MAG, 2012).

Ortiz, (2016) resalta que la industria azucarera para ser rentable en el tiempo debe tomar responsabilidad por su efecto en el ambiente y en temas sociales; así mismo destacó que en los últimos tres años ha aumentado la cantidad de manzanas donde se practica la “corta verde”, es decir en la que no se quema la caña; iniciando de 2500 manzanas a 12500 manzanas con esta modalidad.

En la zafra 2015-2016 se logró una cosecha que rondó los 13 millones de quintales de azúcar, unos cuatro millones de quintales menos que el ciclo anterior, cuando se reportaron

17.2 millones esto debido a la sequía que ocurrió en dicho periodo (Productor Agropecuario, 2016).

Para la zafra 2016-2017, la agroindustria azucarera obtuvo una producción de 16 millones de quintales, dicho resultado representa una recuperación del 15% respecto a la producción del ciclo anterior (Pino, 2017).

2.3. Generalidades de la caña de azúcar

El origen de la caña de azúcar no es exacto; sin embargo, varios autores coinciden que el centro de origen fue en la región que comprende parte de la India, China, Nueva Guinea y zonas aledañas, por encontrarse allá el mayor número de especies (Ruiz, 1995). Actualmente la caña de azúcar, más que un cultivo y una actividad empresarial, ha representado toda una cultura para los países productores, en virtud que su presencia ha sido muy amplia e intensa desde el siglo XVI siendo muchas las manifestaciones a través de las cuales esa planta y sus productos han intervenido en el quehacer de los pueblos (Rivera, 2010).

La caña de azúcar es una planta tropical que pertenece a la familia de las gramíneas. Esta crece desde los 0 m.s.n.m hasta los 1600 m.s.n.m. y necesita por lo menos 1500 mm de precipitación o de riego al año, para poder obtener una producción económicamente rentable (Argueta, 2011). Sin embargo, es un cultivo bastante resistente a sequias y a periodos cortos de inundaciones. Adaptable a gran variedad de suelos y tiene cierta tolerancia a la salinidad (Motta, 1994).

2.4. Requerimiento y manejo del cultivo de caña de azúcar

La caña de azúcar se adapta a un amplio rango de condiciones climáticas, pero se desarrolla mejor en regiones tropicales, cálidas y con amplia radiación solar, (Humbert, 1974). Las condiciones óptimas para el desarrollo de la caña de azúcar son temperatura media de 25 a 28°C y la mínima de 20°C, pudiendo variar según la variedad y el manejo; la temperatura, la humedad y la radiación solar son factores que determinan el crecimiento y producción de la caña de azúcar (Díaz *et al*, 2004).

En cuanto al manejo agronómico, este comprende tres fases: manejo del cultivo, manejo post-siembra y cosecha, cada una de estas fases es de suma importancia para obtener altos rendimientos productivos (Martínez, 2007).

Así mismo el manejo del cultivo de la caña de azúcar incluyen un conjunto de labores manuales, mecánicas y/o químicas que se realizan después de la plantación o de la cosecha, con el objetivo de permitir la máxima expresión del potencial productivo de los cañales, tanto como de caña, y azúcar por unidad de superficie, maximizando asimismo los beneficios económicos (Suarez, 2012).

Para que la producción se mantenga es necesario tener en cuenta el tipo de manejo que se le dará al cultivo, dentro de las cuales entra el control de malezas, la cual consiste en eliminar las especies de malezas predominantes dentro del cultivo, ya que el principal daño que causan es la competencia que ejercen al momento de la germinación, así como también son hospederos de insectos plagas (Rincones, 1986), llegando a causar que la producción del cultivo pueda reducirse hasta en un 40% (Gómez, 1995). Todas las labores pretenden mantener el cultivo de caña libre de malezas debido a que de esta manera el cultivo tendrá un desarrollo libre y sin competencia (Barbosa & Corrales, 1997).

De igual manera la fertilización es parte del manejo realizado al cultivo de caña de azúcar en donde la práctica es una labor de mucha importancia ya que es determinante para su desarrollo y rendimiento (Marcelo & Aldana, 2011), la dosis y el manejo dependen, en gran medida, de la recomendación técnica de cada uno de los ingenios (Katcher *et al*, 2016). Para la aplicación de los fertilizantes se cuenta con diferentes métodos y productos cada uno con sus particularidades, dentro de las cuales se pueden mencionar, aplicaciones mecánicas (enterrado, aspersión); manual (boleo, puyado); ferti-riego (goteo) y líquido (Marcelo & Aldana, 2011)

Otro manejo que se le realiza al cultivo de caña de azúcar es la aplicación de madurantes teniendo como objetivo alterar o modificar las condiciones morfológicas y fisiológicas de la planta (Melgar *et al*, 2014). Estos actúan directamente en los meristemas apicales de las plantas y catalizan las enzimas responsables de la acumulación de sacarosa inhibiendo parcialmente el crecimiento, estos herbicidas usados para concentrar azúcares en el cultivo

de la caña de azúcar son aplicados foliarmente entre 40-50 días antes de la cosecha (Díaz & Portocarrero, 2002).

Los manejos previos a la quema que se le realiza al cultivo de caña de azúcar son las rondas o también llamadas caminos rompe fuegos, son aquellas distancias entre lotes de caña de azúcar a quemar y tienen como función evitar que el fuego pase de un lugar a otro de manera incontrolada, y que además funcionan como vías de escape al acceso vehicular y peatonal, cuyo ancho mínimo es de 2.5 metros (ANRN, 2010).

2.5. El uso de fuego en la caña de azúcar

La quema, de caña de azúcar en El Salvador se realiza durante el período conocido como la zafra, el cual comprende desde el mes de noviembre hasta abril. Durante este periodo, los productores de caña de azúcar y los ingenios queman el cultivo (Torres & Alvarado, 2015).

Hernández, (1995) menciona que tanto el uso del fuego en las plantaciones de caña de azúcar, como práctica previa a la operación de corte, es una actividad que viene ejecutándose desde mucho tiempo atrás en los países productores de caña de azúcar en el mundo.

Esta práctica se realiza antes de la cosecha con el propósito de disminuir la cantidad de hoja y facilitar así la zafra y el transporte del producto al ingenio azucarero, también se considera que al quemar la caña se reduce el riesgo de cortaduras y picaduras de insectos para los trabajadores (CCA, 2014).

Esta práctica permite eliminar las hojas secas y parte del cogollo, la caña quemada no sufre ningún deterioro o pérdida de sacarosa si llega al ingenio y es procesada después de 48 horas de haber sido quemada (Martínez, 2007). De preferencia las quemas deben hacerse por la noche o en la madrugada y en horas que no haya viento, se deben tener en cuenta callejones y guardarrayas perfectamente limpios para evitar que el fuego se propague (Rivera, 2008), primeramente, se debe de empezar rodeando la parcela y haciendo corta fuegos, puesto que este trabajo requiere de varias personas con experiencia, las mismas que vigilaran hasta que el fuego se haya extinguido (Martínez, 2007).

González (2009) menciona que las quemas de residuos agrícolas son muy utilizadas a pesar de que no se trata de un manejo ambientalmente aceptable, además, desde el punto de vista de la salud pública, resultan preocupantes por una serie de razones:

- El humo de las quemas agrícolas se libera a nivel o muy cerca del suelo en áreas generalmente pobladas, lo que conlleva una exposición a los contaminantes directa y elevada de la población aledaña.
- Estas quemas se realizan generalmente por etapas, en temporadas específicas del año, y pueden dar lugar a concentraciones muy elevadas de contaminantes.
- Son fuentes no puntuales de contaminantes atmosféricos y se realizan en áreas muy extensas, por lo que resulta difícil medir y regular este tipo de emisiones.

2.6. Diferencia entre el uso de la quema y no quema en caña de azúcar

La práctica de quema se realiza previo al corte del cultivo con el fin de eliminar residuos y animales dañinos y facilitar el corte manual o mecanizado (Hernández, 1995). Esta actividad tiene el inconveniente de provocar un gran deterioro en la tierra, ya que disminuye la población de microorganismos del suelo y el material orgánico, destruyendo la mayoría de la fauna nativa redundando en perjuicio del ambiente (Rojas, 2012). La zafra verde se define como, la práctica de cosechar o cortar la caña de azúcar sin hacer uso del fuego ni madurante, incorporando la bajera y todos los rastrojos secos al suelo, y los verdes para otros usos (Bautista, 2012). Esta es una práctica agronómica que se considera favorable para los sistemas de producción de este cultivo, ya que con la no quema de la caña se incorporan los residuos de cosecha dando como beneficio la aportación de materia orgánica al suelo y el reciclaje de nutrientes (Jarquín, 2009).

2.7. Suelo

El suelo constituye el recurso natural básico para el soporte de los ecosistemas terrestres, ya sean naturales o productivos; la importancia de conservar un suelo de buena calidad es particularmente patente en los sistemas agrícolas, donde la productividad va a depender, en buena medida, del estado de conservación del suelo (Saturnino *et al*, 2011); además de ser soporte y fuente de nutrientes de las plantas es el hábitat de una amplia variedad de organismos (Labrador, 2008). Así mismo es un componente fundamental de los recursos

tierra, del desarrollo agrícola y la sostenibilidad ecológica, es la base para la producción de alimentos, piensos, combustibles y fibras para muchos servicios ecosistémicos esenciales (FAO, 2015).

2.7.1. Calidad del suelo

La calidad del suelo es uno de los factores más importantes en el desarrollo de prácticas agrícolas, ya que el uso de los suelos y las prácticas de manejo marcan principalmente el grado y la dirección de los cambios en su calidad en tiempo y espacio (Silva, 2004) Así mismo Ramírez (2013) menciona que la calidad del suelo se define como su capacidad o aptitud de soportar el crecimiento de los vegetales, sin que esto ocasione la degradación del suelo o un daño ambiental, también establece que el estado de las propiedades dinámicas del suelo como contenido de materia orgánica, diversidad de organismos, o productos microbianos en un tiempo particular constituyen la salud del suelo (Bautista *et al*, 2004).

La calidad del suelo es dinámica y puede cambiar en el corto plazo, de acuerdo con el uso y prácticas de manejo, y para conservarla es necesario implementar prácticas sustentables en el tiempo, además la calidad del suelo debe ser evaluada basándose en su funcionalidad específica, dentro de las cuales destacan el mantenimiento de la productividad y biodiversidad, la regulación de los flujos hidrológicos, la filtración y amortiguamiento de contaminantes, la regulación de los ciclos biogeoquímicos, el soporte estructural y la resistencia a la degradación y erosión (Navarrete *et al*, 2011).

Para evaluar la calidad de los suelos deben ser medidas u observadas las propiedades químicas, físicas y biológicas; haciendo énfasis en esta última debido que los microorganismos e invertebrados del suelo cumplen un papel fundamental en la descomposición de la materia orgánica, así como en el ciclo de nutrientes (Arrieché, 2012).

En el control y el seguimiento de la calidad del suelo es necesario tener indicadores y valores de referencia que permitan comparar su evolución a lo largo del tiempo, así como el impacto que la gestión puede tener sobre ella y su recuperación tras cualquier eventualidad; los indicadores son propiedades del suelo capaces de caracterizar el sistema de forma adecuada y suficientemente simples para ser monitoreados (Ramírez, 2013). Este concepto ha sido relacionado con la capacidad del suelo para funcionar. Incluye atributos como fertilidad, productividad potencial, sostenibilidad y calidad ambiental. Simultáneamente, la

calidad del suelo es un instrumento que sirve para comprender la utilidad y salud de este recurso (Bautista *et al*, 2004).

2.8. Impacto de quema de la caña de azúcar sobre el recurso natural suelo

Los efectos del fuego son más evidentes sobre la superficie del terreno, donde afectan las plantas, el agua, el aire, el suelo y la vida silvestre, dejando el terreno al descubierto y originando la erosión y sedimentación en ríos, quebradas, alcantarillados, produciendo inundaciones y contaminación en el medio ambiente, después de un evento de fuego en los cultivos, los terrenos quedan sin vegetación y expuestas a la lluvia, aumentando los efectos de la erosión y el arrastre de las partículas del suelo hacia quebradas, ríos y finalmente el mar (González, 2009).

Al realizarse la quema se produce pérdida de nitrógeno, esto porque se disminuye la población de microorganismos y el material orgánico del suelo. Las quemas hacen desaparecer los macro-poros del suelo causando compactación, que se manifiesta en la destrucción de los grupos con la exposición del suelo a la acción directa de las lluvias y el viento (Rojas, 2012).

Se considera que los efectos negativos sobre el suelo no ocurren por el simple hecho de dar fuego, sino que sobrevienen de acuerdo con la frecuencia y magnitud de la quema (Gómez, 2007).

Las quemas suelen ocasionar la muerte de millones de microorganismos, lombrices, gusanos, cucarrones, que viven al interior del suelo y que tienen una función que es la de oxigenarlo a través de los miles de conductos que ellos construyen y que sirven para que el agua se distribuya, llegue a la raíz de las plantas y no cause inundaciones; también mueren miles de ranas, sapos, mariposas, pájaros, abejas, culebras, conejos, y muchas otras especies no relacionadas (Reinoso, 1865). Se ha estimado que en el suelo viven de 5 a 80 millones de especies de animales, y éstos son mayormente artrópodos; en un metro cuadrado de suelo de bosque pueden existir 1000 especies de invertebrados, pero poca información existe de los organismos en suelos tropicales, en donde existen los transformadores de la hojarasca que son miembros de la meso fauna y algunos de la macro fauna que se encuentran involucrados directamente en la descomposición de la hojarasca (Olán *et al*, 2008).

Así mismo el estado de las propiedades dinámicas del suelo, como son el contenido de materia orgánica, la diversidad de organismos, o los productos microbianos en un tiempo particular permiten establecer la salud del suelo; los invertebrados pueden ser considerados como indicadores de la calidad del suelo debido a que su diversidad, su número y sus funciones son sensibles al estrés y al cambio ambiental en las condiciones del suelo, asociados a la labranza, la aplicación de fertilizantes y plaguicidas, las quemadas, la tala y otras actividades realizadas en los sistemas de cultivo (Rendón *et al*, 2011). La quema favorece la erosión del suelo ya que se elimina la cobertura vegetal resultante de la cosecha, dejando prácticamente sin protección física (mulch) al suelo, el cual queda por ello, sujeto a efectos erosivos provocados por el agua, especialmente en terrenos de relieve irregular y alta pendiente, topográfica (arcillosa), o en regímenes de alta precipitación (Chávez & Bermúdez, 2006).

2.9. Agroecología y biodiversidad

La agroecología provee las bases ecológicas para la conservación de la biodiversidad en la agricultura, además del rol que ella puede jugar en el restablecimiento del balance ecológico de los agroecosistemas, de manera de alcanzar una producción sustentable (Santos, 2016).

La biodiversidad promueve una variedad de procesos de renovación y servicios ecológicos en los agroecosistemas; cuando estos se pierden, los costos pueden ser significativos (Santos, 2016). La agroecología enfatiza un enfoque de ingeniería ecológica que consiste en ensamblar los componentes del agroecosistema (cultivos, animales, árboles, suelos, y más), de manera que las interacciones temporales y espaciales entre los componentes se traduzcan en rendimientos derivados de fuentes internas. Pero la biodiversidad puede también subsidiar el funcionamiento del agroecosistema al proveer servicios ecológicos tales como el reciclaje de nutrientes, el control biológico de plagas y la conservación del agua y del suelo (Altieri & Nicholls, 2000).

2.9.1. La biodiversidad

Se refiere a la variedad de seres vivos sobre la tierra y los patrones naturales que la conforman, incluyendo también a la gama de ecosistemas, de especies y de sus poblaciones, así como las diferencias genéticas entre los individuos que las constituyen

(Jiménez *et al*, 2010) ya sea que pertenezcan al mismo o a diferente grupo taxonómico, los complejos ecológicos de que forman parte, la diversidad entre las especies y la que existe dentro de cada especie (Badii *et al*, 2007). Esta se encuentra en todas partes, tanto en la tierra como en el agua. Incluye a todos los organismos, desde las bacterias microscópicas hasta las más complejas plantas y animales (Greenfacts, 2010).

2.9.2. El papel ecológico de la biodiversidad

La biodiversidad incrementa la función de los agroecosistemas porque distintas especies o genotipos realizan funciones ligeramente diferentes y por tanto tienen diferentes nichos. En general hay muchas más especies que funciones de manera que muchos agroecosistemas exhiben redundancia. Por lo tanto, la biodiversidad incrementa la función de los ecosistemas porque esos componentes que parecen ser redundantes en algún momento se vuelven importantes cuando se producen cambios en el entorno (Nicholls *et al*, 2015).

La biodiversidad es clave para que el agroecosistema funcione y provea servicios de apoyo y de regulación. Todos estos procesos de renovación y regulación, reciclaje y almacenamiento de nutrientes, control del clima, regulación del flujo y almacenamiento de agua, desintoxicación de químicos nocivos, están mediados biológicamente, por lo que su persistencia depende del mantenimiento de la biodiversidad (LEISA, 2014). Cuando desaparecen estos servicios naturales debido a la simplificación biológica, los costos económicos y medioambientales pueden ser bastante significativos, puesto que los agroecosistemas pierden la capacidad de sostener su propia fertilidad del suelo y regulación de plagas y enfermedades; implicando una reducción en la calidad de vida, a causa de la merma en la calidad del suelo, agua y alimentos como consecuencia de la contaminación por pesticidas, nitratos y otros (Altieri & Nicholls, 2009).

2.9.3. Medición de la biodiversidad

La biodiversidad es quizás el principal parámetro para medir el efecto directo o indirecto de las actividades humanas en los ecosistemas. La más llamativa transformación provocada por el hombre es la simplificación de la estructura biótica y la mejor manera de medirla es a través del análisis de la biodiversidad esta tiene varios componentes que se expresan a diferentes escalas, se debe de aceptar que la diversidad es una propiedad de los seres

vivos, por tanto se facilita la medición de la biodiversidad si se aborda de manera jerárquica (genes, especies, comunidades); Se han establecido diferentes índices para la medición de la biodiversidad como los índices de Shannon y Simpson; entre otros; para utilizar cualquiera de los índices se debe de establecer en dependencia de las características a evaluar en los sistemas estudiados (Badii *et al*, 2007).

2.10. La calidad del suelo mediante el uso de indicadores

Un indicador es una variable que simplifica información relevante haciendo que una condición de interés se haga perceptible y que cuantifica, mide y comunica, en forma comprensible, información relevante (Ramírez, 2013). Los indicadores deben ser limitados en número, sencillos, fáciles de medir y tener un alto grado de agregación, es decir, deben ser propiedades que resuman otras cualidades; lo posible deberán contemplar la mayor diversidad de situaciones; por lo tanto, deberán incluir todo tipo de propiedades de los suelos (químicas, físicas, biológicas), tener una variación en el tiempo que sea posible realizar un seguimiento de las mismas; además, no deberán poseer una sensibilidad alta a los cambios climáticos y/o ambientales pero la suficiente como para detectar los cambios producidos por el uso y manejo de los recursos (Méndez *et al*, 2013).

2.11. Indicadores químicos

De la interacción de todos estos atributos que definen la fertilidad depende la producción vegetal en los agroecosistemas; dentro de los componentes químicos se destaca el carbono orgánico, del cual dependen directamente la diversidad y actividad de las poblaciones de fauna edáfica y microorganismos así como muchas otras propiedades del suelo (Reyes, 2013). Los indicadores químicos se refieren a condiciones que afectan las relaciones suelo-planta, la calidad del agua, la capacidad amortiguadora del suelo, la disponibilidad de agua y nutrientes para las plantas y microorganismos (AEET, 2004).

2.12. Indicadores físicos

Las propiedades físicas que pueden ser utilizadas como indicadores de la calidad del suelo son aquellas que reflejan la manera en que este recurso acepta, retiene y transmite agua a las plantas, así como las limitaciones que se pueden encontrar en el crecimiento de las

raíces, la emergencia de las plántulas, la infiltración o el movimiento del agua dentro del perfil y que además estén relacionadas con el arreglo de las partículas y los poros (AEET, 2004). En el suelo viven una serie de organismos; los animales o fauna edáfica ejercen una función importante con respecto al ciclo de nutrientes; estos organismos también afectan la evolución de los suelos participando de la mezcla de partículas orgánicas y minerales, en la formación de poros y agregados por materia fecal, por estas razones los organismos son considerados un factor formador de suelo (Reyes 2013). Los indicadores físicos también implican la reducción del tamaño de las partículas sin ninguna alteración en su composición, y son causados por ciclos de hielo-deshielo, lluvia y otros efectos ambientales (García *et al*, 2012).

2.13. Indicadores biológicos

Los indicadores biológicos integran gran cantidad de factores que afectan la calidad del suelo como la abundancia y los subproductos de los macroinvertebrados.

Los macroinvertebrados rompen, transportan y mezclan el suelo al construir galerías, nidos, sitios de alimentación, compartimientos, afectan procesos de manera directa (incorporación y redistribución de varios materiales) o indirecta (formación de comunidades microbiales, transporte de propágulos, antibiosis o reducción selectiva de la viabilidad, etc.) Generalmente se refieren a la abundancia y subproductos de los organismos, incluidos bacterias, hongos, nematodos, lombrices y artrópodos (Rendón *et al*, 2011).

García *et al*, (2012) propone que las propiedades biológicas del suelo son muy dinámicas por lo que tienen la ventaja de servir de señales tempranas de degradación o de mejoría del suelo (Navarrete *et al*, 2011). Estos cambios son realizados por la comunidad que habita en el suelo: flora (plantas), macrofauna (invertebrados), mesofauna (artrópodos, anélidos, nemátodos y moluscos), microfauna (protozoos y algunos nemátodos) y microbiota (bacterias, actinomicetes, hongos y algas).

2.14. Antecedentes e importancia de los macroinvertebrados

La macrofauna del suelo poco es considerada al momento de establecer las diferentes prácticas agrícolas; no obstante, puede ser afectada por el impacto que ocasiona la labranza y el uso de insumos químicos, condición que se refleja en la reducción o eliminación de

especies y en la disminución de la biomasa de estas poblaciones; dada la susceptibilidad a ser afectada por dichas prácticas, la macro fauna se ha establecido como un indicador de la calidad de los suelos (Rendón *et al*, 2011). Además, son importantes reguladores de muchos procesos del ecosistema: tienen efectos positivos en la conservación de la estructura del suelo; actúan sobre el microclima, la humedad y la aireación; pueden activar o inhibir la función de los microorganismos y están involucrados en la conservación y ciclado de nutrientes (Morales & Sarmiento, 2002).

Los macroinvertebrados son diversos, abundantes y cumplen roles diferentes en los ecosistemas; en el suelo, son muy importantes porque descomponen la materia orgánica y liberan nutrientes; así mismo ejercen efectos en los procesos que determinan la fertilidad del suelo, y en consecuencia, influyen en el ciclo de la materia orgánica y en la disponibilidad de nutrientes asimilables por las plantas (Urzúa, 2013), habitan en los distintos agroecosistemas, radican en la gran variedad de servicios ecosistémicos que ofrecen a través de sus actividades; interviniendo en procesos como el control natural, el reciclaje de nutrientes, la descomposición y transporte de materia orgánica, la estructura del suelo entre otros (Altieri y Nicholls, 2009).

