

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA DE OCCIDENTE
DEPARTAMENTO DE BIOLOGÍA**



TRABAJO DE GRADO

**IDENTIFICACIÓN DE LOS BENEFICIOS AMBIENTALES EN ECOSISTEMAS
INTERVENIDOS MEDIANTE LOS FONDOS DE LA COMPENSACIÓN AMBIENTAL
ADMINISTRADA POR FIAES EN LAS CUENCAS: RÍO BANDERAS, RÍO
MANDINGA Y RÍO APANCOYO DEL ÁREA DE CONSERVACIÓN LOS CÓBANOS,
SONSONATE, DE JULIO A NOVIEMBRE DE 2019**

**PARA OPTAR AL GRADO DE
LICENCIADO EN BIOLOGÍA**

PRESENTADO POR

**NELSON DE JESÚS SIGUENZA QUEZADA
OMAR ALFREDO CUÉLLAR REPREZA**

DOCENTES ASESORES

**MAESTRO RICARDO FIGUEROA CERNA
MAESTRO ALFREDO ALEXANDER ZALDAÑA LEMUS**

JULIO, 2020

SANTA ANA, EL SALVADOR, CENTROAMÉRICA

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
AUTORIDADES**



**M.Sc. ROGER ARMANDO ARIAS ALVARADO
RECTOR**

**DR. RAÚL ERNESTO AZCÚNAGA LÓPEZ
VICERRECTOR ACADÉMICO**

**ING. JUAN ROSA QUINTANILLA QUINTANILLA
VICERRECTOR ADMINISTRATIVO**

**ING. FRANCISCO ANTONIO ALARCÓN SANDOVAL
SECRETARIO GENERAL**

**LICDO. LUIS ANTONIO MEJÍA LIPE
DEFENSOR DE LOS DERECHOS UNIVERSITARIOS**

**LICDO. RAFAEL HUMBERTO PEÑA MARIN
FISCAL GENERAL**

**FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA DE OCCIDENTE
AUTORIDADES**



**M.Ed. ROBERTO CARLOS SIGÜENZA CAMPOS
DECANO**

**M.Ed. RINA CLARIBEL BOLAÑOS DE ZOMETA
VICEDECANA**

**LICDO. JAIME ERNESTO SERMEÑO DE LA PEÑA
SECRETARIO**

**LICDO. CARLOS MAURICIO LINARES HERNÁNDEZ
JEFE DEL DEPARTAMENTO DE BIOLOGÍA**

AGRADECIMIENTOS

A Dios, por siempre protegerme, por su bendición de guiarme con su misericordia y amor incondicional durante el camino de mi carrera y en mi vida.

*A la Universidad de El Salvador, por formarme en el ámbito profesional y como ciudadano al servicio de nuestro país, tanto como profesor como licenciado; especialmente a nuestro asesor **Maestro Ricardo Figueroa** y al **equipo docente del Departamento de Biología**.*

*A mis Padres, **Alfredo Cuéllar** y **Ana María Julia de Cuéllar**, por guiarme en el camino correcto, por creer en mí y apoyarme a lo largo de mis carreras de profesorado y licenciatura, y por ser el motor de mi motivación.*

*A mi **Hermana Yami, Sobrino Carlos, y demás Familia** que de una u otra manera me apoyaron en mi formación.*

*A **Karla Cardona**, por su valiosa amistad, amor, motivación y apoyo incondicional en todo momento de la carrera y en la tesis.*

*A mi **Compañero de Tesis y Amigo Nelson Siguenza**, por ser una persona muy inteligente, aportar de su conocimiento y valioso trabajo durante el desarrollo de nuestra tesis.*

*A mis **Compañeros de la Carrera**, con los que compartí diferentes materias, viajes de campos, y que de alguna manera fueron parte en mi vida estudiantil. Especial mención para los compañeros que nos apoyaron en alguna visita de la fase de campo de la tesis.*

*A **FIAES**, en especial al **Maestro Alexander Zaldaña** por abrirnos las puertas y darnos la oportunidad en esta organización, y a los **Técnicos de las ejecutoras ACUA, Asociación El Bálsamo y Fundación Tacuzcalco**; por su apoyo tanto en equipo, materiales y acompañamiento a las diferentes comunidades.*

*A la **Fundación UNBOUND**, por brindarme su apoyo incondicional a lo largo de mi vida estudiantil bachillerato, y en las carreras de profesorado y licenciatura.*

*A los **Productores de las Parcelas Visitadas**, por atendernos de gran manera.*

Omar Cuéllar

AGRADECIMIENTOS

A Dios, por ser mi principal motivación en todo lo que me he propuesto y porque siempre me ha dado fuerzas para continuar hasta el final de mi carrera demostrando cada día que su amor es inmenso y perfecto.

A la Universidad de El Salvador, por haberme formado con los conocimientos necesarios para poder llegar hasta esta etapa de mi formación, en especial a los docentes del departamento de biología de la FMOcc que me han acompañado en mi carrera tanto de profesorado y licenciatura.

A la UESE FMOcc, por haberme apoyado y por acompañarme en gran parte de mi carrera de profesorado y licenciatura.

A mis padres, Luis Sigüenza y María Guadalupe de Sigüenza, por haber puesto su confianza en mí y por haberme apoyado de manera incondicional en todas las decisiones que tomé durante mi formación.

A mi hermano Jaime Sigüenza y abuela María Luisa Sigüenza, quienes ya partieron de este mundo, dejaron un enorme vacío con su partida y se fueron en momentos muy importantes de mi formación académica, pero gracias a ello aprendí a ser fuerte, a seguir adelante y lograr todas las metas que me propuse y sé que desde el cielo observan mis pasos y me guían siempre.

A mis Compañeros de la Carrera, por su apoyo en la fase de campo, y con su ayuda facilitaron en gran parte el desarrollo de la tesis; y a mi compañero y amigo Omar Cuéllar, que me ha acompañado en la carrera de profesorado y licenciatura, con quien hemos formado un equipo y hemos podido afrontar todas las dificultades que se nos han presentado durante nuestra formación.

A FIAES, por darnos la oportunidad en esta institución, y a los Técnicos de las ejecutoras ACUA, Asociación El Bálsamo y Fundación Tacuzcalco; por su apoyo tanto en equipo, materiales y acompañamiento a las diferentes comunidades.

Nelson Sigüenza

INDICE

| | |
|---|-----|
| RESUMEN | xii |
| INTRODUCCIÓN | xiv |
| CAPÍTULO I: REVISIÓN DE LITERATURA..... | 15 |
| 1.1 Técnicas de conservación y mejoramiento de suelos | 15 |
| 1.2 Compensación Ambiental | 17 |
| 1.2.1 ¿Qué es la compensación ambiental? | 17 |
| 1.2.2 ¿Por qué es importante la compensación ambiental?..... | 17 |
| 1.2.3 Compensación ambiental en El Salvador..... | 18 |
| 1.3 Fondo de Inversión Ambiental de El Salvador (FIAES)..... | 18 |
| 1.4 Área de Conservación Los Cóbano (ACLC) | 19 |
| 1.4.1 Características biofísicas del ACLC | 20 |
| 1.4.2 Características de la biodiversidad..... | 20 |
| 1.5 Calculadora de Beneficios Hídricos (WBC, Water Benefits Calculator) | 21 |
| 1.5.1 Fundamento de la herramienta WBC | 22 |
| 1.5.2 Trabajos previos con la Calculadora de Beneficios Hídricos..... | 23 |
| 1.6 Beneficios biológicos..... | 23 |
| 1.6.1 Artrópodos..... | 24 |
| 1.6.2 Fauna Edáfica | 25 |
| 1.6.3 Sistema de clasificación de la fauna edáfica..... | 25 |
| 1.6.4 Diagnóstico de los artrópodos edáficos..... | 28 |
| 1.7 Técnicas de colectas de microartrópodos | 30 |
| 1.7.1 Selectivas y dinámicas | 30 |
| 1.8 Estudios previos sobre microartrópodos | 32 |

| | |
|--|----|
| CAPÍTULO II: METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN | 33 |
| 2.1 Método de la investigación | 33 |
| 2.2 Descripción del área de estudio | 33 |
| 2.2.1 Climatología | 34 |
| 2.2.2 Características físicas | 35 |
| 2.3 Universo, población, y muestra | 37 |
| 2.4 Recolección de datos | 37 |
| 2.4.1 Etapa 1: Selección del sitio | 39 |
| 2.4.2 Etapa 2: Datos para “Calculadora de Beneficios Hídricos” | 40 |
| 2.4.3 Etapa 3: Toma de muestras de microartrópodos edáficos | 45 |
| 2.4.4 Etapa 4: Extracción de microartrópodos edáficos | 45 |
| 2.4.5 Etapa 5: Clasificación de microartrópodos | 46 |
| 2.5 Procesamiento y tabulación de datos..... | 46 |
| 2.6 Análisis de datos | 48 |
| CAPÍTULO III: ANÁLISIS DE RESULTADOS | 51 |
| 3.1 Resultados Calculadora de Beneficios Hídricos..... | 51 |
| 3.2 Resultados de Microartrópodos edáficos | 59 |
| 3.2.1 Cuento de microartrópodos edáficos | 59 |
| 3.2.2 Comparativa entre parcelas intervenidas y no intervenidas | 63 |
| 3.2.3 Población de microartrópodos edáficos..... | 64 |
| 3.2.4 Frecuencia relativa, densidad e índice de Lexis correspondiente cada grupo de microartrópodos. | 69 |
| 3.3 Grupos de microartrópodos reportados | 73 |
| 3.4 Microfauna edáfica encontrada de mayor importancia para la restauración de ecosistemas..... | 81 |
| CONCLUSIONES..... | 82 |

| | |
|---------------------------------|----|
| RECOMENDACIONES | 83 |
| REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS..... | 84 |
| ANEXOS | 90 |

.