Según Lwanga (2008) Los macroinvertebrados del suelo, intervienen en distintos procesos: en la agregación y estructura del suelo, en la textura y consistencia del suelo, en el movimiento y la retención del agua, en el intercambio gaseoso y en las propiedades químicas y nutricionales existiendo un fuerte efecto del tipo de vegetación sobre ellos.

Denominados los ingenieros del ecosistema, con efectos directos sobre las propiedades del suelo y procesos de humificación y mineralización de la materia orgánica (Rendón *et al*, 2011). Así mismo los macroinvertebrados del suelo intervienen en los procesos de infiltración, aireación e incorporación de materia orgánica en el suelo, y las condiciones biológicas del suelo se ven alteradas cuando existe un uso continuo de agroquímicos o el suelo es arado (Olán *et al*, 2008). Además, los invertebrados se pueden constituir en indicadores de la calidad de un suelo, dado que juegan un papel vital en los procesos de ciclaje de nutrientes; igualmente, su diversidad, número y funciones son sensibles al cambio ambiental en las condiciones del suelo, asociadas con actividades propias en el agro ecosistema (Rendón *et al*, 2011).

2.14.1. Macrofauna del suelo

Está constituida por organismos que pasan toda o una parte de su vida sobre la superficie inmediata y dentro del suelo; para vivir en el suelo estos organismos han tenido que adaptarse a un ambiente compacto, con baja concentración en oxígeno y luminosidad, pocos espacios abiertos, baja disponibilidad y calidad de alimentos y fluctuaciones micro climáticas que pueden llegar a ser muy fuertes. Las comunidades de la macrofauna edáfica varían en su composición, abundancia y diversidad, en dependencia del estado de perturbación del suelo causado por el cambio de uso de la tierra, lo que permite valorar estas comunidades como bioindicadores de calidad o alteración ambiental (Cabrera, 2014).

El componente biótico del suelo comprende una comunidad organizada entre consumidores y descomponedores que desempeñan funciones relevantes en el proceso de degradación de la materia orgánica y el funcionamiento de los suelos en general, en este sentido, los macroinvertebrados participan de manera decisiva mediante sus actividades biológicas (estimulación selectiva de la microflora), mecánicas (construcción de galerías y producción de agregados organominerales) y químicas (humificación y mineralización en interacción con los microorganismos) (Ruiz, 2007).

2.14.2. Composición y función de macrofauna del suelo

La macrofauna está compuesta por animales invertebrados que pasan toda o una parte de su vida dentro del suelo, sobre la superficie inmediata de este, en la hojarasca superficial y los troncos caídos en descomposición; poseen un diámetro mayor a dos milímetros y una longitud igual o mayor de diez milímetros; por lo que son posible detectar a simple vista (Cabrera, 2014).

El principal papel de la macrofauna en el suelo es la disgregación de la materia orgánica y la diseminación de la microflora. Los macroinvertebrados del suelo que habitan los distintos agroecosistemas, radica en la gran variedad de servicios ecosistémicos que ofrecen a través de sus actividades; interviniendo en procesos como el control natural, el reciclaje de nutrientes, la descomposición y transporte de materia orgánica, la estructura del suelo, entre otros (Altieri y Nicholls 2009). Así mismo la mayoría a su vez puede ser clasificada de

acuerdo a diferentes criterios que incluyen su localización en el perfil del suelo, los recursos alimentarios que explotan y su papel funcional en el ecosistema (Ruiz, 2007).

2.14.2.1 Grupos funcionales de la macrofauna del suelo

Según Cabrera, (2014) la macrofauna se puede dividir en distintos grupos funcionales, entre ellos los detritívoros, los herbívoros, fitófagos, polinizadores, parasitoides y los depredadores y con una repercusión especial en la evolución y productividad del suelo se pueden señalar al grupo que contribuye a la formación de estructuras físicas de suelo.

2.14.2.2. Grupo funcional de detritívoros

En general se trata de un grupo poco especializado, en el que a veces se incluye a las especies que se desarrollan a expensas de las exudaciones de savia que emana de las heridas de árboles vivos (Maldonado, 2014). Los organismos epigeos con función detritívora, representados fundamentalmente por los Diplópodos (milpiés), Isópodos (cochinillas), algunos coleópteros (escarabajos) y gastrópodos (caracoles), ellos viven y se alimentan en la superficie del suelo con lo que ayudan en el fraccionamiento de la hojarasca y, por ende, en los procesos de descomposición y mineralización de la materia orgánica (Cabrera, 2012). Interviniendo en la descomposición de la materia orgánica y fundamentalmente los invertebrados que habitan en la superficie, se encargan de la trituración de los restos vegetales y animales que componen la hojarasca; la fragmentación mecánica de estos restos hace que haya mayor disponibilidad de alimentos para otros invertebrados más pequeños y para los microorganismos (por ejemplo: hongos y bacterias), jugando los detritívoros un papel importante en el reciclaje de nutrientes (Cabrera, 2014).

Esta comunidad, es muy sensible a los cambios bruscos de humedad y temperatura, por lo que tienden a desaparecer ante estas condiciones de estrés. Tal situación puede estar ocasionada por la menor cobertura vegetal y entrada de residuos, así como por la mayor exposición a la radiación solar principalmente la humedad puede influir en funciones vitales de estos organismos, tales como el intercambio gaseoso, la reproducción y la alimentación. Los artrópodos epigeos con función detritívora son más abundantes y diversos en ambientes con una incorporación continua y variada de hojarasca, bajas temperaturas y alta humedad en el suelo (Cabrera, 2012).

2.14.2.3. Grupo funcional de Herbívoros

Entre el 40 y 90% de la producción primaria neta corresponde a las partes subterráneas de las plantas y una alta proporción de la misma es consumida por los invertebrados herbívoros que habitan el suelo, los cuales en su mayoría son insectos; la abundancia de estos insectos es muy variable de un ambiente a otro y de un ciclo anual al siguiente, lo cual dificulta su análisis cualitativo (Zerbino, 2005); habitando en el interior como en la superficie del suelo; se alimentan de las partes vivas de las plantas y así controlan la cantidad de materia vegetal que ingresa al suelo (Cabrera, 2014).

2.14.2.4. Grupo funcional de Depredadores

Los depredadores consumen diversos invertebrados, por lo que modifican el equilibrio de sus poblaciones y el balance entre estas y los recursos disponibles del ecosistema (Cabrera, 2014). Los depredadores incluyen algunas familias como los arácnidos (Araneae, Opiliones, Pseudoscorpionida) y ciempiés (Geophilomorpha, Scolopendromorpha), los cuales intervienen a otros niveles de la cadena trófica al consumir material vegetal y animal vivo, respectivamente, lo que origina riqueza y calidad de estos materiales en el suelo (Cabrera, 2011).

2.15. Ingenieros del suelo o del ecosistema

Constituyen una clasificación relacionada especialmente con los cambios físicos que provocan en el medio edáfico; “Los ingenieros” existen mayormente en el interior del suelo y son responsables de la formación de poros, oxigenación filtración de agua, producto de las redes de galerías que construyen; también posibilitan la transformación de materia orgánica por su interacción con algunos microorganismos, influyen en el procesos de agregación y formación de la estructura del suelo, gracias al aporte de sus heces fecales, que son el producto de la mezcla en sus intestinos de material mineral (arena y arcilla) material orgánico del suelo, constituyendo reservorios de nutrientes (Cabrera 2014). Los ingenieros del suelo involucran grupos consumidores de materia orgánica como las lombrices (Haplotaxida) y las termitas (Isoptera), y los organismos omnívoros como las hormigas (Hymenoptera: Formicidae), tienen un impacto específico en el interior del suelo a partir de la transformación de sus propiedades físicas, que favorecen la formación de agregados y la

estructura, el movimiento y la retención del agua, así como el intercambio gaseoso (Cabrera, 2011).

2.16. Principales grupos taxonómicos de los macroinvertebrados edáficos

2.16.1. Chilopoda

Los quilópodos son higrófilos y lucífugos. Es frecuente hallarlos en lugares con un determinado grado de humedad, resguardados de la exposición solar directa. Sus hábitats habituales son sotobosques, debajo de piedras, en la hojarasca, el humus y los musgos. En las regiones tropicales, se los puede encontrar trepados a los árboles a varios metros, los Scutigermorpha y Scolopendromorpha su alimento preferido consiste en pequeños artrópodos, oligoquetos y otros invertebrados (Zoología, sf).

2.16.2. Diplopoda

Los diplópodos son higrófilos. Viven normalmente bajo piedras, entre las raíces de las plantas, en la hojarasca, bajo corteza de árboles, en materia en descomposición. Unas pocas especies pueden trepar sobre los árboles o arbustos hasta 1 o 2 metros. Hay especies que prefieren terrenos secos y desérticos, otras, algas y fanerógamas abandonadas por la marea. Ocasionalmente encontramos especies que se encuentran en hormigueros, termiteros y nidos de pequeños mamíferos y aves. La inmensa mayoría son herbívoros, detritívoros y se alimentan de materia vegetal fresca o en descomposición. Algunos diplópodos son xilófagos y poseen simbiosis en su sistema digestivo para digerir la celulosa y la lignina. Por último, hay formas que prefieren una dieta carnívora o materia fecal y animales muertos (Zoología, sf).

2.16.3. Collembola

Son pequeños artrópodos sin alas, son muy importantes por su influencia sobre la estructura de algunos suelos. La mayoría pueden retardar la liberación de nutrientes esenciales para que las tomen las raíces de las plantas, que sirven como sustrato para una gran cantidad de microorganismos, otra función importante que ejercen los colémbolos es la de participar

activamente en el proceso de la descomposición de la materia orgánica, en el reciclaje de los nutrientes y respiración del suelo (Cutz & Vázquez, 2012).

2.16.4. Coleopteros

Son importantes componentes del ecosistema, actúan como descomponedores, ayudan en la reincorporación de nutrientes del suelo, contribuyen a la aireación y penetración del agua en el suelo, participan en la diseminación de semillas, todo lo anterior aunado a que son fáciles de coleccionar, fáciles de identificar y cuantificar, hace que sean apropiados como indicadores ecológicos y de biodiversidad (Arriaga *et al*, sf).

Entre las familias de escarabajos más comunes en el suelo se pueden mencionar *Elateridae*, *Scarabaeidae*, (Cabrera, 2014).

Los carábidos se reconocen por tener patas corredoras, coxas posteriores grandes que interrumpen el primer segmento abdominal, no extendidas lateralmente hasta la epipleura del élitro, trocánter posterior grande, y en la mayoría tienen un par de glándulas internas en el abdomen, empleadas para producir sustancias químicas defensivas; estas glándulas fabrican olores distintivos y poderosos en varios linajes de carábidos como Brachinini y Paussini (los llamados escarabajos bombarderos) (Martínez, 2005).

En el caso de Staphylinidae tiene especies herbívoras, detritívoras y también depredadoras de otros insectos y de microartrópodos como los ácaros. *Tenebrionidae*, *Carabidae* y *Staphylinidae* pueden ser halladas en la superficie o en el interior del suelo. Algunas de estas familias son muy sensibles a cambios en las prácticas agrícolas que afectan los recursos disponibles, ya sea por la aplicación de fertilizantes, plaguicidas o laboreo intenso (Cabrera, 2014).

2.16.5. Formicidae

Según Rojas (2001), son muchas las especies de hormigas depredadoras que, mediante sus actividades, controlan las poblaciones de animales que viven en el suelo y en la hojarasca. Las hormigas pertenecen a la familia *Formicidae*, viven en sociedad, habitan el suelo o bajo piedras, en ramas secas o en cualquier estructura hueca que les ofrezca el ambiente para

formar sus nidos, donde conviven y laboran en grupos familiares, por lo que son llamados insectos sociales, (Jaffe, 1993). Se ha demostrado que el suelo de los hormigueros de varias especies contiene cantidades significativamente mayores de materia orgánica y de nutrientes para las plantas, este enriquecimiento se atribuye a la acumulación de restos de semillas, exudados de homópteros, cadáveres de insectos y heces dentro del nido. Se sabe que gran parte de la materia orgánica recolectada por algunas especies se mineraliza en el nido, ya que la cantidad de alimento que consumen es 25 veces mayor que la biomasa que producen, lo que significa un aporte al suelo de 11 a 16 veces más nitrógeno y de 42 a 93 veces más carbono, en relación con el aporte de biomasa que recibe el suelo (Rojas, 2001).

2.16.6. Isopodos

Los isópodos terrestres (*Oniscidea*) son crustáceos eumalacostráceos pertenecientes al orden *Isopoda*, aunque reúnen una serie de características morfológicas y fisiológicas relacionadas con su modo de vida terrestre que permiten considerarlos como un grupo natural bien definido, considerado actualmente como monofilético, Como todos los representantes del orden, su cuerpo está dorsoventralmente aplanado y se divide en tres partes bien diferenciadas a simple vista, el cefalon, el pereion, el pleon; los isópodos terrestres son los crustáceos que más éxito han conseguido en la colonización de los hábitats terrestres, un modo de vida que probablemente ya se inició a finales del Paleozoico a partir de formas marinas litorales ya que a lo largo de su adaptación al medio terrestre han ocupado todo tipo de hábitats, desde las zonas litorales hasta el interior de los continentes incluidas las zonas áridas y desérticas, la alta montaña y el medio subterráneo (García, 2015).

2.16.7. Symphyla

Los sínfilos o sinfilos; clase Symphyla, son animales edáficos muy pequeños miden (1-8 mm de largo), similares a los ciempiés, se caracterizan por su cuerpo alargado, muy flexible y completamente blanco, la ausencia de ojos y la presencia de un par de antenas largas y moniliformes, todas características típicas de un tipo de vida edáfica aunque los sínfilos son animales típicamente edáficos, pueden encontrarse frecuentemente entre la hojarasca, bajo troncos y musgo o incluso sobre árboles en regiones tropicales, el principal factor determinante de su presencia parece ser la humedad. Se mueven, a veces a gran velocidad,

mantienen las antenas en posición frontal, permanentemente en movimiento palpando el suelo, cuando se alimentan echan las antenas hacia atrás. La mayoría de las especies parecen ser omnívoras, alimentándose principalmente de hifas de hongos y material animal o vegetal fresco, algunas especies son depredadoras de pequeños animales (como nematodos y ácaros) y otras se alimentan principalmente de raíces, pudiendo ocasionar importantes daños a cultivos agrícolas (Camacho, 2015).

2.16.8. Lumbricidae

Las lombrices de tierra viven predominantemente dentro del suelo, aunque también se les encuentra en la hojarasca, bajo piedras, bajo la corteza de troncos húmedos, y en los suelos suspendidos, su ciclo de vida es muy sencillo y generalmente está sincronizado con la temperatura y la humedad del suelo (Fragoso, 2014).

Las lombrices de tierra promueven la actividad de los microorganismos mediante la fragmentación de la materia orgánica y el aumento del área accesible a los hongos y las bacterias, además, estimulan el crecimiento extensivo de las raíces en el subsuelo debido a la mayor disponibilidad de nitrógeno en los túneles (hasta cuatro veces más que el nitrógeno total en la capa superior del suelo) y a la fácil penetración de las raíces por los canales existentes (FAO, sf).

Falco (2010) menciona que las lombrices de tierra son uno de los componentes más importantes de la fauna del suelo, su actividad modifica las propiedades físicas y químicas del hábitat y su abundancia y distribución están influidas fuertemente por las condiciones del ambiente y el estado ecológico del sistema, el hábitat apropiado para las lombrices de tierra, es aquel que cubre sus requerimientos mínimos en cantidad y calidad de alimento, humedad, oxígeno suficiente para poder respirar, protección contra la radiación ultra violeta, pH y temperatura adecuada y ausencia de sustancias tóxicas que puedan modificar su balance osmótico.

2.16.9. Aranea

Los integrantes del orden *Araneae* pueden representar la mitad de los depredadores de un agroecosistema, son tan eficientes, que los cambios en la densidad afectan a las

poblaciones (Zerbino, 2005). Son depredadores y las principales presas son los insectos, tales como las larvas de moscas, escarabajos adultos y en estado larval, polillas pequeñas, así como cochinillas y termitas. Habitan la hojarasca y las grietas de la superficie del suelo, bajo piedras, cortezas de troncos y pueden vivir en los nidos de termitas y hormigas, sobre todo los falsos escorpiones.

Las arañas producen seda, llamada telaraña y algunas la usan para cazar a sus presas, otras arañas son cazadoras activas, estas pueden indicar la calidad del hábitat ya que requieren de recursos alimenticios y de refugio disponibles en el ecosistema (Cabrera, 2014).

3. MATERIALES Y METODOS

3.1. Localización

Fueron muestreadas 40 parcelas cañeras entre los meses de diciembre de 2015 a octubre de 2016 en los municipios de Verapaz, San Cayetano Istepeque y San Vicente en el Departamento de San Vicente, El Salvador (Figura 1).

3.2. Sistemas de cosecha de caña de azúcar

Durante la investigación se consideraron parcelas de caña de azúcar que son cosechadas sin recurrir a la práctica de quema y el material cortado se procesa en molienda con tracción animal. En esta modalidad se realizaron dos momentos de muestreo denominados “verde pre-cosecha” y “verde-lluvia”, en época lluviosa durante los meses de septiembre a octubre del año 2016.

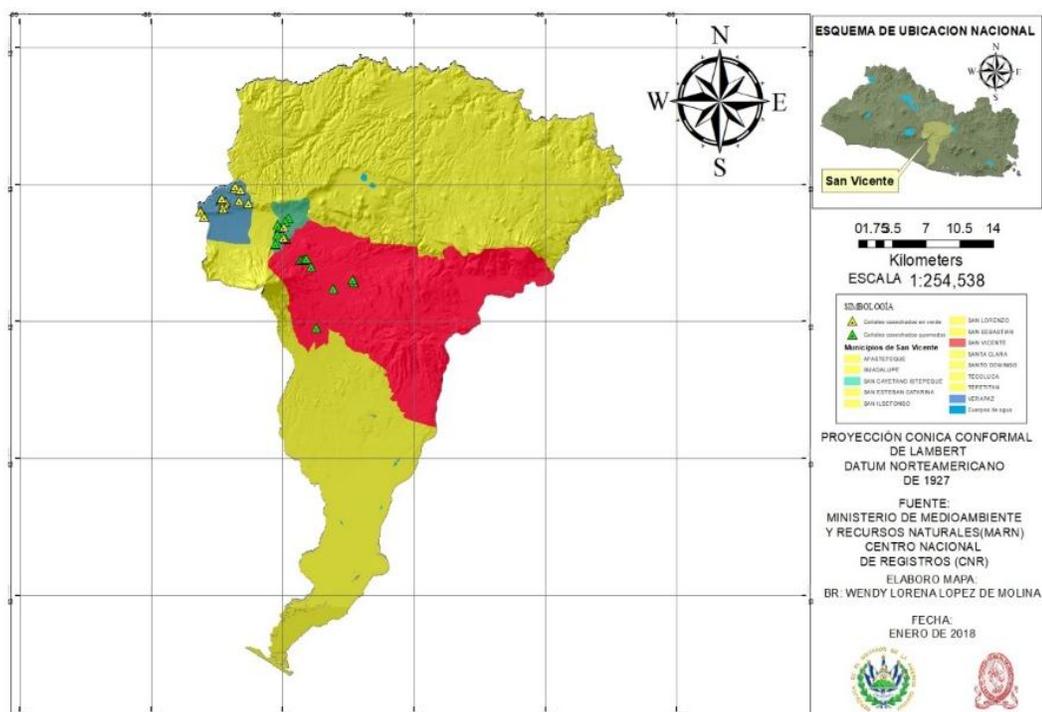


Figura 1. Ubicación de los sitios de muestreo en parcelas de caña de azúcar del Departamento de San Vicente, El Salvador.

En la segunda modalidad nombrada “cosecha bajo quema”, la cual es cortada manualmente y procesada. Se realizaron tres momentos de muestreo iniciando con “pre-quema” es decir antes de la quema del cultivo, “pos-quema” realizándose después de la quema y finalizando con quema-lluvia en época lluviosa durante los meses de septiembre a octubre del año 2016 (Figura 2).

3.3. Fase inicial

Previo a la extracción de las muestras se realizaron reuniones de carácter formal con representantes de la directiva de La Asociación Cooperativa de Dulce de Panela (ACOPANELA) ubicada en el municipio de Verapaz, San Vicente quienes proporcionaron información general. Así mismo se realizaron reuniones con cañicultores que cosechan caña bajo la modalidad de quema, quienes fueron seleccionados por el Ingeniero Agrónomo José Orlando Bonilla, técnico agrícola en cultivo de caña y productor; estas reuniones fueron realizadas con el propósito de definir el objetivo de la investigación.

3.4. Reconocimiento de terrenos

Se hicieron visitas a las parcelas a muestrear, tanto con miembros de la cooperativa ACOPANELA como con cañicultores seleccionados por el Ingeniero Agrónomo José Orlando Bonilla, con el objetivo de conocer y hacer la respectiva delimitación de las áreas a muestrear, siempre tomando en cuenta que las parcelas estuvieran distribuidas estratégicamente en los municipios seleccionados del departamento de San Vicente.

Se muestrearon en total cuarenta parcelas, cada una con una extensión de una manzana de las cuales veinte correspondieron en verde (sin quema) y veinte “bajo la modalidad de quema” (Cuadro 1 y 2).



Figura 2. Registro fotográfico de los sitios muestreados. A) Fincas antes de la quema (Pre-quema). B, C, D) cañales cosechados sin quema (Verde pre-cosecha), E, F) Fincas después de quema (Pos-quema).

Cuadro 1. Propietarios de las parcelas muestreadas bajo modalidad “cosecha sin quema”

| Parcela | Altitud (msnm*) | Ubicación |
|---------|-----------------|------------------------|
| 1 | 726 | Verapaz |
| 2 | 673 | Verapaz |
| 3 | 676 | Verapaz |
| 4 | 667 | Verapaz |
| 5 | 570 | Verapaz |
| 6 | 583 | San Cayetano Istepeque |
| 7 | 557 | Verapaz |
| 8 | 560 | Verapaz |
| 9 | 727 | Verapaz |
| 10 | 728 | Verapaz |
| 11 | 738 | Verapaz |
| 12 | 733 | Verapaz |
| 13 | 675 | Verapaz |
| 14 | 657 | Verapaz |
| 15 | 713 | Verapaz |
| 16 | 608 | Verapaz |
| 17 | 601 | Verapaz |
| 18 | 601 | Verapaz |
| 19 | 595 | San Cayetano Istepeque |
| 20 | 646 | Verapaz |

Cuadro 2. Propietarios de las parcelas muestreadas bajo modalidad de “cosecha con quema”

| Parcela | Altitud (msnm*) | Ubicación |
|---------|-----------------|------------------------|
| 1 | 554 | San Vicente |
| 2 | 575 | San Cayetano Istepeque |
| 3 | 570 | San Cayetano Istepeque |
| 4 | 564 | San Cayetano Istepeque |
| 5 | 525 | San Cayetano Istepeque |
| 6 | 593 | San Vicente |
| 7 | 447 | San Vicente |
| 8 | 350 | San Vicente |
| 9 | 385 | San Vicente |
| 10 | 528 | San Cayetano Istepeque |
| 11 | 672 | San Vicente |
| 12 | 659 | San Vicente |
| 13 | 643 | San Vicente |
| 14 | 627 | San Vicente |
| 15 | 622 | San Cayetano Istepeque |
| 16 | 623 | San Cayetano Istepeque |
| 17 | 738 | San Cayetano Istepeque |
| 18 | 732 | San Cayetano Istepeque |
| 19 | 616 | San Cayetano Istepeque |
| 20 | 612 | San Vicente |

*msnm: Altura de las parcelas en metros sobre el nivel del mar

3.5. Fase de campo

3.5.1. Encuesta

Se realizó una encuesta a 20 productores que hacen uso de la quema en caña de azúcar y a 20 productores que no hacen uso de esta práctica. El objetivo de la encuesta fue recolectar información sobre el manejo proporcionado que cada productor ejerce en sus parcelas; así como también encontrar las diferencias en el manejo de ambas modalidades (Anexo 1 y 2).