..

ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|---|----|
| Tabla 1. Descripción de áreas críticas del ACLC | 36 |
| Tabla 2 Simbología a utilizar para la identificación de parcelas. | 38 |
| Tabla 3 Ubicación geográfica de los sitios de muestreo..... | 40 |
| Tabla 4 Datos recolectados de las parcelas intervenidas que se ingresaron a la calculadora de beneficios hídricos..... | 47 |
| Tabla 5 Resultados conglomerados de la WBC de parcelas pre y post intervenidas.. | 52 |
| Tabla 6 Número total de individuos por conteo directo en cada grupo de microar- trópodos observados en las 8 parcelas intervenidas..... | 59 |
| Tabla 7 Número total de individuos obtenidos por conteo directo para cada grupo de microartrópodos observados en las 8 parcelas no intervenidas..... | 61 |
| Tabla 8 Cantidad de individuos contabilizados por grupos de microartrópodos en parcelas intervenidas y no intervenidas..... | 63 |
| Tabla 9 Valores de población en parcelas intervenidas para el total de microartró- podos y para cada grupo, expresados en individuo/m ² /parcela..... | 64 |
| Tabla 10 Valores de población en parcelas no intervenidas para el total de micro- artrópodos y para cada grupo, expresados en individuo/m ² /parcela..... | 67 |
| Tabla 11 Frecuencia relativa, densidad e índice de Lexis en parcelas intervenidas... | 69 |
| Tabla 12 Frecuencia relativa, densidad e índice de Lexis en parcelas no interve- nidas..... | 71 |
| Tabla 13 Suborden mesostigmata | 73 |
| Tabla 14 Suborden oribatida, con fotografías y su función..... | 73 |
| Tabla 15 Suborden Astigmata, con fotografías y su función..... | 74 |

| | |
|--|----|
| Tabla 16 Suborden poduromorpha y entombryomorpha | 75 |
| Tabla 17 Orden symphypleona, con fotografía y su función..... | 76 |
| Tabla 18 Orden psocoptera, con fotografía y su función. | 76 |
| Tabla 19 Orden diplura, con fotografía y su función. | 77 |
| Tabla 20 Orden protura, con fotografía y su función. | 77 |
| Tabla 21 Orden pauropoda, con fotografía y su función..... | 77 |
| Tabla 22 Orden symphyla, con fotografía y su función..... | 78 |
| Tabla 23 Orden diplopoda, con fotografía y su función. | 78 |
| Tabla 24 Orden chilopoda, con fotografía y su función. | 78 |
| Tabla 25 Orden hymenoptera, con fotografía y su función. | 79 |
| Tabla 26 Orden isóptera, con fotografía y su función. | 79 |
| Tabla 27 Orden isópoda, con fotografía y su función. | 79 |
| Tabla 28 Orden coleóptera, con fotografía y su función. | 80 |
| Tabla 29 Orden zoráptera, con fotografía y su función..... | 80 |
| Tabla 30 Orden pseudoescorpión, con fotografía y su función..... | 80 |

INDICE DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura 1. Embudos utilizados para la extracción de la fauna edáfica..... | 31 |
| Figura 2. Mapa del área de estudio de las Cuencas | 34 |
| Figura 3. Ubicación de los sitios de muestreo | 39 |
| Figura 4. Triangulo de textura | 44 |
| Figura 5. Grafica comparativa de evapotranspiración | 53 |
| Figura 6. Grafica comparativa de escorrentía. | 55 |
| Figura 7. Grafica comparativa de Recarga hídrica. | 56 |
| Figura 8. Grafica comparativa de carga de sedimentos | 58 |
| Figura 9. Gráfica de numero de microartropodos en áreas intervenidas..... | 60 |
| Figura 10. Grafica de numero de microartropodos en areas no intervenidas..... | 62 |
| Figura 11. Población microartrópodos en parcelas intervenidas..... | 66 |
| Figura 12. Población de microartrópodos en las parcelas no intervenidas. | 68 |

RESUMEN

El mal manejo de suelo que se realizan en la parte alta-media del Área de Conservación Los Cóbano (ACLC) repercuten de manera significativa en la parte baja de ésta, por ejemplo, azolve de los canales de los manglares; de ahí la importancia de cuantificar los beneficios ambientales (edáficos, hídricos y biológicos) luego de la intervención.

De junio a noviembre del presente año se investigaron ocho parcelas (ecosistemas) pre y post intervenidas con acciones de restauración por tres ejecutoras: Asociación Comunitaria Unida por el Agua y la Agricultura (ACUA), Asociación El Bálsamo y Microrregión Los Izalcos, financiadas con los fondos de compensación ambiental administrada por el Fondo de Inversión Ambiental de El Salvador (FIAES) en los municipios de Caluco y Cuisnahuat

Se realizaron diez visitas (dos preliminares), en cada una se colectaron datos de cada parcela (textura de suelo, % de pendiente, usos de suelo, profundidad del suelo) que posteriormente fueron ingresadas en la Calculadora de Beneficios Hídricos (WBC, siglas en inglés) un software en versión Microsoft Excel que realiza una simulación entre un antes y un después de la intervención del ecosistema, con el fin de obtener resultados de beneficios edáficos e hídricos.

Las parcelas intervenidas mediante las diferentes acciones de restauración obtuvieron valores más altos comparado con su anterior estado (pre intervención): el ecosistema 1 de ACUA obtuvo mayor evapotranspiración (993.54 mm/año); el 2 siempre de ACUA logró reducir la escorrentía hasta 2.3 mm/año y aumentar la recarga hídrica (535.9 mm/año), la mejor evaluada en cuanto a la retención de sedimentos pertenece a Asociación El Bálsamo (PI-B1) con 0.054 Toneladas métricas/Hectárea/año.

Se analizaron los microartrópodos edáficos de ocho parcelas intervenidas y ocho no intervenidas con el fin de comparar valores entre estos ecosistemas, utilizando el método de embudos de Berlese para su extracción y se clasificaron hasta el nivel taxonómico de orden y algunos hasta suborden. Se obtuvo 1,509 individuos y 15

órdenes para las parcelas intervenidas; mientras que para las no intervenidas 643 individuos y 12 órdenes.

Dichos valores (edáficos, hídricos y biológicos) demuestran que las acciones de restauración que son ejecutadas en esta área con los fondos de la compensación ambiental administrada por FIAES, están aumentando los beneficios ambientales; su expansión dentro de la parte alta y media del ACLC contribuirá aún más en la disminución de los impactos ambientales en la parte baja de la misma.

INTRODUCCIÓN

En El Salvador, en 1993 surgió el Fondo de Inversión Ambiental de El Salvador (FIAES), como una manera de contrarrestar los daños provocados al medio ambiente, quienes desde el 2015 iniciaron con la intervención del Área de Conservación Los Cóbano (ACLC) con fondos de la compensación ambiental, sin embargo no han realizado alguna investigación para medir los alcances logrados en materia de recuperación ambiental y por tanto ajustar las intervenciones para la restauración ambiental si fuese necesario.

En el país es necesario realizar investigaciones que permitan identificar los beneficios ambientales de los procesos de restauración que son ejecutados por FIAES. Es por ello que con este trabajo se pretende levantar una base de datos, sobre microartrópodos edáficos e incursionar en el ámbito de los beneficios ambientales (específicamente agua y suelo), utilizando nueva tecnología, como lo es la Calculadora de Beneficios Hídricos (WBC, Water Benefits Calculator por sus siglas en inglés); y con estas acciones lograr el objetivo de la investigación el cual es determinar los beneficios ambientales en las áreas intervenidas con el fondo de compensación ambiental administrada por FIAES en el ACLC.

Para evaluar los aspectos edáficos e hídricos se analizaron ocho ecosistemas comparando un antes y después de las acciones de restauración; para los microartrópodos, se estudiaron estas parcelas con un mismo número de ellas que aún no han sido intervenidas. Con la información producida por medio de esta investigación se podrá evaluar, retomar o fortalecer aún más las acciones de restauración de cuencas.

CAPÍTULO I: REVISIÓN DE LITERATURA.

1.1 Técnicas de conservación y mejoramiento de suelos

Las malas prácticas del uso del suelo principalmente en la agricultura, han ocasionado que cada vez se vaya perdiendo su fertilidad, es por ello que se han desarrollado técnicas para el buen manejo del suelo que son amigables con el medio ambiente. Para ello, Raudes y Sagastume (2009, p. 69-70) detallan las siguientes técnicas:

✓ Barreras vivas

Son hileras densas de diversas especies vegetales tales como Leucaena, Gandul, Madero negro¹ u otras especies sembradas en curvas a nivel. La distancia entre curvas depende de la pendiente y del tipo de suelo. Se combina bien con otras técnicas (ej. acequias). Sirven para reducir la velocidad del agua, por cortar la ladera en pendientes más cortas y reducen la velocidad del viento (uso de rompevientos). Además, la barrera es un filtro para captar los sedimentos que van en el agua de escurrimiento. En muchos casos, el buen manejo de la barrera viva da como resultado la formación paulatina de terrazas.