3.5.2. Muestreo

Una vez ubicados en la parcela a muestrear, a partir de cada esquina de la parcela con una extensión de 0.70 hectárea (una manzana), se caminó hacia uno de los lados entre 25 a 30 m, para posteriormente ingresar a la parcela 20 m, siendo este el lugar indicado para la recolección de la muestra de suelo (Figura 3). La recolección de la macrofauna se adaptó a la metodología estándar descrita por el Programa de Biología y Fertilidad del Suelo Tropical o TSBF (Anderson & Ingram, 1993), realizándose un total de cuatro muestras por parcela, con dimensiones de 20 x 20 x 15 cm, obteniendo un volumen total 0.006 m³ por cada una de las muestras equivalente a 6 litros de suelo extraído en cada una de las cuatro sub muestras de cada parcela; haciendo un total de muestra por parcela de 0.024 m³ equivalente a 24 litros de suelo.

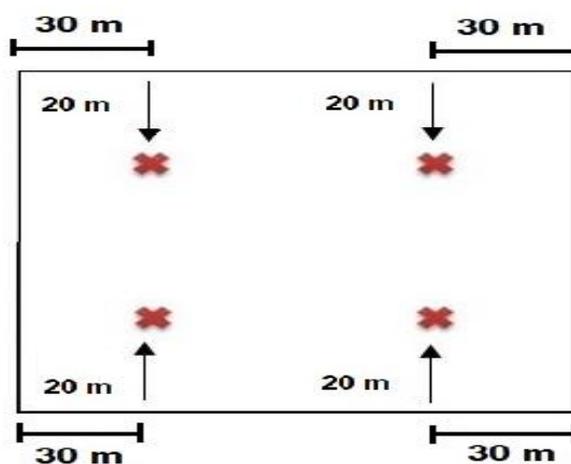


Figura 1. Croquis de la toma de muestra en cada finca, de caña de azúcar (*Saccharum officinarum* L.) en el Departamento San Vicente.

Una vez marcado (con cinta métrica) el sitio de extracción de muestra con la ayuda de una pala pequeña se procedió a la extracción de suelo. El suelo extraído fue colocado en una bolsa plástica limpia con su respectiva identificación (número de parcela, nombre de dueño, momento de muestreo y número de bolsa)(Figura 4). Todas las muestras fueron trasladadas a una casa de habitación.

3.5.3. Limpieza y separación de especímenes

Las “muestras” recolectadas fueron exhaustivamente examinadas. Esto se realizó vertiendo pequeñas cantidades del material en bandejas blancas, donde con la ayuda de pinceles y pinzas se limpiaron y separaron los organismos encontrados a simple vista, almacenándose en frascos plásticos con alcohol al 70% para su posterior identificación. Los frascos fueron etiquetados con la siguiente información: día, mes año (d/m/a), dueño de la parcela, número de la parcela y modalidad de muestreo (Figura 5).



Figura 2. Obtención de muestra de suelo. A) Delimitación del área a muestrear, B) Extracción de tierra, C) Colocación de la muestra en bolsa.



Figura 3.Registro fotográfico del proceso de extracción, limpieza y separación de macroinvertebrados. A y B) Búsqueda de macroinvertebrados, C) *Elateridae*, D) Termita.

3.6. Fase de Laboratorio

3.6.1. Reconocimiento taxonómico

El reconocimiento se realizó en las instalaciones de la Universidad de El Salvador en la Facultad de Ciencias Agronómicas.

Los macroinvertebrados fueron clasificados según orden y familia mediante el uso de claves y descripciones taxonómicas (Borror *et al.*1989) (Costa & Ide 2000). Para el manejo e identificación (de características morfológicas) de los especímenes fueron necesarios la utilización de microscopio estereoscopio, pinzas entomológicas punta fina y pinceles para poder ser colocados en frascos de plástico con alcohol al 70%, cada uno de los frascos fue identificado con el nombre de la finca, orden y familia del macroinvertebrado presente en su

contenido y todos los frascos de la misma finca fueron colocados en una bolsa que también se identificó con el nombre de la finca (Figura 6 y 7).

Para determinar el grupo funcional de los macroinvertebrados edáficos se clasificó cada uno de los taxa de acuerdo a su hábitat y función en el suelo, los grupos funcionales que se identificaron fueron: detritívoros, fitófagos, depredadores, parasitoides, ingenieros del suelo.



Figura 4. Registro fotográfico del examen y reconocimiento taxonómico de macroinvertebrados. A) Identificación taxonómica, utilizando estereoscopio, B y C) Rotulado de macroinvertebrados por familia en viales, D) Clasificación de viales por parcela.

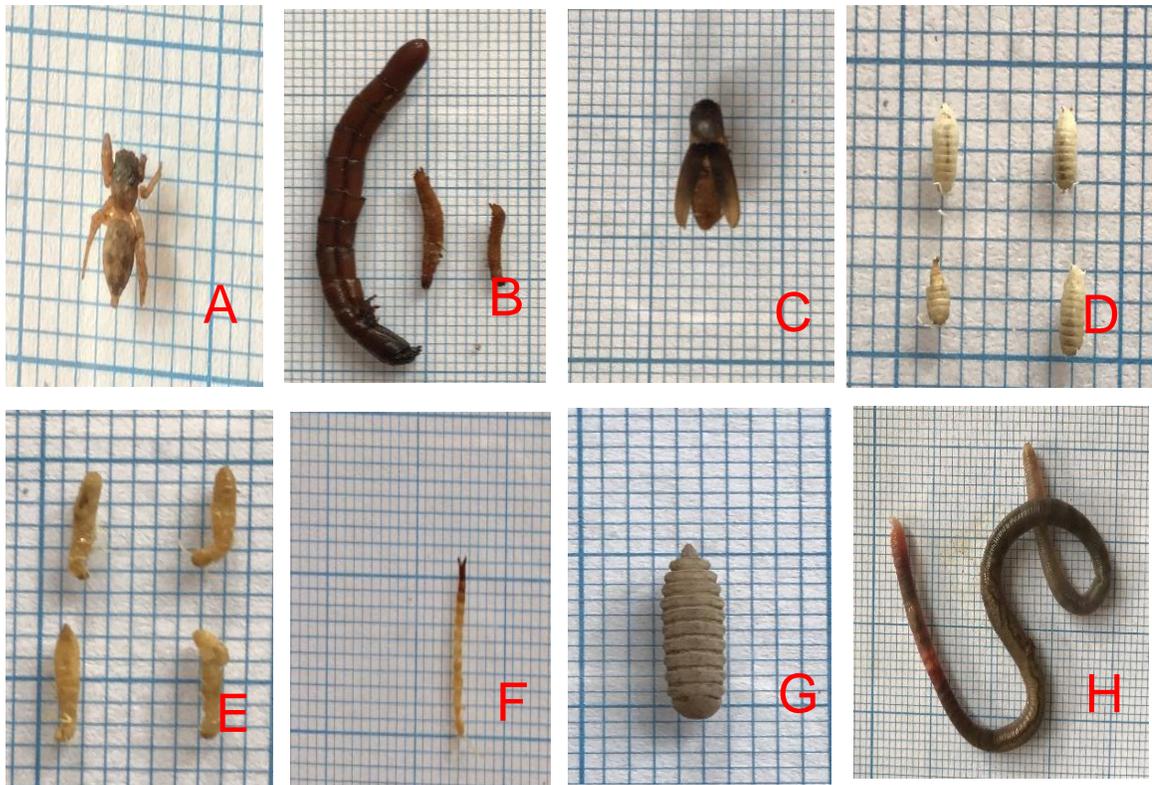


Figura 5. Identificación de macroinvertebrados, A) Aranea, B) Larva Elateridae, C) Elateridae adulto, D) Isopoda, E) Isoptera, F) Larva de Japyjidae, G) Larva Stratiomyidae H), Lumbricidae,

3.7. Dominancia y diversidad de especies

Para medir la dominancia y diversidad de los macroinvertebrados fue aplicado el índice de Simpson. Este índice considera la probabilidad de dos individuos de la población seleccionados al azar sean de la misma especie. Indica la relación existente entre riqueza o número de especies y la abundancia o número de individuos por especie (Campo & Duval 2014).

Durante la obtención de los datos se utilizaron las siguientes formulas

- $D = \sum (n/N)^2$
- $D = \frac{\sum n(n-1)}{N(N-1)}$

Donde:

n = el número total de organismos de una especie en particular

N = el número total de organismos de todas las especies

El valor de D oscila entre 0 y 1:

Si el valor de D da 0, significa diversidad infinita.

Si el valor de D da 1, significa que no hay diversidad

3.8. Análisis estadístico

Para la realización del análisis de datos obtenidos en campo, previamente se resumieron y organizaron los datos colectados a través de tablas, gráficos y medidas numéricas, para lo cual se emplearon hojas de cálculo en el programa Microsoft Office Excel; donde también se realizaron las consultas necesarias, permitiendo procesar la información para su posterior interpretación. De igual forma en este mismo programa se determinó el índice de Biodiversidad de Simpson.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Manejo proporcionado a los cañales bajo la modalidad de quema

De las 20 parcelas que fueron consideradas para el estudio, éstas pertenecen a 15 productores, que tienen entre cinco y veinte años de cultivar caña de azúcar. A estos productores se les realizó una encuesta donde se detallan el manejo y prácticas agronómicas que realizan al cultivo de caña de azúcar con fines de zafra, obteniendo los siguientes resultados.

De las tres variedades descritas para la siembra el 45% utiliza PR980, otro 45% siembra CP722086 y el restante 10% cultiva la variedad CP731547 (Figura 8). En cuanto a la utilización de maquinaria el 100% de los productores encuestados hacen uso de rastra, arado y subsuelo. Para la fertilización del cultivo el 55% hace dos fertilizaciones anuales y el restante 45% hace una fertilización anual haciendo una mezcla de dos fórmulas (15-15-15, Sulfato de amonio N21%-S24%), utilizando dos quintales de cada fórmula haciendo un uso total de cuatro quintales por manzana, aplicándolo dos veces al año.

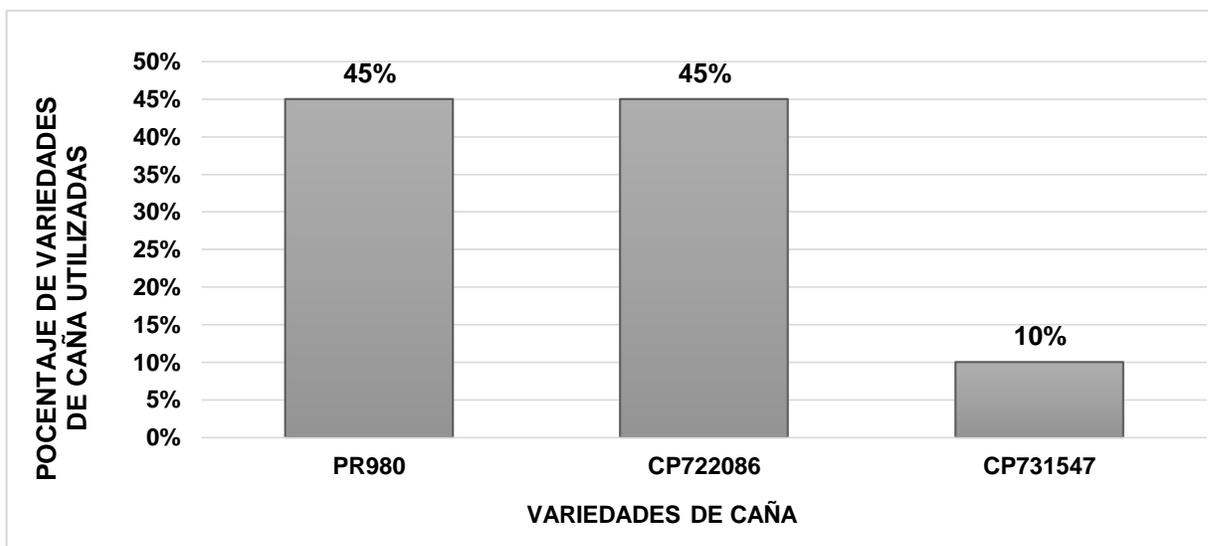


Figura 6. Variedades de caña cultivada en los Municipios de Verapaz, San Cayetano Istepeque y San Vicente del Departamento de San Vicente, El Salvador.

Los resultados reflejan que el 100% de los productores tienen problemas con plagas dentro de las cuales el 100% de los cañicultores presenta problema con la *Aenolamia spp* (mosca pinta) y un 15% muestra problemas con *Diatraea spp* (gusano barrenador); en cuanto al manejo este es realizado con productos químicos preventivos como el Karate Zeon (Lambda Cyalotrina) y el Counter (Terbufos).

El 100% de los productores mencionó que realizan aplicación de madurante (Glifosato) ya que según ellos este ayuda a una mejor concentración de azúcares.

Todos los productores manifestaron que desde que comenzaron con el cultivo de caña de azúcar practican la quema, ya que de esta forma la cosecha es más rápida y es más económica. De igual forma se les pregunto si sabían del daño que ocasiona dicha práctica al suelo y al medio ambiente a lo que el 100% respondieron que son conscientes de los daños causados por la quema; sin embargo, los mismos productores recalcaron que de no realizar ellos la quema mencionaron que la gente le coloca fuego al cultivo antes de haber alcanzado la madurez adecuada, causando pérdidas.

En cuanto al rendimiento de la producción, se investigó si ésta se ha mantenido, aumentado o disminuido, a lo que el 100% de los encuestados manifestaron que con el paso del tiempo la cosecha ha reducido gradualmente y que además para poder mantener la producción se han visto en la necesidad de aumentar las dosis de fertilización.

Según los resultados de la encuesta a los productores que cosechan caña de azúcar bajo la modalidad de quema, se llegó a la conclusión que los problemas expuestos por productores se generan debido a las diferentes practicas agronómicas que son realizadas tanto al suelo como al cultivo generando principalmente una disminución en la producción del cultivo, así como el aumento de plagas y enfermedades.

4.2. Manejo proporcionado a los cañales cosechados sin quema

De las 20 fincas que fueron consideradas para el estudio, éstas pertenecen a 11 productores, quienes tienen entre veinte y cuarenta años de cultivar caña. Se les realizó una encuesta donde detallan el manejo y prácticas agronómicas que realizan al cultivo de caña de azúcar para molienda, obteniendo los siguientes resultados: de las cuatro variedades

descritas para la siembra el 40% siembra PR980, 15% CP722086, 10% PINDAR y 35% CP731547 (Figura 9). En cuanto al uso de maquinaria agrícola el resultado mostró que un 25% hace uso de maquinaria, un 30% utiliza labranza mínima y el 45% restante hace uso de ambas (Figura 10). Para la fertilización los resultados indicaron que el 60% de los cañeros mencionaron que realizan una fertilización al año (15-15-15 utilizando 2 qq/mz) y el restante 40% no fertiliza (Figura 11).

En cuanto a la presencia de plagas el 100% de los productores que cosechan con fines para molienda no presentan ningún problema de plaga, y por ende no realizan ningún tipo de control químico. De igual manera según la encuesta el 100% de los cañicultores no realizan aplicación de madurante. Así mismo se les consulto porque no realizan quema y el 100% respondió que no lo consideran necesario y están conscientes que la quema causa daños al medio ambiente y al suelo. En cuanto a la producción lo cañicultores mencionaron que según el tiempo que tienen de estar cultivando caña la producción y el rendimiento se ha mantenido.

Según los resultados los productores que cosechan caña de azúcar bajo la modalidad sin quema, se llegó a la conclusión que los productores no presentan ningún problema debido a que no hacen ningún uso de químicos para manejar las plagas o enfermedades.

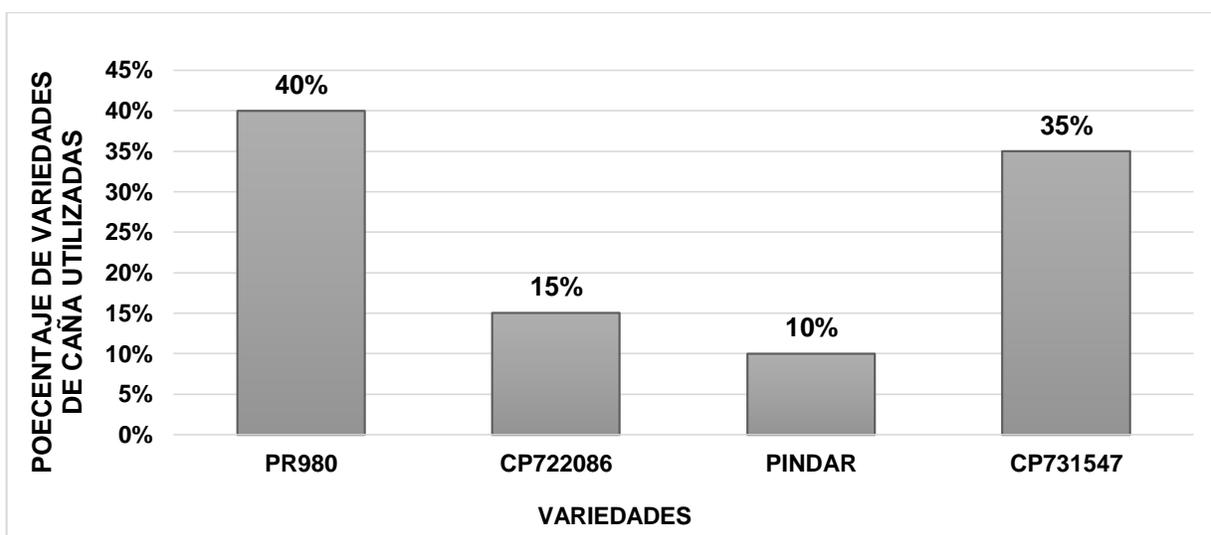


Figura 7. Variedades de caña cosechadas sin quema en los Municipios de Verapaz, San Cayetano Istepeque y San Vicente del Departamento de San Vicente, El Salvador.

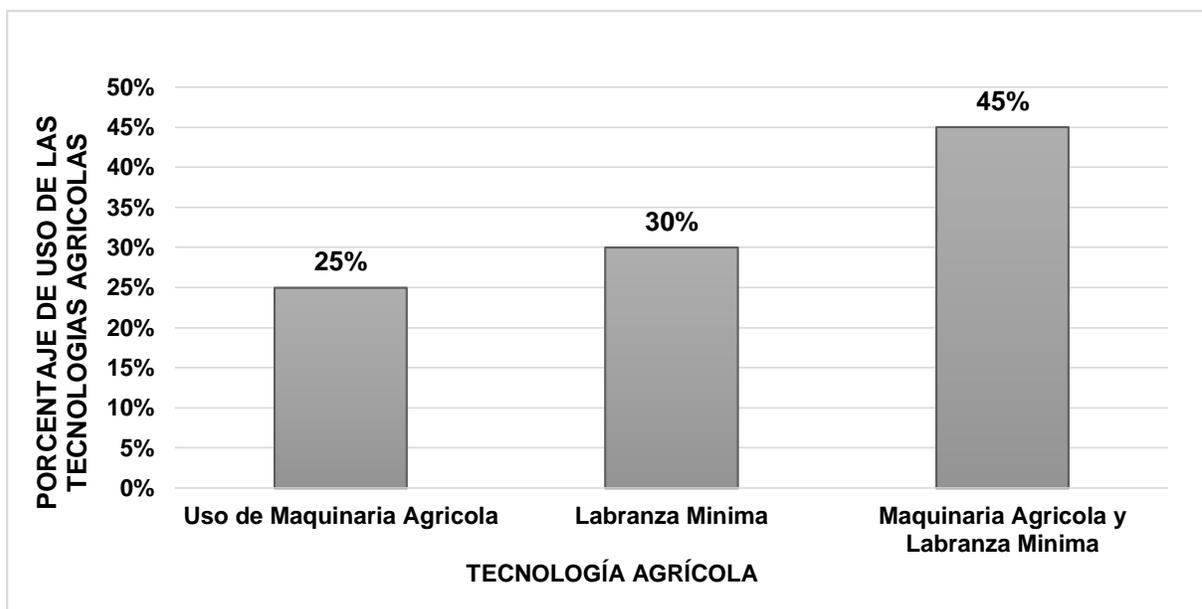


Figura 10. Uso de maquinaria en el cultivo de caña de azúcar sin quema en los Municipios de Verapaz, San Cayetano Istepeque y San Vicente del Departamento de San Vicente, El Salvador.

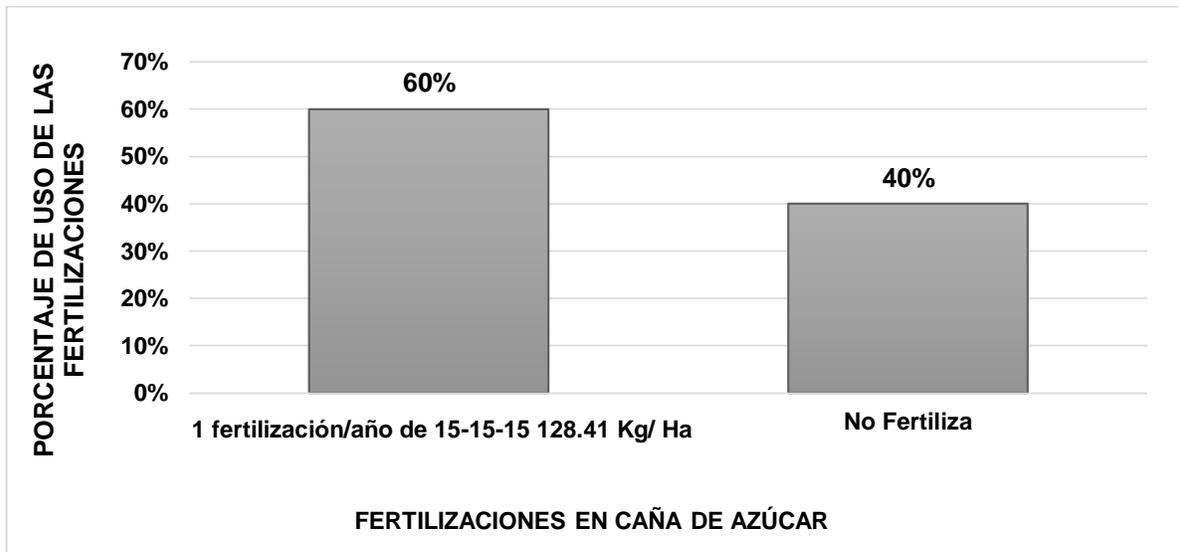


Figura 11. Fertilización en el de caña de azúcar sin quema en los municipios de Verapaz, San Cayetano Istepeque y San Vicente del Departamento de San Vicente, El Salvador.

4.3. Comparación de manejo del cultivo de caña de azúcar con quema y sin quema

Al comparar los resultados de la encuesta realizada a los cañicultores, se encontró que las variedades más utilizadas en ambas modalidades fueron PR980, CP722086, CP731547 Y PINDAR (Cuadro 3). Lo que indica que la variedad PR980 es la más utilizada por los cañicultores de ambas modalidades.

Cuadro 3. Variedades de caña de azúcar utilizadas en ambas modalidades, en los Municipios de Verapaz, San Cayetano Istepeque y San Vicente del Departamento de San Vicente, El Salvador.

| Variedad | Quema (%) | Sin quema (%) |
|----------|-----------|---------------|
| PR980 | 45 | 40 |
| CP722086 | 45 | 15 |
| CP731547 | 10 | 35 |
| PINDAR | ----- | 10 |

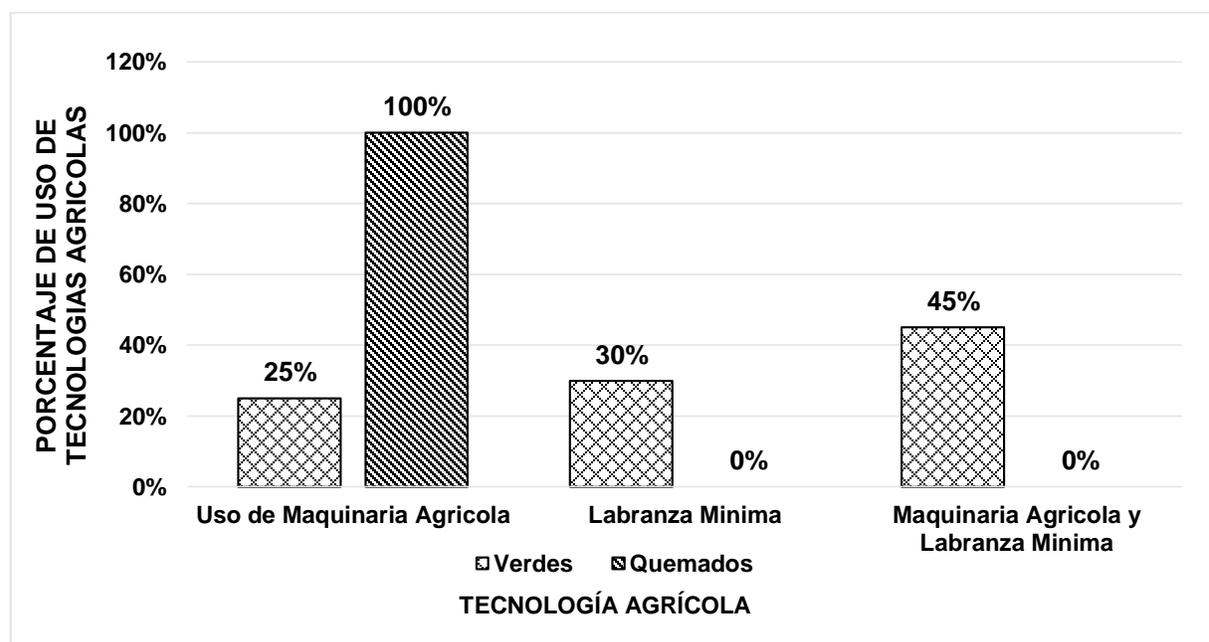


Figura 12. Uso de maquinaria en el cultivo de caña de azúcar en las dos modalidades de cosecha en los Municipios de Verapaz, San Cayetano Istepeque y San Vicente del Departamento de San Vicente, El Salvador.

Al comparar el uso de maquinaria en ambas modalidades los resultados mostraron que el 100% de los cañicultores que utilizan la práctica de quema hacen uso de maquinaria agrícola, mientras que los cañicultores que no utilizan la quema solamente el 25% de ellos hace uso de maquinaria, y un 45% combinan el uso de maquinaria agrícola y la labranza mínima, mientras que el 30% de cañicultores que no hacen uso de la quema, utiliza la labranza mínima expresando que tratan de no causar muchos daños a sus parcelas, evitando el piso de arado por el uso de maquinaria agrícola y solo es utilizada cuando es renovado el cultivo (Figura 12).

Los resultados obtenidos en las fertilizaciones bajo las dos modalidades de la investigación indicaron que hay diferencia en ambos tipos de cosecha.

Un 55% de los cañicultores que hacen uso de la quema mencionaron que realizan dos aplicaciones de fertilizante anuales a su cultivo, y un 45% realiza una aplicación anual; esto con el propósito de ir manteniendo el rendimiento de las anteriores cosechas.

En cambio, los cañales que son cosechados sin quema el 60% hace una fertilización anual y el restante 40% no realiza ningún tipo de fertilización, ya que los rendimientos obtenidos son los deseados (Figura 13).

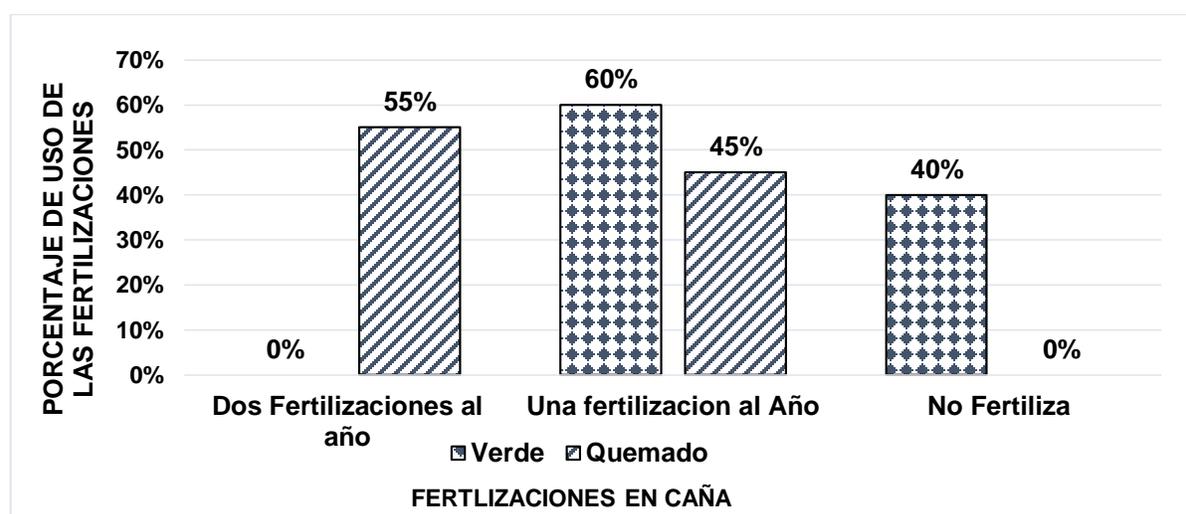


Figura 13. Fertilización en el cultivo de caña de azúcar en las dos modalidades de cosecha en los Municipios de Verapaz, San Cayetano Istepeque y San Vicente del Departamento de San Vicente, El Salvador.

Los datos obtenidos bajo las dos modalidades de cosecha indicaron con relación a las plagas que afectan el cultivo de caña de azúcar el 100% de los productores que trabajan la modalidad en verde (sin quema) no tienen problemas con plaga por lo tanto no realizan aplicaciones de insecticidas, caso contrario en los cañales que son cosechados con quema ya que estos presentan problemas de plaga siendo las más comunes mosca pinta y gusano barrenador; lo que conlleva a los cañicultores a realizar aplicaciones de insecticidas al cultivo para reducir los daños ocasionados por las plagas antes mencionadas (Figura 14).

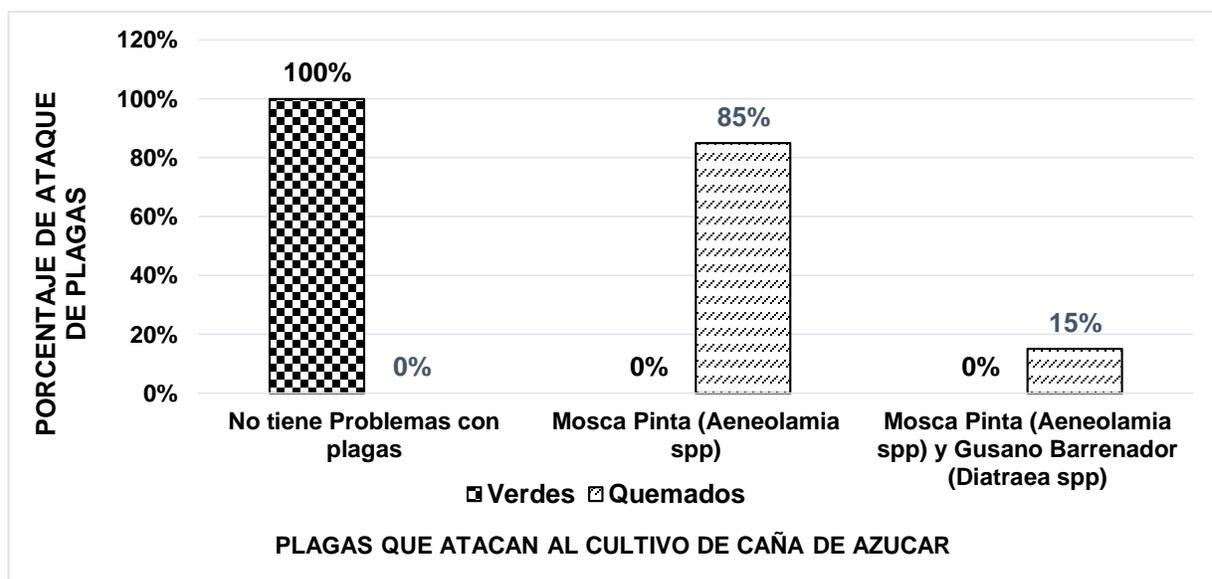


Figura14. Plagas en el Cultivo de Caña de Azúcar en las dos modalidades de cosecha en los Municipios de Verapaz, San Cayetano Istepeque y San Vicente del Departamento de San Vicente, El Salvador.

4.4. Macroinvertebrados encontrados en las diferentes modalidades de cosecha en los municipios de Verapaz, San Cayetano Istepeque y San Vicente del Departamento de San Vicente, El Salvador

4.4.1. Macroinvertebrados encontrados en cañales cosechados bajo la modalidad de quema

El análisis de los datos mostró que antes de la quema del cultivo de caña de azúcar, se encontraron 868,750. Después de la quema del cultivo (pos-quema) se encontraron 371,875 indicando que hay una pérdida entre ambos momentos del 57.2% (496,875); mientras que el

muestreo realizado durante los meses de época lluviosa (quema-lluvia), los resultados fueron de 990,625 lo que significó un incremento de 618,750 macroinvertebrados desde pos-quema hasta la época lluviosa (8 a 9 meses después de quemado) (Figura 15)

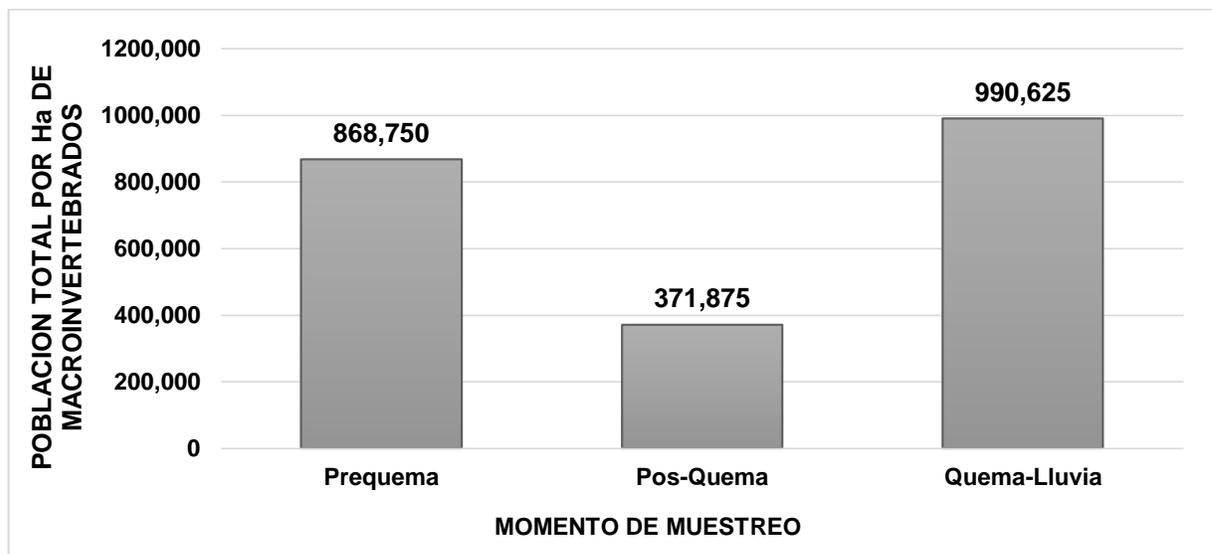


Figura 15. Total de macroinvertebrados/ha encontrados en cañales cosechados bajo la modalidad de quema en los tres diferentes momentos de muestreo en los Municipios de Verapaz, San Cayetano Istepeque y San Vicente del Departamento de San Vicente, El Salvador.

Estos datos concuerdan, con el estudio realizado por Pérez (2016) ya que, al compararse determinó que la práctica de quema de caña de azúcar genera un impacto causando un efecto de reducción de casi un 50% del número de macroinvertebrados presentes en el suelo. Se genera de este modo la pérdida de muchos macroinvertebrados, y posiblemente microorganismos presentes en el suelo, los cuales llevan a cabo procesos importantes para mantener un ecosistema saludable, como el reciclaje de nutrientes, remoción de desperdicios, estructura del suelo y retención de humedad (González, 2009). En el tercer muestreo (quema-lluvia) realizado en época lluviosa (septiembre a octubre) siempre en cañales que son cosechados bajo la modalidad de quema hubo una recuperación en la población de macroinvertebrados en relación al muestreo realizado posterior a la quema (enero), observando que la población de macroinvertebrados incrementó un 62.46% en el periodo de diciembre 2015 a septiembre del 2016 la cual corresponde a la etapa de crecimiento y desarrollo del cultivo de la caña de azúcar.

Cuadro 4. Macroinvertebrados encontrados en cañales cosechados con quema en los tres momentos de muestreo en los Municipios de Verapaz, San Cayetano Istepeque y San Vicente del Departamento de San Vicente, El Salvador.

| Grupo funcional | Orden | Familia | Pre-quema | Pos-quema | Quema-lluvia |
|----------------------|-----------------|---------------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| Depredadores | Aránea | n/i | 21875 | 3125 | 3125 |
| Depredadores | Coleoptera | Staphylinidae | 12500 | 0 | 15625 |
| Depredadores | Geophilomorpha | Chilopoda | 6250 | 0 | 21875 |
| Detritívoros | Diptera | n/i | 18750 | 12500 | 46875 |
| Detritívoros | Polixenida | Diplopodo | 12500 | 3125 | 96875 |
| Detritívoros | Coleoptera | Scarabaeidae | 37500 | 28125 | 59375 |
| Detritívoros | Blattodea | Blattidae | 6250 | 0 | 0 |
| Detritívoros | Mollusa | Gastropoda | 12500 | 9375 | 0 |
| Fitófagos | Orthoptera | Acrididae | 3125 | 0 | 0 |
| Fitófagos | Coleoptera | Carabidae | 6250 | 3125 | 0 |
| Fitófagos | Coleóptera | n/i | 56250 | 46875 | 178125 |
| Fitófagos | Coleoptera | Elateridae | 59375 | 12500 | 0 |
| Fitófagos | Lepidoptera n/i | n/i | 3125 | 0 | 3125 |
| Fitófagos | Coleptera | Scydmaenidae | 6250 | 0 | 0 |
| Ingenieros del Suelo | Hymenoptera | formicidae | 371875 | 21875 | 53125 |
| Ingenieros del Suelo | Haplotaxida | Lumbricidae | 12500 | 9375 | 178125 |
| Ingenieros del Suelo | Isoptera | Termitidae | 215625 | 81250 | 290625 |
| Polinizadoras | Hymenoptera | Colletidae | 3125 | 0 | 0 |
| Fitófagos | Hemiptera | n/i | 0 | 21875 | 0 |
| Fitófagos | Hemiptera | <i>Lygaeidae</i> | 0 | 3125 | 0 |
| Fitófagos | Hemiptera | <i>Margarodidae</i> | 0 | 112500 | 0 |
| Depredadores | Diplura | Japygidae | 3125 | 3125 | 6250 |
| Fitófagos | Coleoptera | <i>Scolytidae</i> | 0 | 0 | 6250 |
| Depredadores | Hemiptera | Gelastocoridae | 0 | 0 | 3125 |
| Depredadores | Symphyla | Scutigereidae | 0 | 0 | 28125 |
| Total | | | 868, 750 | 371, 875 | 990, 625 |

Dicha recuperación se manifiesta durante el periodo que corresponde a la época seca hasta la época lluviosa permitiendo el desarrollo vegetativo de la caña, generando ciertas condiciones en el suelo que favorecen el aumento de la cantidad y el número de grupos taxonómicos (Arana, 2014).

Santos (2016) menciona que el tipo y la abundancia de macroinvertebrados del suelo presentes en los agroecosistemas, se encuentra ligado a las condiciones edafoclimáticas que a su vez están determinadas por los niveles de precipitación, temperatura, cobertura vegetal, y el tipo de agroecosistema (mono o policultivo) y su manejo (enmiendas, químicas y orgánicas) (Cuadro 4).

Hay que tener presente que la labor de quemar las plantaciones para realizar la cosecha de la caña es una práctica tradicional, sin embargo son varios los impactos ambientales que genera (Chaves & Bermúdez, 2006).

Si bien su práctica consiste en un ahorro para el campesino y gran productor, la misma empobrece los terrenos y acaba con la materia orgánica que necesitan las plantas, razón por la cual hay disminución en los rendimientos, (Alvarado, 2007).

De la misma manera en que la quema destruye la actividad microbiológica del suelo debido a que el calor generado penetra hacia las capas interiores del suelo y prácticamente realiza una función de “esterilizar el suelo” volviéndolo improductivo ya que daña y altera la actividad biológica y microbiológica que existe naturalmente en el suelo (Chaves & Bermúdez, 2006).

4.4.2. Muestreo de cañales cosechados sin quema

En los cañales cosechados sin la práctica de quema el primer muestreo se realizó antes de la cosecha del cañal entre los meses de diciembre y enero (pre-cosecha) y el segundo en época lluviosa (verde-lluvia) durante los meses de septiembre a octubre; de los cuales 656,250 fueron encontrados en pre-cosecha y 1,143,750 en época lluviosa, dando como resultado un incremento en la población de los macroinvertebrados entre los meses de diciembre del 2015 a septiembre del 2016 (Figura 16).

Cuadro 5. Comparación de macroinvertebrados encontrados en cañales cosechados sin quema antes de ser cosechados y en época lluviosa en los Municipios de Verapaz, San Cayetano Istepeque y San Vicente del Departamento de San Vicente, El Salvador.

| Grupo funcional | Orden | Familia | Pre-cosecha | Verde-lluvia |
|----------------------|-----------------|---------------|----------------|------------------|
| Depredadores | Aránea | n/i | 21875 | 9375 |
| Depredadores | Diplura | Japygidae | 0 | 6250 |
| Depredadores | Coleoptera | Staphylinidae | 9375 | 18750 |
| Depredadores | Geophilomorpha | Chilopoda | 25000 | 25000 |
| Depredadores | Symphyla | Scutigereidae | 0 | 37500 |
| Depredadores | Symphyla | n/i | 3125 | 0 |
| Detritívoros | Diptera | n/i | 0 | 25000 |
| Detritívoros | Diptera | Stratiomidae | 3125 | 0 |
| Detritívoros | Isopoda | Philosciidae | 25000 | 0 |
| Detritívoros | Collembola | n/i | 0 | 18750 |
| Detritívoros | Polixenida | Diplopodo | 21875 | 46875 |
| Detritívoros | Coleoptera | Scarabaeidae | 3125 | 12500 |
| Detritívoros | Blattodea | Blattidae | 3125 | 3125 |
| Detritívoros | Pulmonata | n/i | 0 | 3125 |
| Detritívoros | Pulmonata | n/i | 6250 | 0 |
| Fitófagos | Orthoptera | Acrididae | 0 | 3125 |
| Fitófagos | Hemiptera | Lygaeidae | 3125 | 0 |
| Fitófagos | Hemiptera | Margarodidae | 21875 | 0 |
| Fitófagos | Coleóptera | n/i | 59375 | 9375 |
| Fitófagos | Coleoptera | Elateridae | 3125 | 0 |
| Fitófagos | Lepidoptera n/i | n/i | 9375 | 0 |
| Fitófagos | Coleptera | Scydmaenidae | 6250 | 0 |
| Ingenieros del Suelo | Hymenoptera | Formicidae | 212500 | 40625 |
| Ingenieros del Suelo | Haplotaxida | Lumbricidae | 100000 | 500000 |
| Ingenieros del Suelo | Isoptera | Termitidae | 115625 | 384375 |
| Parasitoides | Diptera | Tachinidae | 3125 | 0 |
| Total | | | 656,250 | 1,143,750 |

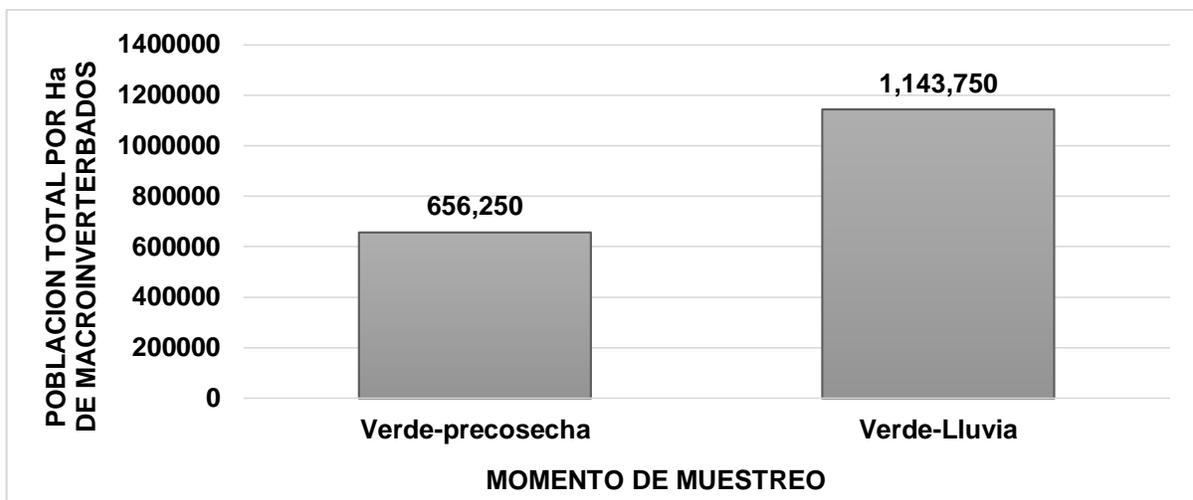


Figura16. Macroinvertebrados/ha encontrados en cañales cosechados sin quema en los dos momentos de muestreo en los Municipios de Verapaz, San Cayetano Istepeque y San Vicente del Departamento de San Vicente, El Salvador.