✓ Barreras muertas

Son muros de piedra en curvas a nivel que evitan el arrastre del suelo. La distancia entre curvas está sujeta a la pendiente y el tipo de suelo. Se combinan bien con otras técnicas.

✓ Acequias a nivel

Son zanjas o canales de forma trapezoidal construidas a nivel en dirección transversal a la pendiente.

La finalidad de las acequias a nivel es, en primer lugar, la conservación de agua, sirviendo como acumulador y mejoramiento de la infiltración del agua en la zanja. En segundo lugar, las acequias contribuyen a la conservación del

¹ Nombre común en Honduras, del *Gliricidia sepium* (Madre cacao, en El Salvador)

suelo en combinación con barreras vivas, barreras muertas y otras prácticas, dividiendo la parcela en pendientes cortas. La distancia entre acequias está sujeta a la pendiente del terreno. En algunos casos las acequias se pueden hacer con apoyo de la tracción animal; en pendientes hasta un 15% se puede utilizar el arado vertedera con bueyes, en pendientes de 15-25% se recomienda el uso de un buey o un caballo.

✓ Acequias a desnivel

Son zanjas o canales de forma trapezoidal, construidas a desnivel en dirección transversal a la pendiente.

La finalidad de las acequias a desnivel es, en primer lugar, el drenaje del agua en exceso. En lugares con altas precipitaciones y en suelos de baja infiltración las acequias a nivel han causado problemas de sobre saturación del suelo. Por esto, un desnivel a un 1% permite el drenaje de la zanja. Las zanjas a desnivel requieren de desagües al lado del campo, para evitar la formación de cárcavas. En segundo lugar, estas acequias contribuyen a la conservación del suelo en combinación con barreras vivas y otras prácticas, dividiendo la parcela en pendientes cortas.

✓ Terrazas

Son una serie de plataformas continuas a nivel en forma escalonada con un terraplén cultivable y un talud conformado por el corte y el relleno. Las medidas (tamaño, talud) de las terrazas están sujetas a la pendiente y tipo de suelo. Son las obras más efectivas en controlar la erosión en laderas. Su uso es limitado por su alto costo, el cual se justifica solamente en zonas/fincas con escasez de tierra, suficiente disponibilidad de mano de obra en la época seca y para la producción de cultivos de alto valor (hortalizas, flores, frutales). En muchos casos se aprovechan las terrazas de banco hasta en la época seca a través del riego. Tienen la finalidad de controlar la erosión para un uso intensivo de la tierra en laderas.

1.2 Compensación Ambiental

1.2.1 ¿Qué es la compensación ambiental?

La Compensación Ambiental se define de la siguiente manera: Conjunto de Mecanismos que el Estado y la población puede adoptar conforme a la ley para reponer o compensar los impactos inevitables que cause su presencia en el medio ambiente. Las compensaciones pueden ser efectuadas en forma directa o a través de agentes especializados, en el sitio del impacto, en zonas aledañas o en zonas más propicias para su reposición o recuperación (Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales, MARN, 2012)

Existen diferentes formas de definir la compensación ambiental, sin embargo, para la Sociedad Peruana de Derecho Ambiental, SPDA (2014), considera que: “Es una herramienta de gestión ambiental, que comprende medidas y acciones generadoras de beneficios ambientales, proporcionales a los impactos ambientales significativos causados por el desarrollo de los proyectos de inversión” (p. 3).

La compensación ambiental debe operar siempre que no se puedan adoptar medidas de prevención, mitigación, recuperación y restauración eficaces conforme al principio de jerarquía de la mitigación que se desarrollará más adelante (SPDA, 2014).

1.2.2 ¿Por qué es importante la compensación ambiental?

La SPDA (2014), manifiesta que “En el marco de los proyectos de inversión se generan impactos ambientales significativos negativos cuya ocurrencia es inevitable y respecto de los cuales deben de adoptarse medidas claras de compensación de naturaleza por naturaleza” (p. 3).

Así, la compensación sirve para garantizar el mantenimiento de la biodiversidad y la funcionalidad de los ecosistemas y, de ser posible, obtener una ganancia neta de biodiversidad y valores ecosistémicos.

1.2.3 Compensación ambiental en El Salvador

En El Salvador, el tema de compensación ambiental se cumple gracias a instituciones encargadas de administrar los fondos destinados para proyectos medioambientales.

El creciente número de empresas apostando por el desarrollo es un sinónimo de crecimiento nacional, estas empresas tienen el reto de minimizar los daños y realizar actividades de restauración, son una oportunidad para generar progreso con equilibrio.

Los pagos por compensación ambiental son una fuente significativa de fondos, en tanto que son requisitos legales para obtener el permiso ambiental de nuevos proyectos privados y ampliación de los existentes.

El manejo de estos fondos constituye una gran oportunidad para que el Fondo de Inversión Ambiental de El Salvador (FIAES) se acerque al sector privado y pueda desarrollar otros proyectos y alianzas. Por ejemplo, si alguien tala un árbol, tiene que compensar 10, de esa forma se devuelve a la naturaleza los recursos perdidos para que pueda seguir prestando sus funciones y servicios ambientales. No es fácil ponerle valor económico a un beneficio de la naturaleza, porque no se trata su equivalencia en dinero, sino ambiental. Así mismo, son una herramienta que genera acciones que buscan producir un efecto positivo equivalente a un efecto negativo en el medio ambiente (FIAES, 2018).

1.3 Fondo de Inversión Ambiental de El Salvador (FIAES)

FIAES, es un fondo ambiental que cataliza recursos para iniciativas medioambientales, en alianza con organizaciones nacionales e internacionales, entidades de gobierno, cooperantes, sociedad civil y sector privado, para generar cambios transformativos que faciliten la adaptación de las comunidades al cambio climático, asegurando su bienestar y la conservación del patrimonio natural del país.

A través de una estrategia territorial, FIAES trabaja de manera coordinada y cooperativa con otros actores para maximizar beneficios, llenar vacíos y adaptarse de

manera dinámica a las realidades y necesidades propias de los territorios. Por medio de esta estrategia se busca fortalecer las capacidades y la resiliencia local para la restauración de los ecosistemas, agro-ecosistemas y paisajes (FIAES, 2018).

1.4 Área de Conservación Los Cóbano (ACLCL)

Según FIAES (2018, p. 23-24), esta área posee las características siguientes:

El ACLCL, se ubica al sur del país, pertenece a la Planicie Costera, y de particular relevancia por contener una formación coralina arrecifal muy representativa entre México y Costa Rica, así como bosques secos y vegetación de farallón. Incluye el Parque Marino Los Cóbano, humedales y morrales de la llanura aluvial de Sonsonate, El Zope, manglares de río Banderas, Las Bocanitas, Los Farallones, Plan de Amayo, El Balsamar e Ishuatan. Según el “Plan Especial de Protección del Medio Físico y Natural, y Catalogo de Espacios Naturales”, el AC posee una superficie total de 40,916 ha actualmente.

En el ACLCL existe predominancia de pastos, granos básicos con arbustos y árboles, que representan una cobertura del 38% del territorio; ocupando áreas protegidas terrestre y estuarinas una extensión de 2,435.95 ha y el parque marino Los Cóbano, según plan de manejo del ANP Los Cóbano, tiene una extensión de 20,763 hectáreas, que representa el 56.69% de la superficie del AC, aunque la mayor parte es de tipo marina.

El ACLCL representa una mezcla de ecosistemas que van desde elevaciones montañosas, planicies costeras, bosque salado, hasta el ecosistema más representativo del área, como es el arrecife rocoso coralino; esta mezcla de dinámicas y composiciones físicas y biológicas se puede caracterizar por su importancia, tomando en cuenta los siguientes aspectos: valor o importancia ecológica, debido a su alta riqueza de flora y fauna, presencia de especies en peligro de extinción, especies endémicas y otras.

Valor o importancia ecológica, social, ambiental, económica, científica, mediante aprovisionamiento de los bienes y servicios ambientales, como:

reguladores, productivos, portadores, recreativos e informativos. Importancia histórica y cultural; son una zona con marcadas raíces culturales, históricas, costumbres. Importancia económica y social, son aquellas áreas con alto potencial turístico y presencia de asentamiento vinculados a estos recursos. Importancia ecológica y económica, zona de buena captación y producción hídrica y bosque de galería, aun existentes.

1.4.1 Características biofísicas del ACLC

Según FIAES (2018), el Área de Conservación presenta las siguientes características biofísicas:

El Área de Conservación Los Cóbano posee una superficie de 23, 935 hectáreas, la cual se encuentra distribuida desde el sur del país, hasta la planicie costera, y la conforman los municipios de: Acajutla (18.94%), Sonsonate (70.77%), Caluco (68.28%), San Julián (49.17%), Cuisnahuat y Santa Isabel Ishuatan (68.79%), Tepecoyo (4.09%) de estos el único que se encuentra totalmente dentro del territorio del AC es Santa Isabel Ishuatan, el resto solo tienen parte del territorio de su municipio dentro del Área de Conservación (p. 24).

1.4.2 Características de la biodiversidad

De acuerdo con FIAES (2018), las características de la biodiversidad del ACLC son las siguientes:

El ACLC posee un área de 23,935 Ha. En las cuales se encuentra un Bosque Tropical Ombrofilo o Bosque Tropical Húmedo con una extensión de 1,890.50 Ha, el único en toda el área de influencia del ACLC. El Bosque Tropical Deciduo con una superficie de 209.60 Ha, que ocupa el 0.51% de cobertura del Área de Conservación de Los Cóbano, el bosque salado (manglares) con un área de 438.30 Ha con una cobertura territorial de 1.067% del ACLC, siendo estos bosques de mucha importancia para la vida silvestre física y biológica por ser zonas de apareamiento y la crianza de muchas especies marinas y para las aves migratorias (p. 24).