Estos cañales son alimentados cada año con el aporte de la materia orgánica proveniente de la cosecha anterior coincidiendo con FUNDESYRAM (2000), que menciona que la incorporación de bajera y rastrojo en el suelo tienen la finalidad de mantener y aumentar la materia orgánica en el suelo, evitando la pérdida de nutrientes y mejora la estructura del suelo y capacidad de retención de agua (Cuadro 5).

4.4.3. Comparación de macroinvertebrados encontrados en las diferentes modalidades de cosecha

De acuerdo a los resultados obtenidos en la extracción y reconocimiento taxonómico de los macroinvertebrados, se realizó primeramente una comparación entre pre-quema versus pre-cosecha (sin quema), obteniendo como resultado un 24.46% menos en pre-cosecha de los macroinvertebrados encontrados en pre-quema (Figura 17). Lográndose identificar en pre-quema cinco grupos funcionales distribuidos en Depredadores (4%), Detritívoros 81% (dentro de los cuales están incluidos un 69% de Ingenieros del suelo), Fitófagos (15%), Polinizadores (0.004%); mientras que en pre-cosecha verde se lograron identificar seis grupos funcionales compuestos por Depredadores (9%), Detritívoros 75% (dentro de los cuales están incluidos un 65% de Ingenieros del suelo), Fitófagos (16%) Polinizadores (0.005%) y Parasitoides (0.005%).

La comparación de los resultados anteriores indicó que la población de macroinvertebrados es mayor en la modalidad de pre-quema, sin embargo, en el momento de pre-cosecha verde reflejó una población menor pero más diversa y equitativa, lo que permite observar que a pesar de que la presencia de fitófagos es alta en pre-cosecha verde, estos no son considerados plagas para el cultivo.

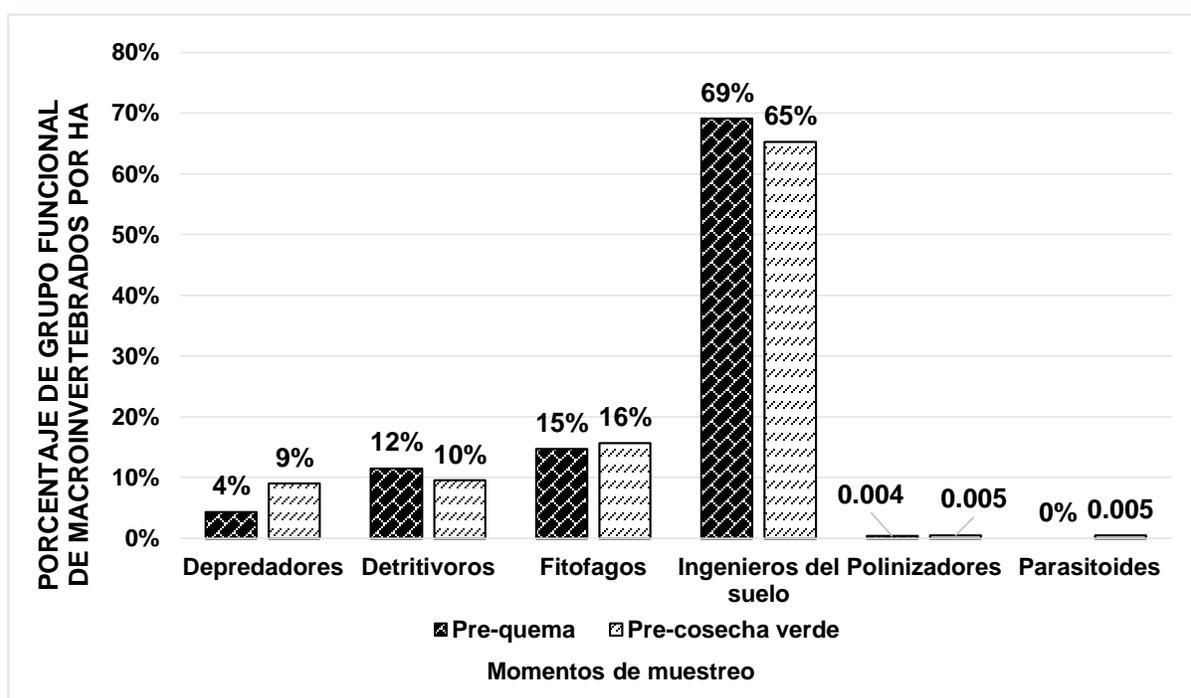


Figura 17. Comparación de macroinvertebrados entre la modalidad de pre-quema versus pre-cosecha verde, en los Municipios de Verapaz, San Cayetano Istepeque y San Vicente del Departamento de San Vicente, El Salvador.

Al comparar la cantidad de macroinvertebrados encontrados en la modalidad de quema-lluvia en relación a verde en época lluviosa se obtuvo como resultado un 13% (verde-lluvia) más de los macroinvertebrados encontrados en quema-lluvia.

El muestreo realizado en época lluviosa en la modalidad de quema-lluvia se encontraron cuatro grupos funcionales distribuidos en Depredadores (4%), Detritívoros 76% (dentro de los cuales están incluidos un 53% de Ingenieros del Suelo), mientras que en la modalidad de cosecha verde-lluvia se identificaron cuatro grupos funcionales distribuidos en Depredadores (6%), Detritívoros 93% (dentro de los cuales están incluidos un 81% de Ingenieros del Suelo).

Al comparar los resultados entre pre-quema a pre-cosecha (Figura 18) se observó que existe una diferencia del 6% siendo mayor la población de detritívoros al momento de pre-quema, sin embargo durante la comparación de los resultados entre los momentos de quema-lluvia y verde-lluvia hubo una diferencia del 17% más, al momento de muestreo en época-lluviosa; de igual manera los ingenieros de suelo presentaron un leve descenso desde pre-quema hasta quema-lluvia; caso contrario se presentó en la modalidad de verde-lluvia ya que estos mismo mostraron un aumento del 16% en su población.

El grupo funcional de los fitófagos es menor en la modalidad de verde lluvia con una diferencia del 20% en comparación a quema-lluvia; mientras que este mismo grupo funcional incremento su población de un 6% entre pre-quema a quema-lluvia.

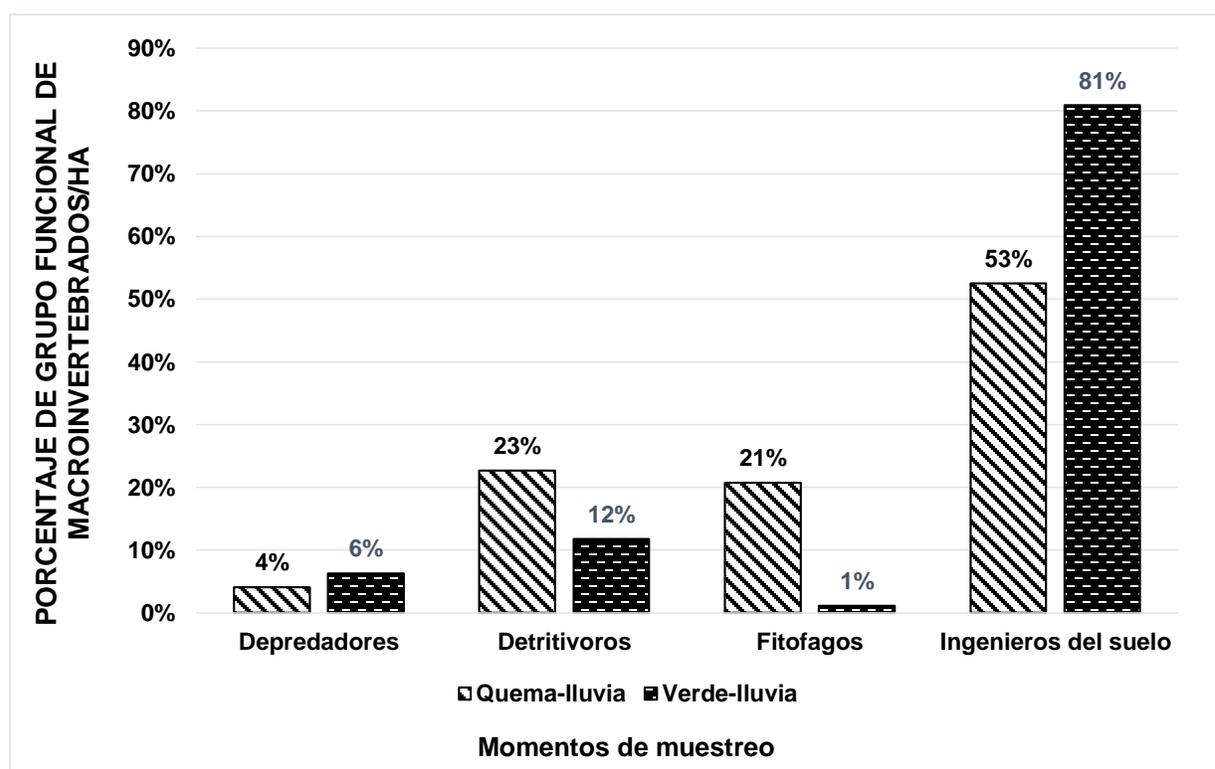


Figura 18. Comparación en porcentajes de macroinvertebrados entre la modalidad de Quema-lluvia vs Verde-lluvia en los Municipios de Verapaz, San Cayetano Istepeque y San Vicente del Departamento de San Vicente, El Salvador.

4.5. Grupos taxonomicos de macroinvertebrados impactados por la práctica de quema del cultivo de caña de azúcar

Durante el muestreo realizado en 40 parcelas (20 bajo quema y 20 sin quema), el total de individuos recolectados se distribuyeron en 20 órdenes, 22 familias y 6 grupos funcionales, en las diferentes modalidades de cosecha dentro de las cuales se descubrieron algunos especímenes de Coleoptera, Homoptera Lepidoptera, Polyxenida, Blattodea, Collembola, Pulmonata, *Shymphyla*, *Chilopoda* y Aranea que no se lograron identificar a nivel de familia (Cuadro 6).

Los individuos identificados fueron divididos en seis grupos funcionales; parasitoides (0.001%), polinizadores (3%), depredadores (4%), fitófagos (10%) detritívoros (17%), ingenieros del suelo (67%).

La mayoría de los taxa encontrados corresponden al grupo funcional de los ingenieros del suelo los cuales contribuyen con los cambios físicos, a través de la formación de poros, la oxigenación y la infiltración de agua, producto de las redes de galerías que construyen en el suelo, en un segundo plano se encontraron a los fitófagos quienes por su hábito alimenticio se nutren de material vegetativo.

Posteriormente le siguen los detritívoros que son organismos que habitan en la superficie del suelo y se encargan de la trituración de los restos vegetales y animales que componen la hojarasca, y así intervienen en la descomposición de la materia orgánica y en el reciclaje de nutrientes así mismo se encontraron depredadores, estos consumen otros organismos (generalmente fitófagos) y modifican el equilibrio ayudando a regular las poblaciones y el balance entre los recursos disponibles del ecosistema.

Mientras que los polinizadores aunque sean abundantes y de poco tamaño, su importancia ecológica no supera a otros grupos con menor dentro del ecosistema suelo y finalmente con un bajo porcentaje encontramos a los parasitoides quienes se alimentan y desarrollan dentro o sobre otro animal invertebrado al cual eventualmente matan.

4.5.1. Grupos taxonómicos predominantes en cañales bajo modalidad de quema

El muestreo realizado en pre-quema, reportó un total de 13 órdenes, donde el 43% perteneció al orden Hymenoptera, 25% Isoptera, 21% Coleoptera, 3% Aranea, 2% Díptera, 1%, Haplotaxida, Mollusca, Polyxenida, 0.92% Blattodea, Geophilomorpha, 0.4% Acridae, Lepidoptera, y con un 0.37% Diplura.

Los datos obtenidos en pos-quema, indicaron un descenso en el número de órdenes (pasando de 13 a 11) ordenes donde el 37% perteneció al orden Hemiptera, 24% Coleoptera, 21.7% Isoptera, 6% Hymenoptera, 3% Diptera, 2.5% Mollusca, Haplotaxida, 0.83% Polyxenida y el 0.82% Aranea, Blattodea, Diplura.

Dicha reducción de órdenes se debe a la influencia directa que presentan las actividades como el cambio ambiental en las condiciones del suelo, asociados a la labranza, la aplicación de fertilizantes y plaguicidas, las quemas, la tala y otras activadas realizadas en los sistemas de cultivo, generando dichas acciones en los macroinvertebrados sensibilidad al estrés debido a que su ecosistema se ve modificado (Rendón., *et al* 2011).

Así mismo el tercer muestreo realizado en época lluviosa (septiembre a octubre) indicó un aumento en el número de ordenes encontrados (pasando de 11 a 13) donde el 29% perteneció al orden Isoptera, 23% Coleoptera, 18% Haplotaxida, 10% Polyxenida, 5% Diptera e Hymenoptera, 3% Nematodos y Symphyla, 2% Geophilomorpha, 1% Diplura, 0.35% Aranea, Hemiptera y Lepidoptera con un 0.30%, (Cuadro 7).

El aumento de las comunidades de macroinvertebrados varía, pues su diversidad se relaciona con la concentración de nutrientes y productividad del ecosistema, teniendo mayor diversidad los sitios asociados con un buen manejo del suelo (Rico, *et al* 2014) debido a que la biomasa del suelo se ve enriquecida y regenerada de forma natural durante el periodo abundante de lluvias (Sánchez, 2015). Los macroinvertebrados repartidos en diferentes ecosistemas naturales pueden ser en cada sistema muy disimiles. Donde una abundancia y diversidad de fauna del suelo puede ayudar a asegurar un eficiente ciclaje de nutrientes y un rápido crecimiento de las plantas (Rendón, *et al* 2011).

Cuadro 6. Grupos funcionales encontrados en cañales cosechados en los dos diferentes momentos de muestreo en los Municipios de Verapaz, San Cayetano Istepeque y San Vicente del Departamento de San Vicente, El Salvador.

| Grupo Funcional | Orden/Phylum | Familia/Clase |
|----------------------|----------------|----------------|
| Depredador | Aranea | n/i |
| | Chilopoda | n/i |
| | Symphyla | n/i |
| | Hemiptera | Gelastocoridae |
| | Diplura | Japygidae |
| | Coleoptera | Staphylinidae |
| | Coleoptera | Carabidae |
| | Symphyla | Scutigereidae |
| Detritívoro | Diptera | Stratiomyidae |
| | Diptera | n/i |
| | Pulmonata | n/i |
| | Mollusca | Gastropoda |
| | Collembola | n/i |
| | Blattodea | Blattidae |
| | Geophilomorpha | Chilopoda |
| | Isopoda | Philosciidae |
| | Coleoptera | Scarabaeidae |
| | Polyxenida | Diplopoda |
| Fitófagos | Coleoptera | Elateridae |
| | Coleoptera | Scydmaenidae |
| | Coleoptera | Scolytidae |
| | Coleoptera | n/i |
| | Hemiptera | Lygaeidae |
| | Hemiptera | Margarodidae |
| | Orthoptera | Acrididae |
| | Lepidoptera | n/i |
| | Hemiptera | n/i |
| Ingenieros del Suelo | Isoptera | Termitidae |
| | Hymenoptera | Fomicidae |
| | Haplotaxida | Lumbricidae |
| Parasitoide | Diptera | Tachinidae |
| Polinizadoras | Hymenoptera | Colletidae |

Cuadro 7. Porcentaje de Macroinvertebrados encontrados en cada momento de muestreo en cañales con quema.

| Pre-quema | | Pos-quema | | Quema-lluvia | |
|--------------|-------------|-------------|-------------|--------------|-------------|
| Nombre | % | Nombre | % | Nombre | % |
| Acrididae | 0.4 | Araneae | 0.82 | Araneae | 0.35 |
| Aranea | 3 | Blattodea | 0.82 | Shymphyla | 3 |
| Blattodea | 0.92 | Coleoptera | 24 | Coleoptera | 23 |
| Coleoptera | 21 | Diplura | 0.83 | Diplura | 1 |
| Diplura | 0.37 | Diptera | 3 | Diptera | 5 |
| Diptera | 2 | Haplotaxida | 2.5 | Geophilorpha | 2 |
| Geophilorpha | 0.91 | Hemiptera | 37 | Haplotaxida | 18 |
| Haplotaxida | 1 | Hymenoptera | 6 | Hemiptera | 0.35 |
| Hymenoptera | 43 | Isóptera | 21.7 | Hymenoptera | 5 |
| Isóptera | 25 | Mollusca | 2.5 | Isóptera | 29 |
| Lepidopter | 0.4 | Polyxenida | 0.83 | Lepidoptera | 0.3 |
| Mollusca | 1 | | | Nematoda | 3 |
| Polyxenida | 1 | | | Polyxenida | 10 |

4.5.2. Macroinvertebrados que prevalecen antes y después de la quema de caña de azúcar

Según los resultados del estudio la única clase que no presenta pérdidas en su población por la práctica de quema en caña de azúcar fueron los Diplura (Japygidae).

Se caracterizan porque viven en el suelo húmedo, son depredadores; su dieta consiste en una variedad de otros habitantes del suelo tales como colémbolos, ácaros, larvas de insectos y, en algunos casos, de otros dipluros (Palacios *et al*, 2014); además tienen la facilidad de ingresar en las capas superficiales del suelo, ya que tienden a profundizar en el medio subterráneo, desde el más superficial al profundo donde predominan los meso y macro espacios, y cuando los materiales rocosos lo permiten, se adentran en la red de fisuras e incluso en las cavidades subterráneas (Sendra, 2015); es por ello que la práctica de quema de caña de azúcar no afecta a esta clase, debido a que estos tienen la capacidad de introducirse a una profundidad moderada en donde el calor producido por el fuego no les

llega a causar daño. La importancia de los diplura radica en las interacciones que presentan con micro y macrocomunidades edáficas, dando como resultado el proceso de descomposición de materia orgánica y producción de humus, ciclo de energía y nutrientes, además del metabolismo del suelo y de producción de complejos componentes causados por la agregación del suelo (Palacios-Vargas & García-Gómez, 2014).

4.6. Dominancia y diversidad de especies según el índice de Simpson

El índice de Simpson mejor conocido como índice de biodiversidad de las especies o índice de dominancia, es uno de los parámetros que permite medir la riqueza de organismos. Si el valor está cercano a uno o es uno la dominancia o la diversidad de especies es alta (Cuadro 8).

Cuadro 8. Diversidad de macroinvertebrados, según el índice de Simpson bajo la modalidad de quema, en los Municipios de Verapaz, San Cayetano Istepeque y San Vicente del Departamento de San Vicente, El Salvador.

| Índice de Simpson en los tres momentos de muestreo en cañales cosechados con quema | | | |
|---|------------------|------------------|-----------------------------|
| Modalidad de muestreo | Pre-quema | Pos-quema | Quema época lluviosa |
| Dominancia | 0.13 | 0.14 | 0.09 |
| Diversidad | 0.87 | 0.86 | 0.91 |

Se identificó que las parcelas sometidas a la quema en el momento de pre-quema la población de macroinvertebrados es diversa, destacándose entre las especies más representativas a las hormigas (Formicidae) y las termitas o comejenes (Isóptera), mientras que en pos-quema la población es levemente menos diversa, siendo la familia Margaroridae más representativa; en Quema-lluvia la población de macroinvertebrados incremento, dando como resultado un aumento a su diversidad desde pos-quema hasta quema-lluvia siendo diversa y las familias más representativas fueron Isoptera y los Diplopodo.

Sin embargo, los datos obtenidos en las parcelas que no son sometidas a la quema, se identificó que al momento de pre-cosecha la población de macroinvertebrados es más diversa en comparación con todos los muestreos en cañales cosechados con quema siendo las familias más representativas Formicidae y Lumbricidae; mientras que en verde-lluvia la diversidad de los macroinvertebrados se mantiene, siendo la familia Lumbricidae la más representativa.

Al realizar la comparación de pre-quema versus pre-cosecha verde se concluyó que ambos momentos presentan una baja dominancia y una alta diversidad de macroinvertebrados, en cuanto a la comparación de quema-lluvia versus verde-lluvia los resultados mostraron que la dominancia en quema-lluvia continuó siendo baja y su diversidad es alta.

Caso contrario se observó al realizar los análisis de los datos en el momento de verde-lluvia, ya que la dominancia aumento y la diversidad tubo un pequeño descenso (Cuadro 9).

Cuadro 9. Diversidad de macroinvertebrados, según el índice de Simpson sin quema, en los Municipios de Verapaz, San Cayetano Istepeque y San Vicente del Departamento de San Vicente, El Salvador.

| Índice de Simpson en los tres momentos de muestreo en cañales cosechados sin quema | | |
|---|--------------------------|---------------------|
| Modalidad de muestreo | Pre-cosecha verde | Verde-lluvia |
| Dominancia | 0.08 | 0.21 |
| Diversidad | 0.92 | 0.79 |

4.7. Principales órdenes encontrados en cañales cosechados con quema y cañales cosechados sin quema

El estudio reportó que el 26% perteneció al orden Hymenóptera, el 24% Orden Isóptera, resultados que concuerdan con el reciente estudio realizado por Pérez (2016) donde hace mención que las hormigas (Hymenóptera) dominaron con un 60% antes de la quema, mientras que las termitas (Isóptera) dominaron con un 34% después de la quema.

Ambos grupos presentan gran importancia ya que tienen un impacto específico en el interior del suelo a partir de la transformación de sus propiedades físicas, que favorecen la

formación de agregados, la retención del agua, la humificación y mineralización de la materia orgánica.

Las propiedades del suelo dependen fuertemente de la biota, en términos de las características funcionales de los organismos presentes y la distribución y abundancia de estos organismos en el espacio y el tiempo. En este sentido las hormigas juegan un papel como ingenieros del ecosistema influenciando procesos que pueden afectar la disponibilidad de recursos, los flujos de materiales, las condiciones de humedad y temperatura del suelo, que afectan a otros organismos y procesos del sistema (Gutiérrez & Jones, 2006).

Son además bioindicadores de disturbio debido a su alta diversidad y abundancia, a la variedad de nichos que ocupan, a su rápida respuesta a cambios ambientales y a su identificación relativamente fácil, pudiendo ser útiles en la evaluación de respuestas bióticas frente a prácticas agrícolas como la fertilización, la fumigación y las quemas (Chanatásig-Van *et al*, 2011).