1.5 Calculadora de Beneficios Hídricos (WBC, Water Benefits Calculator)

La calculadora de beneficios ambientales (WBC, por sus siglas en inglés) es una herramienta en la web desarrollada por Catholic Relief Services (CRS) con el apoyo del Banco Interamericano de Desarrollo (BID).

La WBC se puede utilizar para simular el escurrimiento de agua y sedimentos lavados, para las granjas o fincas de café en América Central, y comparar los beneficios relativos de la implementación de una o más intervenciones de gestión en una granja con relación a una condición de referencia de intervención previa, condiciones previas y posteriores de gestión; estos pueden ser representados a través del uso de transectos que representan las diferentes configuraciones y patrones de cultivo y el paisaje de una zona de campo de interés. Los resultados reportados por la herramienta incluyen la escorrentía estacional y anual, la evapotranspiración, recarga, y la tasa de lavado de sedimento en la escala de granja o campo (CRS, Catholic Relief Services, 2017).

Como lo reafirma el proyecto Cosecha azul, Blue Harvest en inglés (2016):

Una herramienta desarrollada por CRS, en conjunto con LimnoTech, una empresa de ingeniería hidrológica. La Calculadora es una aplicación de web diseñada para calcular los beneficios ambientales del buen manejo agrícola en términos de la mejora en recarga hídrica potencial, reducción de escorrentía y control de erosión.

Esta principalmente diseñada para zonas cafetaleras de Centroamérica con capacidad de modelar 28 prácticas agrícolas incluyendo diseños de sistemas agroforestales, diferencias entre tipos de cobertura de suelo y granos básicos. Se basa en la configuración de líneas transversales a lo largo del pendiente de la finca que representan una combinación de: características topográficas e hidrológicas, usos de tierra, cobertura y características de suelo.

Es de considerar que la herramienta WBC genera modelos sin calibrar de simulación de la hidrología y la pérdida de sedimentos de fincas de café o áreas de interés. Los resultados de la herramienta actual son muy adecuados para la evaluación

de los cambios relativos entre las condiciones de pre y post-administración (como es el caso de esta investigación), y por tanto los beneficios relativos de los diversos enfoques de gestión; sin embargo, los valores absolutos deben considerarse inciertos y utilizarse con precaución. Por lo que los resultados que se presentan no son definitivos; pero si brindan un diagnóstico casi real y adecuado para evaluar las acciones realizadas por FIAES (CRS, 2017).

1.5.1 Fundamento de la herramienta WBC

La Calculadora de Beneficios Hídricos, tiene como base el modelo del Programa de Simulación Hidrológica de FORTRAN (HSPF, siglas en inglés de Hydrologic Simulation Program FORTRAN) fue desarrollado a inicios de los años 60. Requiere de series de datos de lluvia y otros datos meteorológicos para simular hidrogramas y polutogramas (registran el desarrollo de la concentración de contaminantes a lo largo del tiempo) en los cauces (Ramirez Solano, 2012).

El modelo FORTRAN (HSPF) es un programa de la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos (US EPA, por sus siglas en inglés) para la simulación de la cuenca hidrológica y calidad del agua.

Son muchas las aplicaciones del HSPF alrededor del mundo, desde las áreas más extensas 160000 km² en la bahía de Chesapeake, mayor estuario de los Estados Unidos hasta la aplicación más pequeña 2.60 Km², cerca de Watkinsville, Georgia (Bicknell et al., 1997 como se citó en (Ramirez Solano, 2012)) además de ser utilizada como base de la simulación de la Water Benefits Calculator.

El modelo HSPF usa información como el historial de tiempo de lluvia y evapotranspiración potencial; características de la superficie de la tierra, tales como patrones de uso de la tierra; y gestión de tierras prácticas para simular los procesos que ocurren en una cuenca hidrográfica. El resultado de esta simulación es un histórico del tiempo de la cantidad y calidad de la escorrentía simulada de las superficies de tierra permeables e impermeables.

El módulo "PERLND" de HSPF simula la cantidad de agua y los procesos de calidad que ocurren en áreas de tierra permeables. El módulo "PERLND" se

implementa en la herramienta WBC para hidrología y erosión de sedimentos / lavado (se excluyen nutrientes y pesticidas). La implementación WBC del módulo "PERLND" realiza un seguimiento cada hora del movimiento del agua a lo largo de tres rutas de salida de flujo: flujo superficial, flujo interno y flujo de agua subterránea. Se utilizan diversas zonas de almacenamiento para representar los procesos que ocurren en la superficie de la tierra y en los horizontes del suelo (CRS, 2017).

1.5.2 Trabajos previos con la Calculadora de Beneficios Hídricos

Existe poca literatura sobre la utilización de esta herramienta tecnológica, debido a que es muy nueva y poco conocida; diseñada para pocos países, sin embargo, se ha utilizado en zonas de Sur América, como es el caso de Bolivia, sin estar actualmente publicado los resultados de dicha investigación.

Para Sapunar (2017):

La Fundación Coca-Cola de Bolivia y Catholic Relief Services (CRS) en alianza con la Fundación AGRECOL Andes, presentaron el programa "Cosecha Azul", enfocado en la protección de zonas de recarga hídrica (fuentes de agua) de Cochabamba, a través de acciones para la restauración en cuencas y la gestión integral de recursos hídricos.

Para la medición de la cantidad de agua recuperada/protegida (replenish) se utilizará la herramienta Calculadora de Beneficios ambientales (CBH), la misma que se basa en mediciones de campo a nivel de parcelas (mediciones microtopográficas) y en modelos hidrológicos. La medición es en Millones de Litros (ML) de agua. Esta herramienta fue creada por CRS en alianza con Limnotech, con el apoyo del Banco Interamericano de Desarrollo (BID); usada inicialmente en Centroamérica, y será adaptada para su uso en la implementación de Cosecha Azul en Vinto.

1.6 Beneficios biológicos

Son muchos los beneficios biológicos en cualquier ecosistema, sin embargo, para efectos de la investigación se tomó a bien el análisis de estos beneficios, estudiando los microartrópodos edáficos, un componente fundamental en la

fertilización y formación del suelo, utilizados en varios estudios a nivel internacional como indicadores biológicos.

1.6.1 Artrópodos

Este filo es de los más numerosos y diversos que habitan nuestro planeta, su clasificación es compleja por la gran cantidad de especies que existen. Este filo posee características distintivas.

Como nos indica Ribera, Torralba y Melic (2015, p. 1):

Los artrópodos (del griego ἄρθρον, arthron, articulación, y podos, pie) son el filo más diverso de los metazoos (animales pluricelulares), con más de un millón de especies descritas. Incluyen, entre otros grupos, a las arañas, insectos, crustáceos y miriápodos. Son animales segmentados, y se caracterizan por poseer un esqueleto externo articulado compuesto de quitina, con apéndices con musculatura propia en posición ventrolateral, pareados en cada uno de los segmentos. Al ser rígido este exoesqueleto no permite el crecimiento, que se realiza mediante mudas –es decir, se desecha el exoesqueleto que se ha quedado pequeño, y se forma otro adecuado al mayor tamaño del individuo en crecimiento.

Se desconoce el número exacto de especies de artrópodos descritas y válidas, pero se estima que sobrepasa los 1,3 millones; por lo que vuelve complejas las investigaciones para la identificación hasta nivel de especies, a esto se le suma la poca bibliografía; un grupo importante (luego de la Insecta) es la Arachnida, dominada por los Acari (que son garrapatas y ácaros) (Zhang, 2013).

Esta cifra representa un 80% de todas las especies descritas de metazoos, lo que da una idea de su enorme diversidad. Si el número de especies descritas es desconocido, la incertidumbre en el número de especies real, incluyendo las que están todavía por describir, es un orden de magnitud mayor y no hay avisos de que se pueda llegar a una cifra consensuada, yendo las estimaciones de los dos a los ochenta millones de especies, por lo que realizar una investigación a nivel de género o especie

es poco factible, ya que los microartropodos es un gran grupo que es poco estudiado (Caley & Mengersen, 2014).

1.6.2 Fauna Edáfica

La fauna edáfica juega un papel muy importante en el desarrollo y mantenimiento de la fertilidad del suelo y en la descomposición de la materia orgánica; de ahí la importancia de realizar investigaciones en este campo. (Seastedt 1984; Pawluk 1985; Dindal 1990; Hopkin 2002; Heemsbergen et al. 2004 como se citó en Palacios Vargas & Mejía Recamier,2007)).

Dentro de la microfauna y mesofauna edáfica están los microartrópodos, un grupo de artrópodos edáficos que miden de los 0.1 a los 2 mm de longitud y es este grupo que se investigó (Kladivko, 2001).

Según Palacios Vargas et al. (2007) “Los más dominantes son ácaros y colémbolos, sin embargo, también existen: proturos, dipluros, sínfilos y paurópodos, así como formas similares y especies de talla pequeña de milpiés, ciempiés, pseudoescorpiones, isópodos, coleópteros y larvas de insectos” (p. 1).