Sin embargo, las termitas o comejenes (Isoptera), se reconocen por su acción de agentes biológicos que atacan la madera, por lo que se les considera plagas urbanas y forestales (Cabrera, 2014). Las termitas poseen una importante función en la naturaleza, principalmente como descomponedores, debido a su actividad detritívora (Ramírez & Lanfranco, 2001); se pueden encontrar en hojarasca, troncos caídos en descomposición, formando nidos en la superficie e interior del suelo y afectando árboles vivos (Cabrera, 2014).

Las referencias acerca de sus funciones en el suelo son abundantes ya que según Stork & Eggleton (1992) citado por Méndez & Martínez (2001) mencionan que forman parte de los principales grupos de invertebrados del suelo que pueden ser útiles para evaluar la calidad del suelo, mediante la determinación de su abundancia, biomasa, densidad y riqueza de especies. Estos criterios biológicos combinados con otras características no biológicas como aspectos hidrológicos, físicos y químicos sirven para obtener índices representativos de la calidad del suelo. Se encontró poca información de su importancia como recicladoras, siendo consumidoras primarias, especialmente herbívoras (Freyman *et al*, 2008).

4.8. Grupos taxonómicos más afectadas por la práctica de quema en el cultivo de caña de azúcar

De acuerdo a los datos obtenidos en el presente estudio se observó que, en la modalidad de quema del cultivo de caña de azúcar durante el período de pre-quema, se encontró una disminución del 57.2% en la población inicial de los macroinvertebrados encontrados.

De los seis grupos funcionales identificados y clasificados durante la investigación en depredadores, detritívoros, fitófagos, ingenieros del suelo, parasitoides y polinizadores, las prácticas de quema afectaron principalmente a los detritívoros, ya que según los resultados obtenidos presentaron una pérdida del 77% en su población (Cuadro 10).

Lo anterior concuerda con recientes estudios realizados por Cabrera *et al* (2017) quien menciona que la pérdida de algún grupo con función clave, como es el caso de los detritívoros (que son los responsables de la descomposición de la materia orgánica), conlleva a largo plazo la disminución de la productividad del suelo; ya que la evidente pérdida de este grupo, evidencia el daño ocasionado a la tierra, generado esencialmente por la disminución o falta de cobertura vegetal y aporte de hojarasca, el profundo laboreo en el suelo y el uso de productos químicos, así como por las condiciones no idóneas de humedad, temperatura y contenido de materia orgánica en el medio edáfico.

Así mismo siempre la modalidad de quema las familias Lumbricidae y Scarabeidae fueron afectadas en un 25%; mientras que las familias que fueron afectadas con una pérdida del más de un 50% se encuentran Staphylinidae, Chilopoda, Blattidae, Acrididae, Lepidoptera n/i, Scydmaenidae, Colletida, Formicidae, Diptera n/i, Aranea n/i, Elateridae, Diplopoda, Termitidae, Carabidae, Coleoptera n/i y Gastropoda.

También los datos obtenidos en pos-quema indicó la presencia de cuatro nuevas familias las cuales no fueron encontradas en el muestreo anterior siendo estas *Gastropoda*, *Homoptera* (n/i), *Lygaeidae* y *Margarodidae* (Cuadro 10).

Cuadro 10. Macroinvertebrados que aparecen después de pre-quema en cañales cosechados con quema.

| Grupo funcional | Orden | Familia | Pos-quema |
|------------------------|--------------|---------------------|--------------------|
| Detritívoros | Mollusca | <i>Gastropoda</i> | 62, 500 |
| Fitófagos | Hemiptera | <i>n/i</i> | 437, 500 |
| Fitófagos | Hemiptera | <i>Lygaeidae</i> | 62, 500 |
| Fitófagos | Hemiptera | <i>Margarodidae</i> | 2, 250, 000 |

4.8.1. Familias que desaparecen después de la quema de caña de azúcar

Los disturbios (fuego, químicos, maquinaria agrícola) influyen en las densidades de las poblaciones de insectos, frecuentemente a través de los cambios en la condición de hábitat de manera que influyen en las interacciones y procesos de las poblaciones y comunidades y en el ecosistema a nivel de organización, los insectos responden de manera diferente a la dinámica de los disturbios ocasionados por el fuego, dependiendo de su relativa habilidad para localizar y explotar los espacios disturbados, algunos insectos están particularmente adaptados a explotar dichos espacios disturbados por el fuego u otros daños que son causados por el hombre, mientras que otros son eliminados por los disturbios (Rojas *et al.* 2016). Según los resultados obtenidos del presente estudio, se encontró que después de la práctica de quema en el cultivo de caña de azúcar hubo una pérdida total de siete familias las cuales fueron encontradas antes de la quema siendo estas Battidae y Chilopoda consideradas como detritívoros, mientras que Lepidoptera (*n/i*), Scydmaenidae y Acrididae están clasificadas como fitófagas, Colletidae como polinizadora y Chilopoda, Staphylinidae como depredador (cuadro 11).

El suelo le provee alojamiento a millones de microorganismos, tales como hongos, algas, bacterias, protozoarios y vertebrados en los cuales se incluyen ácaros, caracoles, arañas, nemátodos, gusanos y hormigas, todos ellos llevan a cabo procesos físicos y biológicos necesarios para un ecosistema saludable incluyendo el reciclaje de nutrientes, remoción de desperdicios, estructuración del suelo y la retención de la humedad, el fuego causa daños severos, además de un desbalance al ecosistema, que en muchas ocasiones sin la ayuda del hombre, el sistema puede tomar varios años en recuperarse (González, 2009).

Los daños del fuego pueden ser considerados como efectos indirectos o directos, los efectos indirectos se relacionan principalmente con los cambios de vegetación, el fuego muy intenso matará a la mayoría o toda la vida vegetal sobre la superficie del suelo, un efecto indirecto del fuego, es la influencia que ejerce sobre la flora y la fauna del suelo, que actúan descomponiendo la materia orgánica, fijando nitrógeno y proporcionándole aireación, la secuela de la quema en estos organismos va a depender de la intensidad del fuego, la profundidad a la cual llega, el tiempo que dure, el tipo de suelo, la naturaleza de la vegetación o combustible existente, los efectos directos generalmente causan la muerte de los organismos que conforman el ecosistema edáfico (Santelices & Litton, 1996).

4.8.1.1. Acrididae

En su alimentación incluye varios cultivos y vegetación silvestre el daño es ocasionado por ninfas y adultos al alimentarse de los cultivos, frutales, pastos y especies silvestres. Este se caracteriza por una defoliación total cuando las infestaciones son muy severas; observándose solo los tallos en cultivos de maíz, soya, sorgo, caña de azúcar y frutales (SAGARPA, 2016).

4.8.1.2. Blattidae

Las cucarachas consumen con mayor frecuencia todo tipo de material muerto, ya sea de origen animal o vegetal (omnívoros y detritívoros). Algunas pueden consumir material vegetal vivo (herbívoros). Son de actividad nocturna fundamentalmente y se encuentran en un amplio rango de ecosistemas, desde áreas silvestres hasta cultivadas como, por ejemplo, los sistemas agrícolas urbanos (Cabrera, 2014); así mismo estas se introducen en el suelo teniendo en su cuerpo la capacidad de aflojar, e ingresar el sustrato ayudando a la aireación del suelo y material vegetal que en este se encuentra (Pérez, 2016).

4.8.1.3. Chilopoda

Conocidos popularmente como ciempiés, milpiés, y rosquillas, viven el suelo y tienen la facilidad de excavar. Por ello, la influencia de estos organismos en el suelo es de tipo física y química, puesto que al perforar el suelo rompen los niveles superiores y alteran la naturaleza

física del mismo, incrementan la porosidad, la capacidad de retención de agua e influyen en los procesos de transporte de nutrientes (Cupul, 2015).

4.8.1.4. Colletidae

Abejas solitarias que construyen nidos en el suelo, en huecos en la madera o tallos de plantas. Recubren el interior de las celdas con la secreción de una glándula ubicada en el abdomen, llamada glándula de Dufour, que en contacto con el aire toma la apariencia de una bolsa transparente, impermeable al agua y a microorganismos (Nates-Parra, 2005). Estos insectos tienen una enorme importancia en la Agricultura, sobre todo en lo relacionado con el control de plagas y la polinización (Fernández & Pujade, 2015).

4.8.1.5. Lepidoptera

En el suelo se pueden encontrar en estado adulto a las polillas, que al contrario de las mariposas no tienen colores vistosos y su actividad es fundamentalmente nocturna; las orugas son fáciles de encontrar en profundas cámaras o galerías, en pastizales y otros sistemas; además, tienen hábitos herbívoros pues se alimentan de las hojas de las plantas (Cabrera, 2014).

4.8.1.6. Staphylinidae

Los adultos y larvas de Staphylinidae se pueden encontrar en una gran variedad de ambientes, desde el nivel del mar hasta sitios de alta montaña ubicados por arriba de los 4,000 m de altitud (Navarrete & Newton, 2014). Se ha considerado que las especies son depredadoras encontrándose en una gran variedad de hábitats como, hojarasca de diferentes tipos, borde de arroyos, como habitantes de las playas, en cuevas, en acumulaciones de materia orgánica en descomposición, por ejemplo, troncos caídos, cadáveres, frutos, hongos; debajo de corteza, excremento, en nidos de diferentes animales, asociados con hormigas entre otros (Navarrete., *et al* 2002).

4.8.1.7. Scydmaenidae

Los Scydmaenidae son coleópteros de forma particular similares a hormigas, los cuales son relativamente fáciles de reconocer en la mayoría de los casos, son depredadores de pequeños artrópodos, especialmente ácaros. Se encuentran en lugares húmedos, bajo la corteza o piedras; algunas de sus especies son asociadas con hormigas (Benisch, 2007).

Cuadro 11. Grupos taxonómicos más afectadas por la práctica de quema en el cultivo de caña de azúcar

| Grupo funcional | Orden | Familia | Pre-quema | Pos-quema | Cantidad de pérdida | % Perdida |
|--------------------------------|----------------|----------------------|-----------|-----------|---------------------|-------------|
| Depredadores | Coleoptera | <i>Staphylinidae</i> | 12,500 | 0 | 12500 | 100 |
| Depredadores | Geophilomorpha | <i>Chilopoda</i> | 6,250 | 0 | 6250 | 100 |
| Detritívoros | Blattodea | <i>Blattidae</i> | 6,250 | 0 | 6250 | 100 |
| Fitófagos | Orthoptera | <i>Acrididae</i> | 3,125 | 0 | 3125 | 100 |
| Fitófagos | Lepidoptera | n/i | 3,125 | 0 | 3125 | 100 |
| Fitófagos | Coleoptera | <i>Scydmaenidae</i> | 6,250 | 0 | 6250 | 100 |
| Polinizadoras | Hymenoptera | <i>Colletidae</i> | 3,125 | 0 | 3125 | 100 |
| Fitófagos | Coleoptera | n/i | 56,250 | 46,875 | 53906.25 | 95.83 |
| Ingenieros del Suelo | Hymenoptera | <i>Formicidae</i> | 371875 | 21,875 | 350000 | 94.11 |
| Detritívoros | Diptera | n/i | 18,750 | 12,500 | 16250 | 86.67 |
| Depredadores | Aránea | n/i | 21,875 | 3,125 | 18750 | 85.71 |
| Fitófagos | Coleoptera | <i>Elateridae</i> | 59375 | 12,500 | 46875 | 78.94 |
| Detritívoros | Polixenida | <i>Diplopodo</i> | 12,500 | 3,125 | 9375 | 75 |
| Ingenieros del Suelo | Isoptera | <i>Termitidae</i> | 215625 | 81250 | 134375 | 62.31 |
| Fitófagos | Coleoptera | <i>Carabidae</i> | 6,250 | 3,125 | 3125 | 50 |
| Detritívoros | Mollusa | <i>Gastropoda</i> | 12,500 | 9,375 | 6250 | 50 |
| Detritívoros | Coleoptera | <i>Scarabaeidae</i> | 37,500 | 28,125 | 9375 | 25 |
| Ingenieros del suelo | Haplotaxida | <i>Lumbricidae</i> | 12,500 | 9,375 | 3125 | 25 |
| Total | | | | | 692,031 | 100% |
| Perdida de detritívoros | | | | | 535,000 | 77% |

*n/i: no identificado

5. CONCLUSIONES

- El número de macroinvertebrados encontrados durante la época lluviosa, en la modalidad de no quema (en verde) es 13% mayor con respecto al número encontrado durante el muestreo en época lluviosa bajo la modalidad de quema.
- Los macroinvertebrados encontrados en cañales cosechados bajo la modalidad de quema redujeron un 57.2% a causa de la quema en comparación con el número inicial encontrados durante el primer muestreo (pre-quema) siendo 77% del 100% estos macroinvertebrados del grupo funcional de los detritívoros.
- El grupo funcional que predominó en ambas modalidades de cosecha fue el grupo de Ingenieros del suelo, seguidos por los Detritívoros, luego los Fitófagos y por último los Depredadores y Parasitoides, se obtuvieron similares datos pero diferentes resultados en cuanto a los daños que causan los fitófagos en ambas modalidades ya que en los cañales cosechados con quema se tienen problemas con las plagas caso contrario en los cañales cosechados sin el uso de la quema ya que estos no se ven afectados por plagas.
- Las quemas en cañales tienen un efecto negativo directo sobre algunas taxa importantes como lo son: las hormigas (Formicidae), termitas (Termitidae), lombrices de tierra (Lumbricidae), Arañas (Aranea), ya que el número de estas poblaciones disminuyen severamente, lo cual genera un impacto negativo en el suelo pues estas influyen procesos biogeoquímicos que pueden afectar la disponibilidad de recursos, condiciones de humedad y otros ya que juegan un papel muy importante en el suelo siendo detritívoros, depredadores e ingenieros del suelo.
- Los cañales cosechados bajo la modalidad de quema son muy diversos y poco dominantes en los tres momentos de muestreo, a diferencia de los cañales cosechados sin el uso de fuego ya que estos en el momento de pre-cosecha se encontró con baja dominancia y una alta diversidad, en cambio en la época lluviosa se encontró que bajo la diversidad y se tuvo mayor dominancia.

6. RECOMENDACIONES

- Fomentar la importancia sobre la conservación de las poblaciones de macroinvertebrados y su invaluable aporte al recurso suelo al conservar y transformar las propiedades físicas de este y contribuir al favorecimiento de la formación de agregados, humificación y mineralización de la materia orgánica entre muchas otras funciones que desempeñan.
- Concientizar a los productores sobre los impactos negativos generados con la quema de los cañales no solo para las poblaciones de macroinvertebrados presentes en el suelo sino también a la biodiversidad en general, al ecosistema y al equilibrio biológico.
- Cambiar paulatinamente la modalidad de cosecha tradicional de quema por la de no quema (en verde) a fin de proteger y conservar los macroinvertebrados y demás organismos presentes en el suelo.
- Crear nuevos estudios a partir de los índices de Dominancia y Biodiversidad obtenidos con el fin de lograr parámetros que ayuden a establecer medidas para aumentar y mantener dichos índices para la conservación y bienestar del ecosistema.
- Identificar variedades para la región en estudio que presenten mayor factibilidad al momento de la cosecha sin necesitar el uso de la quema, como aquellas que presentan menos pelos urticantes.

7. BIBLIOGRAFIA

AEET. Asociación Española de Ecología Terrestre. 2004. (En Línea). Consultado el 15 de enero de 2016. Disponible en:

[http://aulavirtual.agro.unlp.edu.ar/pluginfile.php/19618/mod_resource/content/1/La%20calidad%20del%20suelo%20y%20sus%20indicadores%20\(1\).pdf](http://aulavirtual.agro.unlp.edu.ar/pluginfile.php/19618/mod_resource/content/1/La%20calidad%20del%20suelo%20y%20sus%20indicadores%20(1).pdf)

Altieri, M; Nicholis, C. 2009. Biodiversidad y Manejo de Plagas en Agroecosistemas. Trad. M Alteieri. Barcelona, ES, Icaria. (En Línea). Consultado el 28 de septiembre de 2015. Disponible en: <https://www.socla.co/wp-content/uploads/2014/BiodiversidadAltieriNicholls.pdf>

Altieri, M; Nicholls, Cl. 2000. Agroecología: Teoría y Práctica para una Agricultura Sustentable. (En línea). Consultado el 02 de febrero de 2017. Disponible en: <http://www.agro.unc.edu.ar/~biblio/AGROECOLOGIA2%5B1%5D.pdf>

Alvarado, N. 2007. Las Quemadas en la Agricultura (Caña de Azúcar) su regulación desde el punto de vista Agrario y Ambiental. (En Línea) Consultado el 28 de junio 2017 Disponible en: <http://ijj.ucr.ac.cr/wp-content/uploads/bsk-pdf-manager/2017/07/Quemas-agricolas.pdf>

Anderson, J. M. & Ingram, J. S. I. Tropical soil biology and fertility. A handbook of methods. Wallingford, UK: CAB International, 1993. Consultado el 15 de Enero de 2016. Disponible en: [file:///C:/Users/TOSHIBA/Downloads/TSBF-Ahandbookofmethods2ndEdition%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/TOSHIBA/Downloads/TSBF-Ahandbookofmethods2ndEdition%20(1).pdf)

ANRN Asamblea Nacional de la Republica de Nicaragua. 2010. Norma Técnica para la Regulación de la Quema como Practica Agrícola del Cultivo de Caña de Azúcar. (En línea). Consultado el 15 de enero de 2016. Disponible en: <http://legislacion.asamblea.gob.ni/Normaweb.nsf/b34f77cd9d23625e06257265005d21fa/fe5c664f887e6043062577a6005eb320?OpenDocument>

Arana C. 2014. Proyecto BIOMA (En Línea). Consultado el 20 de noviembre de 2017. Disponible en: <http://bit.ly/29NqY91>

Argueta A. 2011. Parasitoidismo y Control Microbiano del Barrenador (*Diatraea saccharalis* F.) de la Caña de Azúcar (*Saccharum officinarum* L.), en el Departamento de Sonsonate, El

Salvador, 2009. Tesis Ing. San Salvador. SV. (En Línea). Consultado el: 15 de octubre del 2015. Disponible en: <http://ri.ues.edu.sv/615/1/10137073.pdf>

Arriaga, A, Lumaret J, Halffter, G. SF. Escarabajos coprófagos Como bioindicadores del de conservación en áreas protegidas del oriente del Sistema Volcánico Transversal. (En Línea). Consultado el 15 de enero de 2016. Disponible en:
http://www.mufm.fr/sites/mufm.univtoulouse.fr/files/evenement/symposium/ponencias/alfonsina_arriaga_jimenez.pdf

Arrieché, R. 2012. Evaluación de la Calidad del Suelo, en el Sistema Productivo Orgánico La Estancia, Madrid, Cundinamarca, 2012: Utilizando indicadores de Calidad de Suelos. (En Línea). Consultado el 25 de enero de 2017. Disponible en:
<https://repository.javeriana.edu.co/bitstream/handle/10554/8990/AbiSaabArriechéRosana2012.pdf?sequence=1>

Badii, M; Landeros, J; Foroughbakhch, R; Abreu, JL. 2007. Biodiversidad, Evolución, Extinción y Sustentabilidad. (En Línea). Consultado el 5 de marzo de 2016. Disponible en:
[http://www.spentamexico.org/v2-n2/2\(2\)%20229-247.pdf](http://www.spentamexico.org/v2-n2/2(2)%20229-247.pdf)

Barbosa, JJ; Corrales, A. 1997. Guía para Cultivar Caña de Azúcar en el Estado de Morelos. (En Línea). Consultado el 15 de enero de 2016. Disponible en:
<http://www.cofupro.org.mx/cofupro/images/contenidoweb/indice/unidadmorelos/libros/cana/cana2.pdf>

Bautista, C; Barra, E; Castillo, RF; Gutiérrez, C. 2004. La calidad del Suelo y sus Indicadores. (En Línea). Consultado el 24 de noviembre del 2015. Disponible en:
[http://aulavirtual.agro.unlp.edu.ar/pluginfile.php/19618/mod_resource/content/1/La%20calidad%20del%20suelo%20y%20sus%20indicadores%20\(1\).pdf](http://aulavirtual.agro.unlp.edu.ar/pluginfile.php/19618/mod_resource/content/1/La%20calidad%20del%20suelo%20y%20sus%20indicadores%20(1).pdf)

Bautista, L. 2012. Estudio de las Condiciones que Determinan la Práctica de la no quema en Explotaciones de la Caña de Azúcar en El Salvador. (En Línea). Consultado el 24 de noviembre del 2015. Disponible en:
http://www.rimisp.org/wpcontent/files_mf/1366383485EstudioCanaAzucarElSalvador.pdf

Benisch, C. 2007. Scydmaenidae. (En Línea) Consultado el 28 de junio 2017 Disponible en: <https://www.kerbtier.de/cgi-bin/enFSearch.cgi?Fam=Scydmaenidae>

Borror, D.J; Triplehorn, C; Johnson, N.F. 1989. An introduction to the study of insects. Saunders College Publishing. Philadelphia, Pensilvania. 872p

Cabrera G. 2012. La Macrofauna Edáfica como Indicador Biológico del Estado de Conservación Perturbación del Suelo. Resultados Obtenidos en Cuba. (En Línea). Consultado el 24 de noviembre del 2015. Disponible en: <http://www.redalyc.org/pdf/2691/269125514007.pdf>

Cabrera, G, Socarras, A, Hernández, G, Ponce, D, Menéndez, Y, Sánchez, J. Evaluación de la macrofauna como indicador del estado de salud en siete sistemas de uso de la tierra, en Cuba. (En Línea). Consultado el 15 de enero de 2016. Disponible en: <http://scielo.sld.cu/pdf/pyf/v40n2/pyf05217.pdf>

Cabrera, G. 2011. Composición funcional de la macrofauna edáfica en cuatro usos de la tierra en las provincias de Artemisa y Mayabeque, Cuba. (En Línea). Consultado el 24 de noviembre del 2015. Disponible en: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-03942011000300008

Cabrera, G. 2014. Manual Práctico sobre la Macrofauna Edáfica como Indicador Biológico de la Calidad del Suelo, según Resultados en Cuba. La Habana, CU. (En Línea). Consultado el 28 de septiembre de 2015. Disponible en: <http://www.rufford.org/files/Manual%20Pr%C3%A1ctico%20Sobre%20la%20Macrofauna%20del%20Suelo.pdf>

Camacho, M. 2015. Orden Symphyla. (En Línea) Consultado el 28 de junio 2017 Disponible en: http://sea-entomologia.org/IDE@/revista_34.pdf

Campo, A; Duval, V. 014. Diversidad y valor de importancia para la conservación de la vegetación natural. (En Línea) Consultado el 28 de junio 2017 Disponible en: <http://revistas.ucm.es/index.php/AGUC/article/view/47071/44140>

CCA "Comisión Para La Cooperación Ambiental". 2014. La Quema De Residuos Agrícolas: Fuente De Dioxinas. (En Línea) Consultado el 25 De septiembre de 2017 Disponible en: <http://www3.cec.org/islandora/en/item/11405-la-quema-de-residuos-agr-colas-es-una-fuente-de-dioxinas-es.pdf>

Chanatasig, C; Huerta, E; Rojas, P; Ponce, A; Mendoza, J; Moron, A; Van, H; Dzib, B. 2011. Efecto del uso de suelo en las hormigas (Formicidae: Hymenoptera) de Tikinmul, Campeche, México. (En Línea) Consultado el 28 de junio 2017 Disponible en: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0065-17372011000200016

Chaves, M; Bermúdez, AZ. 2006. Motivos y Razones para Quemar las Plantaciones de Caña de Azúcar en Costa Rica. (En Línea). Consultado el 24 de Noviembre del 2015. Disponible en:

<file:///C:/Users/TOSHIBA/Downloads/Motivos%20y%20Razones%20para%20Quemar%20las%20Plantaciones%20de%20Ca%C3%B1a%20de%20Az%C3%BAcar%20en%20Costa%20Rica..pdf>

Costa, C; Ide, C.E.2000. Insectos inmaduros, métodos e identificación. Monografía. 3er. Milenio, Vol. 5. Sociedad Entomológica Aragunense. ES. 300p.

Cutz, L. Vazquez, M. 2012. Colémbolos (Hexapoda: Collembola): pequeños artrópodos abundantes y diversos en Quintana Roo, México. (En Línea). Consultado el 24 de noviembre del 2015. Disponible en: http://dugesiana.cucba.udg.mx/dugesiana_dic2012/19_105.pdf

Díaz, L; Portocarrero, E. 2002. Manual de Producción de Caña de Azúcar (*Saccharum officinarum* L.). (En Línea). Consultado el 2 de febrero del 2017. Disponible en: http://teca.fao.org/sites/default/files/technology_files/T1639.pdf

Díaz, P; Gracias, F; Romero, C. 2004. Caracterización del cultivo de la caña de azúcar (*Sacharum officinarum*). (En Línea) Consultado el 28 de junio 2017 Disponible en: <http://ri.ues.edu.sv/1566/1/13100527.pdf>

Esmahan, R. 2013. Azúcar: el Oro Blanco Salvadoreño. (En Línea). Consultado el 2 de febrero del 2017. Disponible en: <http://www.elsalvador.com/opinion/editoriales/118086/azucar-el-oro-blanco-salvadoreno/>

Falco, L. 2010. Selección de Hábitat: Efecto de la cobertura y tipo de suelo en lombrices de tierra. (En Línea). Consultado el 24 de agosto del 2016. Disponible en: <http://www.scielo.org.mx/pdf/azm/v26nspe2/v26nspe2a13.pdf>

FAO, Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. 2015. El suelo es recurso no renovable, su conservación es esencial para la seguridad alimentaria y nuestro futuro sostenible. (En Línea). Consultado el 2 de febrero del 2017. Disponible en: <http://www.fao.org/3/a-i4373s.pdf>

FAO. SF. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Conservación de los recursos naturales para una Agricultura sostenible. (En Línea). Consultado el 24 de noviembre del 2015. Disponible en: http://www.fao.org/ag/ca/training_materials/cd27-spanish/ba/organic_matter.pdf

Fernández, S; Pujade, J. 2015. Orden Hymenoptera. (En Línea) Consultado el 28 de junio 2017 Disponible en: http://sea-entomologia.org/IDE@/revista_59.pdf

Fragoso, C. 2014. Biodiversidad de lombrices de tierra (Annelida: Oligochaeta: Crassicitellata) en México. (En Línea). Consultado el 24 de noviembre del 2015. Disponible en: <http://www.scielo.org.mx/pdf/rmbiodiv/v85sene/v85senea24.pdf>

Freymann, Bernd P.; Buitenwerf, Robert; Desouza, Og; Olf, Han (2008): The importance of termites (Isoptera) for the recycling of herbivore dung in tropical ecosystems. A review. In Eur. J. Entomol. 105 (2), pp. 165–173. DOI: 10.14411/eje.2008.025. Consultado el: 2 de febrero del 2017. Disponible en: <https://search.proquest.com/openview/2229b47f03122dbdd7f8e85a7064f4e0/1?pq-origsite=gscholar&cbl=28135>

FUNDESYRAM, Fundación para el Desarrollo Socioeconómico y Restauración Ambiental. 2000. Guía Técnica de Conservación de Suelos y Agua; Programa para la Agricultura

Sostenible en Laderas de América Centra. (En Línea). Consultado el 2 de febrero del 2017. Disponible en: <http://www.fundesyram.info/biblioteca.php?id=1045>

García, L. 2015. Orden Isopoda. (En Línea). Consultado el 24 de noviembre del 2015. Disponible en: http://sea-entomologia.org/IDE@/revista_78.pdf

García, Y; Ramirez, W; Sanchez, S. 2012. Indicadores de la calidad de los suelos: una nueva manera de evaluar este recurso. Consultado el 24 de noviembre del 2015. Disponible en: <http://scielo.sld.cu/pdf/pyf/v35n2/pyf01212.pdf>

Gómez J. 1995. Control de Malezas. (En Línea) Consultado el 29 de Septiembre de 2015 Disponible en http://www.cenicana.org/pdf/documentos_no_seriados/libro_el_cultivo_cana/libro_p143-152.pdf

Gómez, AC. 2007. Efectos de la Quema en la Calidad del Suelo. (En Línea) Consultado el 2 de febrero del 2017. Disponible en: <https://groups.google.com/forum/?hl=es#!topic/fondagro/83kQbOcmW5Y>

González C. 2009. El Fuego la Quema de Pastos y sus Consecuencias (En Línea) Consultado el 2 de febrero del 2017. Disponible en: <http://academic.uprm.edu/gonzalezc/HTMLobj-740/quemapastosguia.pdf>

Greenfacts, Hechos sobre la Salud y el Medioambiente. 2010. Biodiversidad: el Consenso Científico, Resumen del Informe de la Evaluación de Ecosistemas del Milenio. (En Línea) Consultado el 2 de febrero del 2017. Disponible en: <https://www.greenfacts.org/es/biodiversidad/biodiversidad-foldout.pdf>

Gutiérrez J. L. & C. G. Jones. 2006. Physical ecosystem engineers as agents of biogeochemical heterogeneity. *BioScience*, 56: 227-236.

Hernández, Y. 1995. Efecto de la Quema de la Caña de Azúcar sobre la Incidencia de Enfermedades Respiratorias en dos Localidades del Estado Aragua, Venezuela. (En Línea)

Consultado el 2 de febrero del 2017. Disponible en:
http://www.sian.inia.gob.ve/revistas_ci/canadeazucar/cana1302/texto/quema.htm

Hughes, Thomas; Acosta, Roberto; Lochhead, Jaime. 2016. Producción a Gran Escala de Caña de Azúcar en El Salvador. (En Línea) Consultado el 2 de febrero del 2017. Disponible en: <https://voiceselsalvador.files.wordpress.com/2016/05/produccion-cancc83a-de-azucar-en-el-salvador.pdf>

Jaffe, K. 1993. El mundo de las Hormigas. (En Línea) Consultado el 24 de noviembre del 2015: http://atta.labb.usb.ve/Klaus/el_mundo_de_las_hormigas.pdf

Jarquín GR. 2009. Manejo integrado de la mosca pinta (*aeneolamia* spp y *prosapia* spp.) bajo el modelo de cosecha en verde de la caña de azúcar (*Saccharum officinarum*). 256p

Jiménez-Sierra, CL; Torres-Orozco, R; Martínez, PC. 2010. Biodiversidad Una Alerta. (En Línea) Consultado el 24 de noviembre del 2015:
http://www.uam.mx/difusion/casadeltiempo/36_iv_oct_2010/casa_del_tiempo_eIV_num36_09_16.pdf

Katcher, AO; Aquino, PR; Betanzos, JF. 2016. Identificación de Paquetes Tecnológicos para el Cultivo de Caña de Azúcar en las Regiones Cañeras de México. (En Línea). Consultado el 2 de febrero del 2017. Disponible en:
http://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/183702/Compendio_Paquetes_Tecnologicos.pdf

Labrador, J. 2008. SEAE. Sociedades español de Agricultura Ecológica. Manejo del Suelo en los Sistemas Agrícolas de Producción Ecológica. (En Línea). Consultado el 2 de febrero del 2017. Disponible en: <http://www.agroecologia.net/recursos/publicaciones/manuales-tecnicos/manual-suelos-jlabrador.pdf>

LEISA, Revista de Agroecología. 2014. Biodiversidad y Agricultura Campesina. (En Línea). Consultado el 2 de febrero del 2017. Disponible en: <http://www.leisa-al.org/web/images/stories/revistapdf/vol30n1.pdf>

Lwanga E, Rodríguez J, Castillo I, Meneses E, Mondragón M, Hernández R. 2008. Relación entre la Fertilidad del Suelo y Su Población de Macroinvertebrados. (En Línea). Consultado el 2 de febrero del 2017. Disponible en: <http://www.redalyc.org/pdf/573/57313046010.pdf>

MAG. Ministerio de Agricultura Y Ganadería Dirección General de Economía Agropecuaria División de Estadísticas Agropecuarias. 2012. Recopilación De Información Sobre Caña De Azúcar Zafra 2011-2012. (En Línea). Consultado el 2 de febrero del 2017. Disponible en: <file:///C:/Users/TOSHIBA/Downloads/documento%20cana%20de%20azucar%202011-2012.pdf>

Maldonado, J. 2014. Coleópteros Saproxilicos de los Bosques de Montaña en el Norte de la Comunidad de Madrid. (En Línea). Consultado el 2 de febrero del 2017. Disponible en: http://oa.upm.es/33792/1/JUAN_JESUS_DE_LA_ROSA_MALDONADO.pdf

Marcelo, H; Aldana M. 2011. Manejo Integrado del Cultivo de Caña de Azúcar. (En Línea). Consultado el 2 de febrero del 2017. Disponible en: http://www.agrobanco.com.pe/pdfs/CapacitacionesProductores/Cania/MANEJO_INTEGRADO_DEL_CULTIVO_DE_CANA_DE_AZUCAR.pdf

Martínez, C. 2005. Introducción a los escarabajos Carabidae (Coleoptera) de Colombia. (En Línea). Consultado el 24 de noviembre del 2015. Disponible en: <http://www.bionica.info/biblioteca/Martinez2005CarabidaeColombia.pdf>

Martínez, JC. 2007. Contribución a la eficiencia en la producción de Caña de Azúcar (*Saccharum officinarum* spp), en la zona seis del Ingenio Madre Tierra. (En Línea). Consultado el 24 de noviembre del 2015. Disponible en: http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/01/01_2312.pdf

Melgar, M; Meneses, A; Orozco, H; Pérez, O; Espinoza, R. 2014. Cultivo de la Caña de Azúcar en Guatemala. (En Línea). Consultado el 24 de noviembre del 2015. Disponible en: [file:///C:/Users/TOSHIBA/Downloads/Dialnet-EICultivoDeLaCanaDeAzucarEnGuatemala-572719%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/TOSHIBA/Downloads/Dialnet-EICultivoDeLaCanaDeAzucarEnGuatemala-572719%20(1).pdf)

Méndez J, Prieto-García F, Acevedo-Sandoval O, Méndez-Marzo M. 2013. Indicadores e Índices de Calidad de los Suelos (ICS) Cebaderos del Sur del Estado de Hidalgo, México. (En Línea). Consultado el 28 de septiembre de 2015. Disponible en: <file:///C:/TODO%20PARA%20MI%20TESIS/biblioteca%20para%20mi%20tesis/Mendez%20Prieto.pdf>

Méndez M, Tulio J, Martínez A. 2001. Diversidad y manejo de los termes de México (Hexapoda, Isoptera). *Acta Zoológica Mexicana*. (En Línea). Consultado el 2 de febrero del 2017. Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=57500009>

Morales J, Sarmiento L. 2002. Dinámica de los Macroinvertebrados Edáficos y su Relación con la Vegetación en una Sucesión Secundaria en el Páramo Venezolano. (En Línea) Consultado el 8 de octubre 2015 Disponible en: <http://www.saber.ula.ve/bitstream/123456789/25540/1/articulo8.pdf>

Moreira, F; Huising, J; DaviBignell, D. 2012. Manual de biología de suelos tropicales. (En Línea) Consultado el 8 de octubre 2015 Disponible en: <https://es.scribd.com/doc/151306331/667>

Motta, M. 1994. Suplemento proteico para Cerdos de Crecimiento y engorde de Alimentos con Jugo de Caña de Azúcar. (En Línea) Consultado el 8 de octubre 2015 Disponible en: <https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/5001/1/CPA-1994-T044.pdf>

Nates-Parra, G. 2005. Abejas silvestres y polinización. (En Línea) Consultado el 28 de junio 2017 Disponible en: <http://orton.catie.ac.cr/repdoc/A1865e/A1865e.pdf>

Navarrete A, Vela G, López J, Rodríguez M. 2011. Naturaleza y Utilidad de los Indicadores de Calidad de Suelo. (En Línea) Consultado el 8 de octubre 2015 Disponible en: <http://www.izt.uam.mx/newpage/contactos/anterior/n80ne/suelo.pdf>

Navarrete, J; Newton, A. 2014. Biodiversidad de Staphylinidae (Insecta: Coleoptera) en México. (En Línea) Consultado el 28 de junio 2017 Disponible en: <http://www.scielo.org.mx/pdf/rmbiodiv/v85sene/v85senea40.pdf>

Navarrete, J; Newton; A; Thayer, M; Ashe, J; Chandler, D. 2002. Guía ilustrada para los géneros de staphylinidae (Coleoptera) of MEXICO. https://www.researchgate.net/profile/Alfred_Newton/publication/263382854_Guia_ilustrada_para_los_generos_de_Staphylinidae_Coleoptera_de_Mexico_Illustrated_guide_to_the_genera_of_Staphylinidae_Coleoptera_of_Mexico/links/0046353cc5b4d5d4e5000000/Guia-ilustrada-para-los-generos-de-Staphylinidae-Coleoptera-de-Mexico-Illustrated-guide-to-the-genera-of-Staphylinidae-Coleoptera-of-Mexico.pdf

Nicholls, CI; Altieri, MA; Henao, A; Montalba, R; Talavera, E. 2015. Agroecología y el Diseño de Sistemas Agrícolas Resilientes al Cambio Climático. (En Línea) Consultado el 8 de octubre 2015 Disponible en: <https://socla.co/wp-content/uploads/2015/03/2015%20REDAGRESS%20Diseno%20de%20sistemas%20agricolas%20resilientes.pdf>

Olán E, Castillo J, Meneses I, Mondragón E, Hernández M. 2008. Relación entre la Fertilidad del Suelo y su Población de Macroinvertebrados (En Línea) Consultado el 8 de octubre 2015 Disponible en: <http://www.redalyc.org/pdf/573/57313046010.pdf>

Ortiz, R. 2016. (En Línea) Consultado el 8 de octubre 2015 Disponible en: <http://www.elsalvador.com/noticias/negocios/173821/agricultores-presentan-plan-para-que-azucar-sea-rentable-y-sustentable/>

Palacios, J; Mejía, B; Oyarzabal, A. 2014. Guía ilustrada para los Artrópodos Edáficos. (En Línea) Consultado el 28 de junio 2017 Disponible en: <file:///C:/Users/TOSHIBA/Downloads/2014Guiailustradaartropodosedaficos.pdf>

Peraza, Manuel. 2006. Cambios en la Producción de Caña de Azúcar en El Salvador ante cambios en los Precios Internacionales: Periodo 1970-2003. (En Línea) Consultado el 28 de junio 2017 Disponible en: http://www.uca.edu.sv/deptos/economia/media/archivo/32c09a_cambiosenlaproducciondeca-naensalvador.pdf

Pérez, C. 2016. Efecto de la quema en las poblaciones de macroinvertebrados del suelo del cultivo de caña de azúcar en Sonsonate, El Salvador. (En Línea) Consultado el 28 de junio

2017 Disponible en: <https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/5868/1/CPA-2016-T076.pdf>

Pino, R. 2017. Zafra 16/17. (En Línea) Consultado el 28 de junio 2017 Disponible en: <http://elmundo.sv/zafra-1617-dejaria-16-7-mill-de-quintales-de-azucar/>

Pratt, Lawrence; Pérez José M. 1997. Industria Azucarera en El Salvador: Análisis de Sostenibilidad. (En Línea) Consultado el 28 de junio 2017 Disponible en: <https://www.incae.edu/ES/clacds/publicaciones/pdf/cen731.pdf>

Productor Agropecuario. 2016. El lado verde del Azúcar. (En Línea) Consultado el 28 de junio 2017 Disponible en: <https://www.pressreader.com/costa-rica/productor-agropecuario/20160801/281749858726718>

Palacios-Vargas, J; García-Gómez, A. Protura, diplura, microcoryphia y zygentoma. . (En Línea) Consultado el 28 de junio 2017 Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/283571530_PROTURA_DIPLURA_MICROCORYPHIA_y_ZYGENTOMA

Ramírez, J; Lafranco, D. 2001. Descripción de la biología, daño y control de las termitas: especies existentes en Chile. (En Línea) Consultado el 28 de junio 2017 Disponible en: <http://mingaonline.uach.cl/pdf/bosque/v22n2/art08.pdf>

Ramírez, W. 2013. Estudio de indicadores de la Calidad del Suelo en áreas Destinadas a Producción Intensiva de Gramíneas Cespitosas. Tesis. MAG. Sc. Perico, Cu. Estación Experimental "indio Hatuey". (En Línea) Consultado el 28 de junio 2017 Disponible en: <http://biblioteca.ihatuey.cu/link/tesis/tesism/wendynamirez.pdf>

Reinoso, D. 1865. Cultivo de Caña de Azúcar. (En Línea) Consultado el 28 de junio 2017 Disponible en: <https://books.google.com/Sv/Books?Id=X2i7aaaacaaj&Pg=Pa256&Dq=Efecto+De+La+Quema+De+Ca%C3%B1a+En+El+Suelo&Hl=Es&Sa=X&Ved=0cbsq6aewagovchmiynip4tydyairjoech0m1gox#V=Onepage&Q&F=False>

Rendón S, Artunduaga F, Ramírez R, Alveiro J, Gamboa Q, Rojas I. 2011. Morales. Los Macroinvertebrados como Indicadores de la Calidad del Suelo en Cultivos de Mora, Pasto y Aguacate. (En Línea) Consultado el 28 de junio 2017 Disponible en: <http://www.revistas.unal.edu.co/index.php/refame/article/view/26381/37115>

Reyes, J. 2013. Evaluación de la Calidad del Suelo en un Agroecosistemas Orgánico de Hortalizas y un Agroecosistemas Convencional de Papa en el Municipio de Guasca. Cundinamarca. 2013. Tesis Lic. Ecología. Bogotá, CO. Pontificia Universidad Javeriana. (En Línea) Consultado el 28 de junio 2017 Disponible en: <http://repository.javeriana.edu.co/bitstream/10554/12484/1/ReyesContrerasJuanSebastian2013.pdf>

Rico, A; Rodríguez, A; López, E; Sedeño, J. 2014. Patrones de variación espacial y temporal de los macroinvertebrados acuáticos en la Laguna de Tecocomulco, Hidalgo (México). (En línea) Consultado el 28 de junio 2017 Disponible en: <file:///C:/Users/TOSHIBA/Downloads/15780-30121-1-SM.pdf>

Rincones, C. 1986. Control de Malezas. (En Línea) Consultado el 28 de junio 2017 Disponible en: http://sian.inia.gob.ve/repositorio/revistas_tec/FonaiapDivulga/fd20/texto/control.htm

Rivera, FJ. 2008. El Cultivo de la Caña de Azúcar (*Saccharum officinarum* L.) en la región de Cardel, Centro de Veracruz. (En Línea) Consultado el 28 de junio 2017 Disponible en: [http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/1417/EL%20CULTIVO%20DE%20LA%20CA%20D1A%20DE%20AZUCAR%20\(Saccharum%20officinarum%20L.\)%20EN%20LA%20REGION%20DE%20CARDEL,%20CENTRO%20DE%20VERACRUZ.pdf?sequence=1](http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/1417/EL%20CULTIVO%20DE%20LA%20CA%20D1A%20DE%20AZUCAR%20(Saccharum%20officinarum%20L.)%20EN%20LA%20REGION%20DE%20CARDEL,%20CENTRO%20DE%20VERACRUZ.pdf?sequence=1)

Rivera, N. 2010. Ficha Técnica del Cultivo de Caña de Azúcar. Consultado el: 2 de febrero del 2017. (En Línea) Disponible en: http://nutriciondebovinos.com.ar/MD_upload/nutriciondebovinos_com_ar/Archivos/File/CA%C3%91A_DE_AZ%C3%91ACAR,_FICHA_T%C3%89CNICA.pdf

Rojas, L. Montero, M. Zequeira, A. 2016. EVALUACIÓN DE LA DIVERSIDAD DE MACROINVERTEBRADOS EDÁFICOS EN MUNICIPIOS DEL CENTRO DEL CESAR (CHIMICHAGUA, CHIRIGUANÁ Y LA JAGUA DE IBIRICO) (En Línea) Consultado el 28 de junio 2017 Disponible en: <http://www.scielo.org.co/pdf/luaz/n43/n43a10.pdf>

Rojas, M. 2012. Efecto de la quema en la Caña de Azúcar en las Propiedades del Suelo, en Tancanhuitz, San Luis Potosí. (En Línea) Consultado el 28 de junio 2017 Disponible en: <http://ninive.uaslp.mx/jspui/bitstream/i/3374/1/IAE1EFE01201.pdf>

Rojas, P. 2001. Las hormigas del suelo en México: Diversidad, Distribución e Importancia (Hymenoptera: Formicidae). (En Línea) Consultado el 28 de junio 2017 Disponible en: http://www3.inecol.edu.mx/csmbgbd/images/stories/resultados_articulos_archivos/10%20LAS%20HORMIGAS%20DEL%20SUELO%20EN%20MEXICO.pdf

Ruiz, D. 2007. Comunidades de Macroinvertebrados edáficos en Diferentes Sistemas de Uso de la Tierra en la Parte Media de la Cuenca del Río Otún (Risaralda, Colombia). (En Línea) Consultado el 28 de junio 2017 Disponible en: <http://planeacion.risaralda.gov.co/biodiversidad/phocadownloadpap/Investigaciones-academicas/COMUNIDADES%20DE%20MACROINVERTEBRADOS%20EDFICOS.pdf>

Ruiz, F. 1995. El cultivo de la Caña de Azúcar. (En Línea) Consultado el 28 de junio 2017 Disponible en: https://books.google.com.sv/books?id=2wpC1j2AmkAC&printsec=frontcover&hl=es&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false

SAGARPA, Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo rural, Pesca y alimentación. 2016. Langosta Centroamericana *Schistocerca piceifrons piceifrons* (Walker, 1870). (En Línea) Consultado el 28 de junio 2017 Disponible en: https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/157817/Ficha_t_cnica_langosta.pdf

Sánchez, C. 2015. Macroinvertebrados del suelo en diferentes tipos de vegetación de tierra firme, durante periodos de lluvias, y su relación con factores edáficos, Puerto Almendra, Loreto. (En Línea) Consultado el 28 de junio 2017 Disponible en:

http://repositorio.unapiquitos.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/4389/Carol_Tesis_Maestr%C3%ADa_2015.pdf?sequence=1