Todos ellos tienen un papel muy importante en la descomposición y fragmentación de la materia orgánica, produciendo grandes cantidades de materia fecal que favorece la integración de la materia orgánica, el reciclaje de nutrientes y la fertilidad del suelo. (Battigelli & McIntyre 1999; Edwards 1967; Lavelle et al. 1981; Ponge 1999 como se citó en Palacios Vargas et al., 2007).

1.6.3 Sistema de clasificación de la fauna edáfica

La fauna edáfica como se menciona es muy diversa y puede ser clasificada con diferentes criterios, algunos de ellos de acuerdo a: a) permanencia en el suelo, b) adaptación y preferencia al suelo, c) tamaño del cuerpo y d) régimen alimenticio.

Otros aspectos que se toman en cuenta son los morfológicos (forma y pigmentación), la movilidad en las diferentes capas del suelo, la sensibilidad química y mecánica, la fotofobia (sensibilidad a la luz) y la resistencia a la humedad y a la desecación (Christiansen, 1964).

De acuerdo a Palacios Vargas, Mejía Recamier, y de Oyarzabal (2014, p. 17-20) la fauna edáfica, se clasifica según:

a) Permanencia en el suelo. Los animales edáficos clasificados como geobiontes o fauna permanente son aquellos que pasan todo su ciclo biológico dentro del suelo, como ocurre con la mayoría de la microfauna. Dependiendo del hábitat preferente, los geobiontes presentan ciertas adaptaciones morfológicas, como son: estructuras para cavar, forma y tamaño de su cuerpo (edaformismos), presencia de las estructuras sensoriales, reducción de los ojos, ausencia o disminución del pigmento corporal (y en su caso ocular), y el tipo de sistema de locomoción. Otro grupo son los periódicos o eventuales, donde únicamente el adulto sale del suelo para reproducirse, por ejemplo, los ácaros prostigmados de la familia Tetranychidae. Los geófilos o temporales son los que pasan sólo una parte de su vida en el suelo, como los insectos que tienen una pupa (holometábolos) y aquellos que buscan refugio en el suelo para hibernar o depositar sus huevos.

b) Adaptación y preferencia al suelo. La abundancia y la diversidad de la fauna edáfica disminuyen notoriamente cuando aumenta la profundidad. Como regla general, las especies de artrópodos más grandes son activas en la superficie del suelo, buscando refugio temporal bajo la vegetación, en los residuos de las plantas, en troncos o rocas. La mayoría de las especies son capaces de habitar dentro del suelo superficial (0 a 20 cm de profundidad) mientras que otras alcanzan partes más profundas (hasta los 80 cm ó más de profundidad); por lo general, dicha fauna es muy pequeña y tiene características adaptativas para estos ambientes (Villani et al. 1999).

De acuerdo con lo anterior se les agrupa de la siguiente manera. Epiedáficos: animales que viven en la superficie del suelo y hojarasca, especies muy ágiles, con muchas sedas, con antenas, patas y fúrcula muy largas, como las familias Entomobryidae y Sminthuridae. Los hemiedáficos habitan el suelo orgánico, son especies que presentan una reducción en el tamaño de las antenas, sedas y fúrcula, como en los Hypogastruridae. Los euedáficos se

encuentran en el suelo mineral, son los habitantes permanentes de los intersticios del suelo y muestran una disminución o carencia total de pigmento, ojos, patas, antenas, sedas y fúrcula; por ejemplo, los Tullbergiidae.

c) Tamaño del cuerpo. Se han propuesto varias clasificaciones respecto al tamaño de la fauna edáfica; esta agrupación se hace tomando en cuenta el tamaño de los intersticios del suelo y la preferencia por el microhábitat (Swift et al. 1979). La microfauna está constituida por organismos menores de 0.2 mm; en este grupo podemos encontrar a ciertos grupos de ácaros y tardígrados. La siguiente categoría es la mesofauna, en la que se hallan los ejemplares de tamaño mayor a los 0.2 y hasta los 2 mm; aquí se incluyen los colémbolos, dipluros, proturos, pseudoescorpiones, arácnidos y otros grupos de ácaros, así como algunas especies pequeñas de coleópteros, diplópodos, quilópodos e isópodos. La macrofauna es la que mide de 2 a 20 mm, como las hormigas, termitas, arácnidos, coleópteros, quilópodos, isópodos, lombrices, opiliones, larvas de dípteros y lepidópteros. La megafauna es aquella que mide más de 2 cm, como algunos escarabajos, milpiés, ciempiés y muchos grillos.

d) Régimen alimenticio. De acuerdo con las preferencias alimenticias, la fauna edáfica se clasifica en seis tipos:

1. Macrofitófagos: son los animales que consumen restos de plantas superiores, o bien tejidos de plantas superiores en descomposición (hojas, floema y raíces.)

2. Microfitófagos: son los ejemplares que se nutren de la “microflora” viva (hongos, bacterias y algas).

3. Micófagos: son los organismos que se alimentan de hongos.

4. Depredadores o zoófagos: consumen animales vivos, que son atrapados por ellos mismos.

5. Necrófagos: los que consumen carroña.

6. Coprófagos: se nutren de la materia fecal de diversos animales.

1.6.4 Diagnósis de los artrópodos edáficos

En este caso como la investigación abarcó sobretodo dos grupos fundamentales y que según literatura son los más abundantes, solamente se explicaran la Clase Acarida y Clase Collembola, y sus respectivos órdenes.

✓ ACARIDA

Clase Acarida (Chelicerata). Ácaros, garrapatas, pinolillos. Representa el grupo de quelicerados más abundante, tanto en riqueza específica, como en su abundancia poblacional en los diversos ambientes, donde el número de especies son muchas, volviendo las investigaciones en este campo muy complejas. Son de tamaño pequeño, de 80 μm a 2 mm, aunque algunos como las garrapatas pueden medir más de 2 cm. (Evans, 1992).

Son cinco los órdenes que se encuentran frecuentemente en el suelo: Mesostigmata (=Gamasida), Prostigmata, Astigmata, Cryptostigmata (= Oribatida) y Notostigmata. 200 μm - 2 mm. 54 620 spp. en el mundo, 3 000 en México; es mencionado México ya que es el país con mayor número de investigaciones en esta área (Palacios Vargas et al., 2014).

Palacios Vargas et al. (2014, p. 39-40) brinda una descripción de algunos ordenes:

Orden Mesostigmata (Chelicerata: Acarida). Corucos, gamásidos. Los ácaros mesostigmados pertenecen al Superorden Parasitiformes. La mayoría son de vida libre y depredadores. Son fáciles de reconocer por un par de estigmas entre las coxas III y IV en posición lateral ventral o lateral dorsal. Se les puede encontrar asociados con el suelo, la hojarasca, la composta y los nidos. Son ectoparásitos de murciélagos, abejas y depredadores de otros ácaros; en el suelo consumen humus. 200-2 000 μm . 11 424 spp. en el mundo y 431 en México.

Orden Prostigmata (Chelicerata: Acarida). Ácaros, arañitas rojas. Los Prostigmata forman un grupo diverso y heterogéneo de ácaros terrestres o acuáticos, siendo fitófagos, saprófagos, parásitos o depredadores. Con un par

de estigmas en posición anterior, que se abren en la base de los quelíceros o al lado de los pedipalpos. Viven en suelos o alimentándose de plantas. Talla: 0.1 a 10 mm. 25 821 spp. en el mundo, 1 764 en México.

Orden Cryptostigmata (Chelicerata: Acarida). Ácaros escarabajos, “box mites”. Los Cryptostigmata u Oribatida son de vida libre, muy abundantes y diversos en el suelo. Se caracterizan por la presencia de un par de órganos pseudostigmáticos, cada uno de ellos formado por un sensilo y un botridio. Las placas anales están siempre presentes. Se hallan en suelos, hojarasca, cuevas y nidos. Miden de 200 a 1,300 μm . 10 000 spp. en el mundo, 435 en México.

Orden Astigmata (Chelicerata: Acarida). Ácaros del polvo. Los Astigmata son ácaros terrestres saprófagos, fungívoros, granívoros y algunos depredadores. Miden de 0.2 a 1.8 mm. Carecen de estigmas respiratorios, la respiración es cuticular. Algunos son parásitos de vertebrados, pero la mayoría vive entre la hojarasca o vegetación en alto grado de descomposición. Pueden causar alergias en los humanos. 200-1 800 μm . 16 412 spp. en el mundo, 262 en México.

✓ Collembola

Siempre Palacios Vargas et al. (2014, p. 47-48) nos proporciona la siguiente descripción de la clase Collembola y ordenes representativos:

Clase Collembola (Hexapoda: Entognatha). Colémbolos o colas de resorte, “springtails”. Cabeza con un par de antenas con cuatro artejos, a veces subarticulados o anillados; el cuarto porta las sensilas, y el tercero, un órgano sensorial típico de los colémbolos. La mayoría de los colémbolos se alimenta de hifas de hongos o de material vegetal en descomposición. La importancia de los colémbolos radica en ser uno de los grupos de artrópodos más abundantes en el suelo y la hojarasca (Christiansen 1992; Hopkin 1997, 2002). Hábitat: hojarasca, suelos, troncos y hongos. 250 μm -2 mm. 8200 spp. a nivel mundial, 700 en México.

Orden Arthropleona. El cuerpo es alargado. La mayoría de los segmentos están bien diferenciados. Protórax bien desarrollado o reducido, cuerpo sólo con sedas y escamas. Cabeza con o sin órgano postantenal; constituido por una o numerosas vesículas; cuerpo deprimido dorso-ventralmente y con los segmentos siempre separados; antenas con 4 artejos, tercero y cuarto fusionados dorsalmente con frecuencia.

Orden Symphypleona. Cuerpo globoso, dividido en dos partes: cabeza y una masa ancha formada por el tórax fusionado con los segmentos abdominales. Antenas más largas que la cabeza y a veces anilladas; ojos generalmente presentes, con patrones de coloración diversos y vistosos, o sin ellos cuando son edáficos o cavernícolas.

1.7 Técnicas de colectas de microartrópodos

El coleccionar de microartrópodos se debe de realizar de manera minuciosa, y para ello existen diferentes técnicas; algunas con un mayor grado de inversión y dificultad que otras; solo se mencionaran las principales, describiéndolas de manera general.

Como lo indica Palacios Vargas et al. (2007) “Es importante elegir las técnicas más adecuadas para cualquier trabajo científico que se vaya a realizar, sea taxonómico, ecológico, morfológico o biológico” (p. 23)

1.7.1 Selectivas y dinámicas

La extracción por métodos selectivos o dinámicos se basa en el propio movimiento de los artrópodos. Se utilizan los tactismos de los animales en respuesta a un estímulo, que puede ser termodinámico, luminoso o de gravedad y son los siguientes: fototropismo, en donde la luz es el principal estímulo; termotropismo, son aquellos movimientos debidos a la acción del calor; geotropismo, la tendencia del cuerpo de responder a los estímulos de la gravedad. Dentro de estos métodos podemos destacar el embudo Berlese-Tullgren y la colocación de trampas, como las de caída (pitfall), necrotrampas y Barbe. Al utilizar el embudo Berlese-Tullgren para esta investigación se desarrolló solamente este tipo de colector, detallando su funcionamiento y procedimiento en la metodología (Palacios Vargas et al., 2007).

❖ Embudo de Berlese-Tullgren

El profesor Antonio Berlese fue quien utilizó por primera vez el fototropismo negativo, diseñando embudos de lámina para la extracción de la fauna edáfica, pero dicha técnica ha sufrido varias modificaciones. En la investigación se utilizó un embudo Berlese modificado, donde se tomen en cuenta aspectos de diferentes modelos (ver figura 1) (Palacios Vargas et al., 2007).

Actualmente, una de estas modificaciones, la de Tullgren, es la que más se emplea. Se ha colocado una fuente de luz y calor en la parte superior del embudo (un foco), así se aprovechan otros de los tactismos de la fauna edáfica (como el geotactismo positivo y la afinidad por la humedad, entre otros), que al tratar de escapar de los cambios que se generan en la muestra, atraviesan la malla del embudo y resbalan por sus paredes hasta caer en un frasco recolector con alcohol al 70%.

A este embudo se le ha llamado de Berlese-Tullgren. Está compuesto por un embudo de metal, malla de alambre o tamiz, foco (fuente de calor), frasco colector con alcohol al 70% y una base metálica. Es uno de los métodos más eficientes para los estudios cualitativos y cuantitativos de muestra de suelo, hojarasca, musgo, líquenes, madera en descomposición y otros sustratos (Vannier 1970 como se citó en Palacios Vargas, 2007).

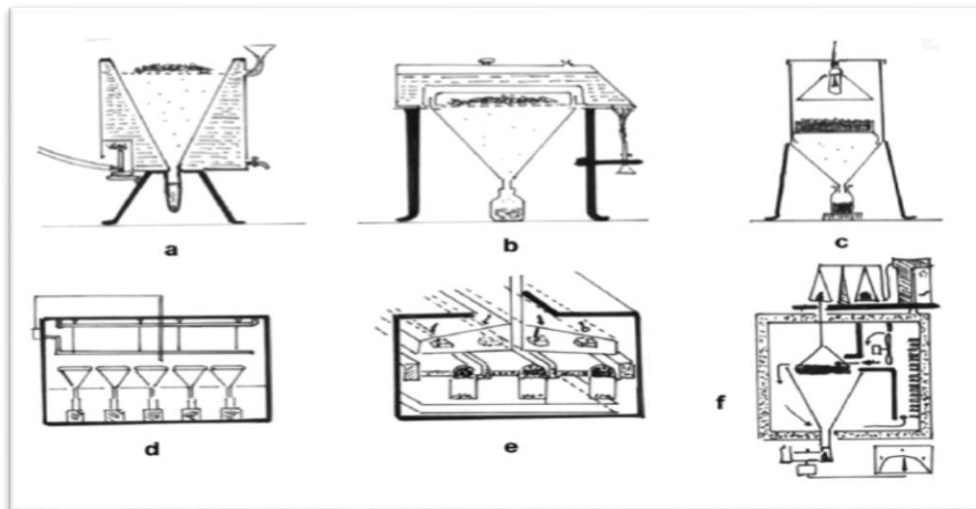


Figura 1. Embudos utilizados para la extracción de la fauna edáfica, mostrando los cambios que ha sufrido desde 1905 hasta 1964: a, embudo de Berlese; b, embudo de Krausse; c, embudo de Tullgren; d, embudo de Ford; e, embudo de Macfadyen; f, embudo de Vannier. Fuente: Palacios Vargas, et al. (2007).

1.8 Estudios previos sobre microartrópodos

Los estudios previos de este numeroso grupo de organismos son reducidos, la literatura se concentra en algunos artículos científicos, trabajos de grados y libros.

En el área centroamericana los impulsores para el estudio de microartrópodos fueron Adolfo Serafino y Julio Fraile Merino, quienes ya desde la década de los setenta realizaban estudios sobre estos organismos, uno de estos estudios fue “POBLACIONES DE MICROARTRÓPODOS EN DIFERENTES SUELOS DE COSTA RICA”.

México es el país con mayor riqueza de trabajos acerca de este tema, entre ellos destacan los siguientes: “TÉCNICAS DE COLECTA, MONTAJE Y PRESERVACIÓN DE MICROARTRÓPODOS EDÁFICOS” y “GUÍA ILUSTRADA PARA LOS ARTRÓPODOS EDÁFICOS” ambos tienen por autor al Doctor José Palacios Vargas, siendo un gran exponente en este ámbito.

En El Salvador, los trabajos en esta área se reducen drásticamente, la primera investigación a la que se obtuvo acceso fue realizada en la década de los ochentas “POBLACIÓN DE MICROARTRÓPODOS EDÁFICOS EN EL CERRO VERDE” por el Licenciado en Biología Rene Alberto Mazariego Ríos; donde concluye que las poblaciones varían conforme a la época del año y la altura; además que los grupos con mayor cantidad de individuos fueron los Ácaros y Collembolos.

El segundo estudio en el que se apoyó fue: “ESTUDIO PRELIMINAR DE ARTROPODOS EDAFICOS BAJO DIFERENTES CONDICIONES DE MANEJO DEL SUELO EN EL CANTON SHALTIPA DE LA CUENCA DEL LAGO DE ILOPANGO” de 1992, con metodología y resultados similares a la investigación de Mazariego Ríos.

CAPÍTULO II: METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

2.1 Método de la investigación

El enfoque de la investigación es cuantitativo, con un alcance descriptivo y un diseño no experimental de tipo transversal.

El diseño se clasifica como transversal (o transeccional) ya que los datos solo se tomaron en un único momento, y se hizo una comparación entre los ecosistemas intervenidos o no intervenidos, es no experimental porque no se manipularon variables; el alcance es descriptivo, porque se evaluó como se encuentra cada una de las variables de estudio, los beneficios ambientales y la diversidad de microartrópodos edáficos en ecosistemas intervenidos con el fondo de compensación ambiental.

Los diseños transeccionales descriptivos tienen como objetivo indagar la incidencia de las modalidades o niveles de una o más variables en una población. El procedimiento consiste en ubicar en una o diversas variables a un grupo de personas u otros seres vivos, objetos, situaciones, contextos, fenómenos, comunidades, etc., y proporcionar su descripción. (Hernández Sampieri, Fernández Collado, y Pilar Baptista, 2014)

Los diseños de investigación transeccional o transversal recolectan datos en un solo momento, en un tiempo único. Su propósito es describir variables y analizar su incidencia e interrelación en un momento dado. (Sampieri et al. 2014)

Los estudios descriptivos están dirigidos a determinar cómo es, cómo está la situación de las variables o estudios en una población; la presencia o ausencia de algo, la frecuencia con que ocurre un fenómeno, en quienes, dónde y cuándo se están presentando (Zacarías Ortez, 2013).

2.2 Descripción del área de estudio

La cuenca hidrográfica “Río banderas” es la más grande que atraviesa el departamento de Sonsonate, se extiende por nueve municipios: Nahuizalco, Sonzacate, San Julián, Armenia, Izalco, Caluco, Cuisnahuat, Nahuilingo, y Sonsonate; mientras que la del “Río Mandinga” posee menor área, abarcando los municipios de

Sonsonate, San Julián y Cuisnahuat; y la del “Río Apancoyo” se expande por los municipios de San Julián, Cuisnahuat, Sonsonate y Santa Isabel Ishuatán. Para los fines de esta investigación se prioriza en los municipios de Caluco y Cuisnahuat, lugares donde ejecuta proyectos FIAES (Figura 2).

Sus coordenadas geográficas según Google Earth Pro corresponden a las siguientes: “Caluco 13° 43' 28" LN y 89° 39' 42" LW, Cuisnahuat 13°37'27.80" LN y 89°38'04.50" LW”. Según Servicio Nacional de Estudios Territoriales, SNET (2005), “Cuisnahuat y Caluco, son dos municipios del Sur de Sonsonate, con un territorio de 124.46 km² lo cual representa solo el 0.59% del territorio nacional” (p. 15).