Santelices, R. Litton, C. 1996. EFECTO DEL FUEGO SOBRE EL BOSQUE, LA DISPONIBILIDAD DE NUTRIENTES Y LA MATERIA ORGÁNICA EN EL SUELO. (En Línea) Consultado el 28 de junio 2017 Disponible en: <http://biblioteca.infor.cl/DataFiles/18596.pdf>

Santos, SJ. 2016. Comunidades de Macroinvertebrados Edáficos Indicadores de la Calidad del Suelo, para Evaluar el Modelo Agroecológico en un Sistema de Hortalizas, Los Planes, Chalatenango, El Salvador. (En Línea) Consultado el 28 de junio 2017 Disponible en: <http://ri.ues.edu.sv/12706/1/13101623.pdf>

Saturnino, A; Torralba, M; Cermeño, F; Barbero, A. 2011. Erosión y Manejo del Suelo. Importancia del Laboreo ante los Procesos Erosivos Naturales y Antrópicos. (En Línea) Consultado el 28 de junio 2017 Disponible en: http://digital.csic.es/bitstream/10261/60833/1/Capitulo13_38.pdf

Silva, MM. 2004. Materia Orgánica: Su utilización en la evaluación de la calidad del suelo en distintos ambientes del sur de Santa Fe. (En Línea) Consultado el 28 de junio 2017 Disponible en: [http://www.ipni.net/publication/ia-lacs.nsf/0/A07639C9FDA94B058525799900609B79/\\$FILE/MSRossi-MOcalidad%20del%20suelo1.pdf](http://www.ipni.net/publication/ia-lacs.nsf/0/A07639C9FDA94B058525799900609B79/$FILE/MSRossi-MOcalidad%20del%20suelo1.pdf)

Suarez, L. 2012. Manejo Agronómico del Cultivo de la Caña de Azúcar (*Saccharum officinarum* L.) en un Predio de Mahuixtlan, Veracruz Estudio de Caso. (En Línea) Consultado el 28 de junio 2017 Disponible en: <http://cdigital.uv.mx/bitstream/123456789/31585/1/suarezgarcialuisfernando.pdf>

Torres, K; Alvarado, G. 2015. Erradicación de Quema de Caña Aumentaría Costos de Producción. (En línea). (En Línea) Consultado el 28 de junio 2017 Disponible en: http://www.comunica.edu.sv/index.php?option=com_content&view=article&id=1663:2015-04-28-18-39-52&catid=35:economia&Itemid=128

Urzúa J. 2013 Macroinvertebrados Del Suelo Y Su Importancia En El Siglo XXII. (En Línea). (En Línea) Consultado el 28 de junio 2017 Disponible en:

[Http://Www.DiarioVoces.Com.Pe/7801/Macroinvertebrados-Del-Suelo-Y-Su-Importancia-En-El-Siglo-Xxi#lxzz3njhgmj](http://Www.DiarioVoces.Com.Pe/7801/Macroinvertebrados-Del-Suelo-Y-Su-Importancia-En-El-Siglo-Xxi#lxzz3njhgmj)

Zerbino, M. 2005. Evaluación de la Densidad, Biomasa y Diversidad de la Macrofauna del Suelo en Diferentes Sistemas de Producción. (En Línea) Consultado el 28 de junio 2017 Disponible en: http://ambiente.fcien.edu.uy/tesis/Tesis_Stella_Zerbino.pdf

ZOOLOGIA. SF. Clase CHILLOPODA. (En Línea) Consultado el 28 de junio 2017 Disponible en: <http://zoologia.fcien.edu.uy/practico/CHILOPODA.pdf>

8. ANEXOS

Figura A-1. Encuesta a productores que queman caña de azúcar

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA PARACENTRAL
DEPARTAMENTO DE CIENCIAS AGRONOMICAS

TITULO DE TESIS: IMPACTO DE LAS QUEMAS EN CAÑALES (*Saccharum officinarum* L.) SOBRE LA PRESENCIA DE MACROINVERTEBRADOS DEL SUELO EN LOS MUNICIPIOS DE VERAPAZ, SAN CAYETANO ISTEPEQUE Y SAN VICENTE DEL DEPARTAMENTO DE SAN VICENTE, EL SALVADOR.

Encuesta realizada a cañicultores en cuanto al manejo y quema del Cultivo de Caña de Azúcar.

1.

| Area | Variedad |
|------|----------|
| | |
| | |
| | |

2. ¿Cuántos años tiene de cultivar caña en este terreno?

3. ¿Tipo de maquinaria que utiliza en la preparación del suelo previo a su siembra?

4. Fertilización

| Nº fertilización | Epoca del año | Formula que aplica | Cantidad | Forma de aplicación |
|------------------|---------------|--------------------|----------|---------------------|
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |

5. Plagas que atacan el cultivo

| Plaga | Fecha | Agroquímico | Cantidad | Forma de aplicación |
|-------|-------|-------------|----------|---------------------|
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |

6. ¿Por qué prefiere quemar?

7. ¿Sabe cuáles son los daños que causa la práctica de quema?
Sí _____ No _____

8. ¿Cuántos años tiene de no practicar la quema en el cultivo de caña de azúcar?

9. ¿Qué manejo realizan previo a la quema del cultivo de caña de azúcar?

10. ¿Con base al tiempo de cultivar caña de azúcar, considera usted que su producción a:
Disminuido _____
Aumentado _____
Se mantiene _____

11. ¿Qué tipos de animales a observado que salen huyendo cuando realiza la quema en caña de azúcar?

12. ¿Considera que la fertilidad del suelo cultivado con caña de azúcar ha cambiado con el tiempo de los años?
Sí _____ No _____

Figura A-2. Encuesta a productores que no queman caña de azúcar

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA PARACENTRAL
DEPARTAMENTO DE CIENCIAS AGRONÓMICAS

TITULO DE TESIS: IMPACTO DE LAS QUEMAS EN CAÑALES (*Saccharum officinarum* L.) SOBRE LA PRESENCIA DE MACROINVERTEBRADOS DEL SUELO EN LOS MUNICIPIOS DE VERAPAZ, SAN CAYETANO ISTEPEQUE Y SAN VICENTE DEL DEPARTAMENTO DE SAN VICENTE, EL SALVADOR.

Encuesta realizada a cañicultores que no realizan la práctica de quemar del Cultivo de Caña de Azúcar.

1.

| Area | Variedad |
|------|----------|
| | |
| | |
| | |

2. ¿Cuántos años tiene de cultivar caña en este terreno?

3. ¿Tipo de maquinaria que utiliza en la preparación del suelo previo a su siembra?

4. Fertilización

| Nº fertilización | Epoca del año | Formula que aplica | Cantidad | Forma de aplicación |
|------------------|---------------|--------------------|----------|---------------------|
| | | | | |
| | | | | |

5. Plagas que atacan el cultivo

| Plaga | Fecha | Agroquímico | Cantidad | Forma de aplicación |
|-------|-------|-------------|----------|---------------------|
| | | | | |
| | | | | |

6. ¿Por qué prefiere no quemar?

7. ¿Cuántos años tiene de no practicar la quema en el cultivo de caña de azúcar?

8. ¿Con base al tiempo de cultivar caña de azúcar, considera usted que su producción a:

Disminuido _____
Aumentado _____
Se mantiene _____

9. ¿Qué tipos de animales a observado que salen huyendo cuando realiza la quema en caña de azúcar?

10. ¿Considera que la fertilidad del suelo cultivado con caña de azúcar ha cambiado con el tiempo de los años?

Sí _____ No _____

Cuadro A-1. Glosario

| NOMBRE | SIGNIFICADO |
|---------------------|--|
| Pre-quema | Muestreo realizado previo a la quema y cosecha en caña de azúcar. |
| Pos-quema | Muestreo después de la quema y cosecha en caña de azúcar |
| Quema-lluvia | Muestreo a cañales que fueron quemados en época lluviosa. |
| Verde | Muestreo a cañales que son cosechados sin quema. |
| Verde lluvia | Muestreo a cañales que son cosechados sin quema durante la época lluviosa. |

Cuadro A-2. Análisis de macroinvertebrados presentes en la modalidad de quema de la caña de azúcar en el momento de Pre-quema para obtener el Índice de Simpson

| FINCA | GRUPO | % DOM | Macro/Ha | Gru/Finca | Abundancia | Abundancia Relativa ^{A2} |
|-------|----------------------------|-------|----------|-----------|-------------------|-----------------------------------|
| 1 | Coleoptera Eltaridae | 57 | 250000 | 4 | 0.02 | 0.00 |
| 2 | Isoptera Termitidae | 88 | 437500 | 2 | 0.03 | 0.00 |
| 3 | Hymenoptera Formicidae | 31 | 1125000 | 4 | 0.09 | 0.01 |
| | Haplotaxida lumbricidae | 34 | 125000 | | 0.01 | 0.00 |
| 4 | Coleóptera Elatateridae | 26 | 187500 | 5 | 0.01 | 0.00 |
| | Hymenoptera Formicidae | 69 | 500000 | | 0.04 | 0.00 |
| 5 | Coleóptera No Identificado | 67 | 125000 | 2 | 0.01 | 0.00 |
| 6 | Aranea | 100 | 62500 | 1 | 0.00 | 0.00 |
| 7 | Coleóptera Scarabaeidae | 50 | 312500 | 3 | 0.02 | 0.00 |
| | Hymenoptera Formicidae | 40 | 250000 | | 0.02 | 0.00 |
| 8 | Pulmonata Caracol | 40 | 125000 | 4 | 0.01 | 0.00 |
| | Polyxenida Diplopoda | 20 | 62500 | | 0.00 | 0.00 |
| | Diptera No Identificada | 20 | 62500 | | 0.00 | 0.00 |
| 9 | Coleóptera Scarabaeidae | 33 | 125000 | 5 | 0.01 | 0.00 |
| 10 | Aranea | 33 | 125000 | 4 | 0.01 | 0.00 |
| | Isóptera Termitidae | 33 | 125000 | | 0.01 | 0.00 |
| 11 | Ninguno | 0 | 0 | 0 | 0.00 | 0.00 |
| 12 | Hymenoptera Formicidae | 67 | 3687500 | 8 | 0.28 | 0.08 |
| | Isóptera Termitidae | 17 | 937500 | | 0.07 | 0.01 |
| 13 | Coleóptera Elateridae | 100 | 187500 | 1 | 0.01 | 0.00 |
| 14 | Diptera No Identificada | 50 | 125000 | 3 | 0.01 | 0.00 |
| 15 | Isóptera Termitidae | 77 | 1062500 | 3 | 0.08 | 0.01 |
| 16 | Coleóptera Elateridae | 100 | 62500 | 1 | 0.00 | 0.00 |
| 17 | Coleóptera Scarabaeidae | 33 | 62500 | 3 | 0.00 | 0.00 |
| 18 | Coleóptera Elateridae | 17 | 62500 | 6 | 0.00 | 0.00 |
| 19 | Isóptera Termitidae | 96 | 1625000 | 2 | 0.12 | 0.02 |
| 20 | Hymenoptera Formicidae | 85 | 1375000 | 5 | 0.10 | 0.01 |
| | | | 13187500 | 66 | 1.00 | |
| | | | | | Dominancia | 0.13 |
| | | | | | Divercidad | 0.87 |

Cuadro A-3. Análisis de macroinvertebrados presentes en la modalidad de quema de la caña de azúcar en el momento de Pos-quema para obtener el Índice de Simpson

| FINCA | GRUPO | % DOM | Macro/Ha | Gru/Finca | Abundancia | Abundancia Relativa ^Λ 2 |
|-------|----------------------------|-------|----------------|-----------|-------------------|------------------------------------|
| 1 | Coleóptera No Identificado | 50 | 62500 | 2 | 0.01 | 0.00 |
| 2 | Hymenoptera Fomicidae | 25 | 187500 | 7 | 0.03 | 0.00 |
| | Haplotaxida lumbricidae | 25 | 187500 | | 0.03 | 0.00 |
| 3 | No Identificado | 100 | 62500 | 1 | 0.01 | 0.00 |
| 4 | Isoptera Termitidae | 67 | 125000 | 2 | 0.02 | 0.00 |
| 5 | Díptera No Identificada | 50 | 62500 | 2 | 0.01 | 0.00 |
| 6 | Coleóptera Scarabaeidae | 100 | 62500 | 1 | 0.01 | 0.00 |
| 7 | Pulmonata Caracol | 100 | 62500 | 1 | 0.01 | 0.00 |
| 8 | Coleoptera No identificado | 50 | 62500 | 2 | 0.01 | 0.00 |
| 9 | No Identificado | 38 | 187500 | 5 | 0.03 | 0.00 |
| | Coleóptera Scarabaeidae | 25 | 125000 | | 0.02 | 0.00 |
| 10 | Coleoptera Eltaridae | 25 | 62500 | 4 | 0.01 | 0.00 |
| 11 | Hymenoptera Formicidae | 33 | 125000 | 5 | 0.02 | 0.00 |
| | Coleóptera Scarabaeidae | 17 | 62500 | | 0.01 | 0.00 |
| 12 | Hemiptera Lygaeidae | 100 | 62500 | 1 | 0.01 | 0.00 |
| 13 | Coleóptera Scarabaeidae | 33 | 62500 | 3 | 0.01 | 0.00 |
| 14 | Homoptera No Identificado | 80 | 250000 | 2 | 0.05 | 0.00 |
| 15 | Hemiptera Margarodidae | 79 | 1187500 | 3 | 0.22 | 0.05 |
| 16 | Isóptera Termitidae | 86 | 1187500 | 4 | 0.22 | 0.05 |
| 17 | Hemiptera Margarodidae | 100 | 62500 | 1 | 0.01 | 0.00 |
| 18 | Hemiptera Margarodidae | 89 | 1000000 | 3 | 0.19 | 0.03 |
| 19 | Diptera Japygidae | 100 | 62500 | 1 | 0.01 | 0.00 |
| 20 | Coleoptera Eltaridae | 50 | 62500 | 2 | 0.01 | 0.00 |
| | | | 5375000 | 52 | 1.00 | |
| | | | | | Dominancia | 0.14 |
| | | | | | Diversidad | 0.86 |

Cuadro A-4. Análisis de macroinvertebrados presentes en la modalidad de quema de la caña de azúcar en el momento de época lluviosa obtener el Índice de Simpson

| Finca | Grupo | % Dom | Macro/ha | Gru/finca | Abundancia | Abundancia relativa ^{A2} |
|-------|----------------------------|-------|-----------------|-----------|-------------------|-----------------------------------|
| 1 | Haplotaxida lumbricidae | 33 | 312500 | 7 | 0.03 | 0.00 |
| | Díptera No Identificada | 27 | 250000 | | 0.02 | 0.00 |
| 2 | Isóptera Termitidae | 77 | 625000 | 4 | 0.05 | 0.00 |
| 3 | Coleóptera Scarabaeidae | 100 | 62500 | 1 | 0.01 | 0.00 |
| 4 | Coleóptera Scarabaeidae | 38 | 187500 | 3 | 0.02 | 0.00 |
| | Coleóptera No Identificado | 50 | 250000 | | 0.02 | 0.00 |
| 5 | Haplotaxida Lumbricidae | 83 | 1000000 | 4 | 0.09 | 0.01 |
| | Díptera No Identificada | 10 | 125000 | | 0.01 | 0.00 |
| 6 | Haplotaxida lumbricidae | 64 | 437500 | 4 | 0.04 | 0.00 |
| | Shymphyla Scutigereidae | 18 | 125000 | | 0.01 | 0.00 |
| 7 | Polyxenida Diplopoda | 39 | 1187500 | 8 | 0.10 | 0.01 |
| | Haplotaxida lumbricidae | 14 | 437500 | | 0.04 | 0.00 |
| 8 | Coleóptera No Identificado | 50 | 125000 | 3 | 0.01 | 0.00 |
| 9 | Isóptera Termitidae | 44 | 1312500 | 9 | 0.11 | 0.01 |
| | Haplotaxida lumbricidae | 23 | 687500 | | 0.06 | 0.00 |
| 10 | Coleóptera No Identificado | 38 | 500000 | 7 | 0.04 | 0.00 |
| | Geophilorpha Chilopoda | 24 | 312500 | | 0.03 | 0.00 |
| 11 | Coleóptera Scarabaeidae | 25 | 62500 | 4 | 0.01 | 0.00 |
| 12 | Isóptera Termitidae | 77 | 2125000 | 6 | 0.18 | 0.03 |
| 13 | Coleóptera No Identificado | 28 | 437500 | 6 | 0.04 | 0.00 |
| | Isóptera Termitidae | 36 | 562500 | | 0.05 | 0.00 |
| 14 | Isóptera Termitidae | 67 | 625000 | 4 | 0.05 | 0.00 |
| 15 | Coleóptera No Identificado | 33 | 62500 | 3 | 0.01 | 0.00 |
| 16 | Coleóptera No Identificado | 60 | 187500 | 2 | 0.02 | 0.00 |
| 17 | Díptera No Identificada | 40 | 125000 | 3 | 0.01 | 0.00 |
| 18 | Coleóptera Scarabaeidae | 50 | 62500 | 2 | 0.01 | 0.00 |
| 19 | Díptera No Identificada | 25 | 125000 | 5 | 0.01 | 0.00 |
| 20 | Isóptera Termitidae | 57 | 500000 | 6 | 0.04 | 0.00 |
| | | | 11562500 | 91 | 1.00 | |
| | | | | | Dominancia | 0.09 |
| | | | | | Diversidad | 0.91 |

Cuadro A-5. Análisis de macroinvertebrados presentes en la modalidad de cosecha en verde en el momento de precosecha-verde para obtener el Índice de Simpson

| Finca | Grupo | % Dom | Macro/ha | Gru/finca | Abundancia | Abundancia relativa ^{A2} |
|-------|----------------------------|-------|----------------|-----------|-------------------|-----------------------------------|
| 1 | Coleoptera Scydmaenidae | 50 | 125000 | 3 | 0.01 | 0.00 |
| 2 | Haplotaxida lumbricidae | 25 | 62500 | 4 | 0.01 | 0.00 |
| 3 | Hymenoptera Fomicidae | 75 | 187500 | 2 | 0.02 | 0.00 |
| 4 | Hymenoptera Fomicidae | 50 | 62500 | 2 | 0.01 | 0.00 |
| 5 | Hymenoptera Fomicidae | 29 | 125000 | 6 | 0.01 | 0.00 |
| | Araña | 14 | 62500 | | 0.01 | 0.00 |
| 6 | Araña | 100 | 62500 | 1 | 0.01 | 0.00 |
| 7 | Geophilorpha Chilopoda | 25 | 62500 | 4 | 0.01 | 0.00 |
| 8 | Pulmonata Caracol | 100 | 62500 | 1 | 0.01 | 0.00 |
| 9 | Hymenoptera Fomicidae | 62 | 500000 | 6 | 0.06 | 0.00 |
| 10 | Isóptera Termitidae | 36 | 312500 | 4 | 0.04 | 0.00 |
| | Hymenoptera Fomicidae | 36 | 312500 | | 0.04 | 0.00 |
| 11 | Coleóptera No Identificado | 75 | 187500 | 2 | 0.02 | 0.00 |
| 12 | Isopoda Philosciidae | 33 | 437500 | 8 | 0.05 | 0.00 |
| 13 | Isóptera Termitidae | 45 | 312500 | 7 | 0.04 | 0.00 |
| 14 | Hymenoptera Fomicidae | 33 | 250000 | 7 | 0.03 | 0.00 |
| | Isóptera Termitidae | 25 | 187500 | | 0.02 | 0.00 |
| 15 | Hymenoptera Fomicidae | 33 | 187500 | 4 | 0.02 | 0.00 |
| | Isóptera Termitidae | 44 | 250000 | | 0.03 | 0.00 |
| 16 | Hymenoptera Fomicidae | 44 | 1562500 | 5 | 0.18 | 0.03 |
| | Haplotaxida lumbricidae | 33 | 1187500 | | 0.14 | 0.02 |
| 17 | Isóptera Termitidae | 44 | 500000 | 5 | 0.06 | 0.00 |
| | Hymenoptera Fomicidae | 39 | 437500 | | 0.05 | 0.00 |
| 18 | Hemiptera Margarodidae | 86 | 375000 | 2 | 0.04 | 0.00 |
| 19 | Hymenoptera Fomicidae | 78 | 437500 | 3 | 0.05 | 0.00 |
| 20 | Isóptera Termitidae | 44 | 250000 | 5 | 0.03 | 0.00 |
| | | | 8500000 | | 81 | 1.00 |
| | | | | | Dominancia | 0.08 |
| | | | | | Divercidad | 0.92 |

Cuadro A-6. Análisis de macroinvertebrados presentes en la modalidad de cosecha en verde en el momento de época lluviosa para obtener el Índice de Simpson.

| Finca | Grupo | % Dom | Macro/ha | Gru/finca | Abundancia | Abundancia relativa ^{^2} |
|-------|--------------------------|-------|-----------------|-----------|-------------------|-----------------------------------|
| 1 | Isóptera Termitidae | 89 | 7437500 | 5 | 0.43 | 0.18 |
| 2 | Haplotaxida lumbricidae | 42 | 312500 | 4 | 0.02 | 0.00 |
| 3 | Haplotaxida lumbricidae | 75 | 562500 | 4 | 0.03 | 0.00 |
| 4 | Coleoptera Staphylinidae | 36 | 250000 | 6 | 0.01 | 0.00 |
| | Haplotaxida lumbricidae | 27 | 187500 | | 0.01 | 0.00 |
| 5 | Haplotaxida lumbricidae | 80 | 750000 | 4 | 0.04 | 0.00 |
| 6 | Haplotaxida lumbricidae | 60 | 187500 | 3 | 0.01 | 0.00 |
| 7 | Haplotaxida lumbricidae | 65 | 1062500 | 5 | 0.06 | 0.00 |
| 8 | Haplotaxida lumbricidae | 68 | 1062500 | 4 | 0.06 | 0.00 |
| 9 | Haplotaxida lumbricidae | 75 | 562500 | 4 | 0.03 | 0.00 |
| 10 | Haplotaxida lumbricidae | 44 | 250000 | 6 | 0.01 | 0.00 |
| 11 | Haplotaxida lumbricidae | 67 | 500000 | 3 | 0.03 | 0.00 |
| 12 | Haplotaxida lumbricidae | 67 | 250000 | 3 | 0.01 | 0.00 |
| 13 | Haplotaxida lumbricidae | 50 | 250000 | 4 | 0.01 | 0.00 |
| 14 | Geopphilorpha Chilopoda | 25 | 125000 | 7 | 0.01 | 0.00 |
| 15 | Geopphilorpha Chilopoda | 40 | 125000 | 4 | 0.01 | 0.00 |
| 16 | Haplotaxida lumbricidae | 78 | 437500 | 3 | 0.03 | 0.00 |
| 17 | Haplotaxida lumbricidae | 89 | 1062500 | 2 | 0.06 | 0.00 |
| 18 | Haplotaxida lumbricidae | 63 | 312500 | 4 | 0.02 | 0.00 |
| 19 | Haplotaxida lumbricidae | 62 | 312500 | 3 | 0.02 | 0.00 |
| 20 | Haplotaxida lumbricidae | 91 | 1312500 | 3 | 0.08 | 0.01 |
| | | | 17312500 | 81 | 1.00 | |
| | | | | | Dominancia | 0.21 |
| | | | | | Diversidad | 0.79 |