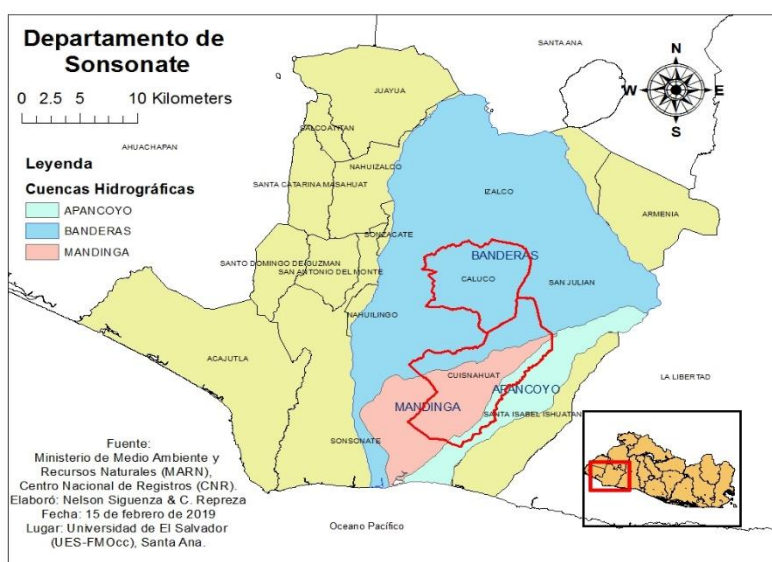


Figura 2. Mapa del área de estudio de las Cuencas “Río Banderas”, “Río Mandinga” y “Río Apancoyo”, de los municipios de Caluco y Cuisnahuat. Fuente: Elab. Propia

2.2.1 Climatología

Esta región microclimática se encuentra ubicada en la zona baja y media del departamento de Sonsonate, con terrenos alomados, suelos arcillosos y francos, cultivos anuales y perennes. La región donde se ubican los municipios de Cuisnahuat y Caluco se zonifica climáticamente según Koppen, Sapper y Laurer como Sabana Tropical Caliente o Tierra Caliente (0 – 800 msnm) la elevación es determinante (400 msnm). Considerando la regionalización climática de Holdridge, la zona de Interés se clasifica como “Bosque húmedo tropical (con biotemperatura >24°C). Sin embargo, las

zonas bajas se clasifican como Bosque húmedo subtropical (con biotemperatura <24°C, temperatura media anual >24°C) (SNET, 2005).

2.2.2 Características físicas

El promedio de la precipitación pluvial anual es de 2,396 mm/año, la temperatura promedio es de 23.1°C, la humedad relativa promedio es de 78.3%, el promedio anual del viento es de 1.13 (1 a 6 Km/hora), la velocidad del viento varía de 0.2 (> 1 Km/hora) durante el mes de septiembre a 2.2 (de 8 a 11 Km/hora) durante el mes de noviembre y el promedio anual de nubosidad es de 5.72 décimos de la bóveda celeste (MARN, 2016).

7.2.2.1 Topografía y relieve

Es accidentada en las partes altas de las cuencas y está constituido por áreas montañosas de relieve alto. Las pendientes en la parte alta son de 50 - 70%, cuentan con una red de drenaje formada por quebradas abruptas y alcanza altitudes de hasta 2,360 metros sobre el nivel del mar (msnm). Las partes medias de las cuencas están constituidas por cerros o pequeños domos con pendientes del 15 al 30%, y con altitudes no mayores a los 600 msnm (MARN, 2016).

2.2.2.2 Ecosistemas terrestres

Las principales formaciones vegetales y ecosistemas presentes en el área de influencia, según el mapa de ecosistemas elaborado por el MARN en el año 2010, son los sistemas agropecuarios, que ocupan un 87% del territorio (61,870 ha), seguido del “bosque tropical semi-decíduo latifoliado de tierras bajas” (bien drenado, secundario y/o intervenido), con el 7% (4,934 ha) de la región de influencia, específicamente al este de la cuenca Banderas y en la parte media-alta de la cuenca Apancoyo (MARN, 2016).

Los “flujos de lava con escasa vegetación” posee el tercer lugar en cuanto a la superficie de ecosistemas terrestres que ocupan el territorio, registrando 1,753 ha (2%). El resto de ecosistemas terrestres están constituidos por el “bosque tropical siempre-verde estacional latifoliado montano superior”, con 269 ha; “sabana de

árboles latifoliados semi-decíduos”, con 198 ha; “páramo altimontano”, con 133 ha; y el “bosque tropical deciduo latifoliado de tierras bajas”, con 102 ha (MARN, 2016).

2.2.2.3 Áreas críticas, impacto y localización

Dentro de la gran extensión del ACLC, existen ciertas zonas de cuidado, las cuales degradan de manera significativa, es decir posee un impacto en su mayoría negativa, de todas sobresalen dos, el cultivo de caña de azúcar, que genera un efecto nocivo al ambiente por su manejo tanto en el uso de pesticidas, como en la quema.

Por otro lado, tenemos las quemas propiamente dicho, las cuales son generadas por la mano del hombre, para irse apropiando de terrenos para más cultivos (expansión de la frontera agrícola); ambos son problemas que se localizan a lo largo de los municipios que conforman el área (Tabla 1).

Tabla 1
Descripción de áreas críticas del área de conservación Los Cóbanos.

| Áreas críticas | Impacto | Localización |
|---------------------------|---|---|
| Cultivo de caña de azúcar | Su gestión se está haciendo con un limitado enfoque ambientalmente sostenible, ya sea a nivel de usos de madurantes o de quema de la caña, que afectan recursos naturales como el agua, suelo y biodiversidad, así como a las comunidades que habitan en las proximidades de las plantaciones | Destacan los sembradíos de la franja costero marina del municipio de Sonsonate, próximos a Barra Dulce, Barra Ciega, Miraflores, Campamento San Luis, Hacienda El Salte, Campamento El Salvador, Hacienda de López, Hacienda Madre Vieja, entre otros. También se localizan importantes plantaciones al este del referido municipio, tales como en la Hacienda Santa Cruz, Rhodesia, La Nacera, entre otras. También cabe señalar las extensiones de caña de azúcar localizadas al norte de San Julián y al este de Izalco. |

Tabla 1. Continuación.

| Áreas críticas | Impacto | Localización |
|---|---|--|
| Quemas y expansión de frontera agrícola | De interés son las áreas de cultivos en que se practican quemas y colindan con áreas de vegetación seca, pues son propensas a sufrir incendios forestales. En general, la frontera agrícola, en donde existe sustitución de la vegetación natural, como procesos de erosión y dispersión de agroquímicos son procesos que ponen en riesgo la conservación y viabilidad de las áreas naturales y sus recursos. | Sobresalen las áreas agrícolas localizadas en el entorno de Barra Salada, Chimalapa, Maguey y Ayacachapa; así como los sembradíos de granos básicos, pastos naturales y cultivados extendidos en las partes altas y medias de las cuencas Mandinga y Apancoyo. |

Fuente: (Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales, MARN, 2016)

2.3 Universo, población, y muestra

Universo: parcelas intervenidas en el Área de Conservación Los Cóbano.

Población: 254 parcelas que están siendo intervenidas por las ejecutoras: Asociación Comunitaria Unida por el Agua y la Agricultura (ACUA), Microrregión Los Izalcos y Asociación El Bálsamo en los municipios de Caluco y Cuisnahuat.

Muestra: Para la WBC se toma el 3% de las parcelas intervenidas, es decir 7.62 que aproximado corresponde a 8; porcentaje recomendado por The Nature Conservancy, TNC en Granizo (2006).

Para microartrópodos se selecciona ese mismo 3% de las parcelas intervenidas, de igual manera un número equivalente de ecosistemas no intervenidos, por cada una de ellos se toman nueve submuestras de suelo a una profundidad de hasta 20 cm. por cada parcela seleccionada.

2.4 Recolección de datos

La recolección de datos se dividió en 5 etapas principales: Selección del sitio de muestreo, recolección de datos para la Calculadora de Beneficios Hídricos; toma de muestras, extracción y clasificación de microartrópodos edáficos.

Para facilitar la recolección de datos y su posterior procesamiento, cada parcela se identificó con letras y números como se muestra en la tabla 2.

Tabla 2
Simbología a utilizada para la identificación de las parcelas seleccionadas.

| Simbología | Descripción |
|---------------|---|
| PI-C1 | Parcela intervenida 1 en Caluco, de la ejecutora Microrregión Los Izalcos. |
| PNI-C1 | Parcela no intervenida 1 en Caluco, de la ejecutora Microrregión Los Izalcos. |
| PI-C2 | Parcela intervenida 2 en Caluco, de la ejecutora Microrregión Los Izalcos |
| PNI-C2 | Parcela no intervenida 2 en Caluco, de la ejecutora Microrregión Los Izalcos |
| PI-A1 | Parcela intervenida 1 de la ejecutora ACUA |
| PNI-A1 | Parcela no intervenida 1 de la ejecutora ACUA |
| PI-A2 | Parcela intervenida 2 de la ejecutora ACUA |
| PNI-A2 | Parcela no intervenida 2 de la ejecutora ACUA |
| PI-A3 | Parcela intervenida 3 de la ejecutora ACUA |
| PNI-A3 | Parcela no intervenida 3 de la ejecutora ACUA |
| PI-B1 | Parcela intervenida 1 de la ejecutora Asociación El Bálsamo. |
| PNI-B1 | Parcela no intervenida 1 de la ejecutora Asociación El Bálsamo. |
| PI-B2 | Parcela intervenida 2 de la ejecutora Asociación El Bálsamo. |
| PNI-B2 | Parcela no intervenida 2 de la ejecutora Asociación El Bálsamo. |
| PI-B3 | Parcela intervenida 3 de la ejecutora Asociación El Bálsamo. |
| PNI-B3 | Parcela no intervenida 3 de la ejecutora Asociación El Bálsamo. |

La ubicación de los sitios donde se recolectó la información y se tomó las muestras de estudio se presentan en la tabla 2. En La figura 3 se presenta el mapa de los ocho sitios muestreados pertenecientes al Área de Conservación Los Cóbanos (ACLC), dos pertenecen al municipio de Caluco y seis a Cuisnahuat.

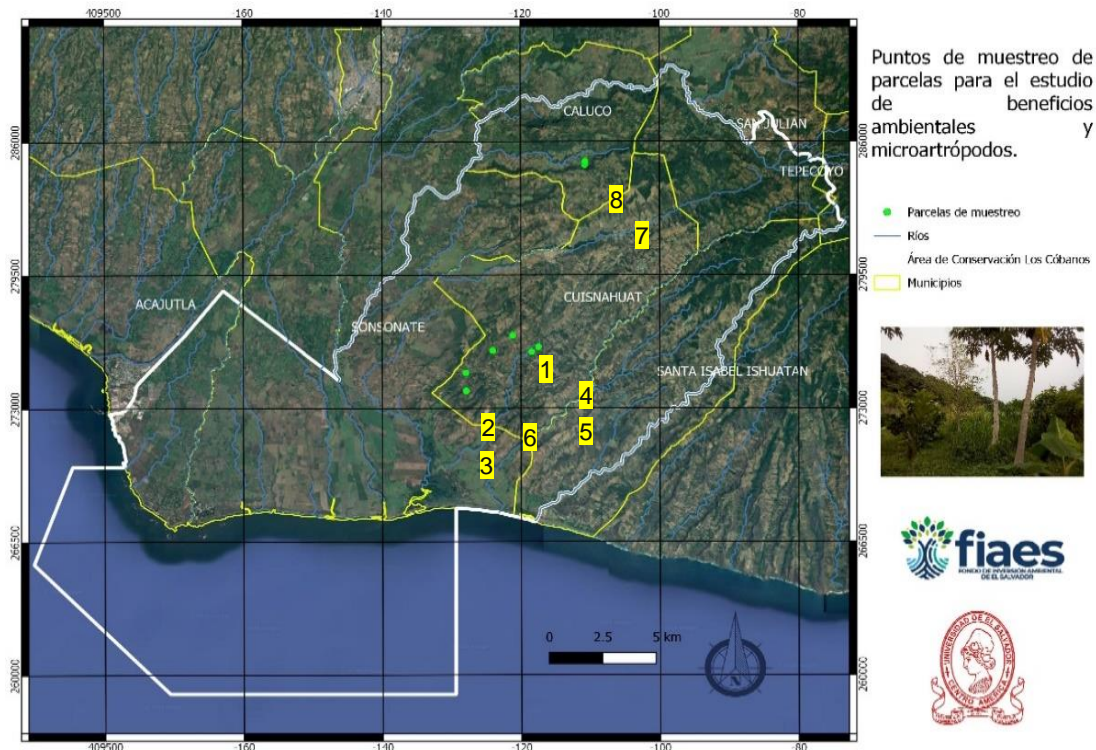


Figura 3. Ubicación de los ocho sitios de muestreo pertenecientes al ACLC. Fuente: Elaborado por Héctor Morales-FUNTA

2.4.1 Etapa 1: Selección del sitio

Se tomaron 8 ecosistemas donde se están efectuando acciones de restauración por parte de las ejecutoras ACUA, Microrregión Los Izalcos y Asociación El Bálsamo, estas parcelas cumplían los siguientes requisitos: por lo menos 1 año de haber iniciado la intervención ambiental, con evidentes obras de conservación de suelo y de fácil acceso (anexo 1).

Con un GPS marca Garmin x64 se tomaron las coordenadas de cada parcela seleccionada (Tabla 3).

Tabla 3

Ubicación geográfica de los sitios de muestreo del Área de Conservación Los Cóbanos.

| Número | Puntos de muestreo | Coordenadas geográficas | |
|--------|--------------------|-------------------------|-----------------|
| 1 | PI-A1 | 13°36'11.9" N | 089°38'54.7" O |
| 2 | PI-A2 | 13°35'30.5" N | 089°40'47.6" O |
| 3 | PI-A3 | 13°35'01.9" N | 089°40'47.1" O |
| 4 | PI-B1 | 13°36'030" N | 089°39'035" O |
| 5 | PI-B2 | 13°36'4.15" N | 089°39'5.41" O |
| 6 | PI-B3 | 13°36'006" N | 089°39'066" O |
| 7 | PI-C1 | 13°41'1.19" N | 089°37'42.9" O |
| 8 | PI-C2 | 13°41'6.19" N | 089°37'42.34" O |

2.4.2 Etapa 2: Datos para “Calculadora de Beneficios Hídricos”

Se usaron para comparar los resultados obtenidos de la implementación de las intervenciones ambientales (post intervención) en relación a su estado anterior sin intervención (pre intervención).

Para conocer el estado anterior a la intervención y su posterior esquematización, se hizo uso de mediciones realizadas durante el levantamiento de datos de Planes de Finca, llevado a cabo por las tres ejecutoras en los años 2018-2019, en este se detallan datos relevantes del pasado de cada ecosistema, además de una proyección; dicha esquematización se trazó en la ficha de campo (Anexo 2).

Los datos recolectados para ser procesados por la Calculadora de Beneficios Hídricos fueron los siguientes: datos específicos sobre cada parcela, datos sobre el suelo, datos meteorológicos, y transectos a utilizar.

2.4.2.1 Descripción de las parcelas

De estos 8 ecosistemas post-intervenidos estudiados, 7 parcelas son agroforestales o agro ecosistemas; es decir, la mayoría de las parcelas son utilizadas con fines agrícolas, especialmente para cultivos de maíz, frijol y maicillo, y donde se han sembrado una cantidad considerable de árboles frutales y forestales (Cítricos, musáceas, Leucaena, entre otros). También hay 1 parcela clasificada como sistema

silvopastoril, en el cual no hay siembra de granos básicos, sino pastos para alimentar ganado y árboles frutales-forestales.

Los ecosistemas en su anterior estado (pre intervención) se caracterizaban por ser en su mayoría monocultivos (Anexo 3, parcelas pre intervenidas); luego del proceso de restauración por parte de las 3 ejecutoras, poseen similares intervenciones, algunos en mayor grado que en otros, dependiendo los planes de finca realizados por las ejecutoras y que son específicos para cada parcela. Todas las parcelas poseen obras de conservación de suelo: como barreras vivas, barreras muertas, zanjas de filtración de agua, pozos de captación de agua, labranza mínima, arboles sembrados en medio de los cultivos y como barreras (Anexo 3, parcelas post intervenidas).

Además, para el aspecto biológico (microartrópodos edáficos) se seleccionaron 8 parcelas que no tenían intervención por parte de las ejecutoras y estas se encontraban adyacentes a las parcelas intervenidas para poder hacer una comparación de este beneficio; estas parcelas se caracterizan por: monocultivos de granos básicos en toda la extensión de la parcela, sin ninguna obra de conservación de suelo, sin árboles en medio de los cultivos.

2.4.2.2 Transectos y celdas

La calculadora solicita una esquematización de las diferentes obras de conservación de suelo o cobertura del suelo, tanto antes de la intervención como posterior a ella (Post intervención)

Con respecto a la post intervención se realizó de la manera siguiente: al llegar a cada parcela se evaluó la cantidad de transectos a dividirla, tomando en cuenta el uso de suelo y la anchura. Si era angosta se tomaba solo un transecto y si a lo ancho se observaba diversos usos de suelo se dividía en más transectos (ver Anexo 2, transectos del área de evaluación).

Los transectos estaban formados a su vez por un conjunto de celdas (llamadas también como células), se describía en la ficha de campo (Anexo 2) la cobertura vegetal o uso de suelo, se medía la anchura y longitud de cada una.

2.4.2.3 Capacitación de la WBC

Para hacer un buen uso de este software, se recibió capacitación previa acerca del uso de la herramienta “Calculadora de Beneficios Hídricos” (WBC) por parte del Gestor de Conocimiento Adam C. Keough de Catholic Relief Services (CRS) persona experta en esta herramienta y que participo en su creación, además brindo aportes importantes para su implementación en esta investigación (Anexo 4).

2.4.2.4 Datos específicos sobre cada parcela.

Los datos específicos que solicita la WBC sobre cada parcela son: La superficie medida en hectáreas, longitud y anchura total de parcela medida en metros, valor de la pendiente expresada en porcentaje (%), zanjas de infiltración y pozos de infiltración (profundidad expresada en metros para ambos) (anexo 5).

✓ Superficie de las parcelas

Este dato se tomó de los tres planes de finca proporcionados por cada ejecutora, este dato era comprobable dentro de la WBC, ya que existe una opción para calcularla.

✓ Anchura y Longitud.

Utilizando cintas métricas flexibles de 30 y 50 metros, se midió la anchura y la longitud total de la zona de evaluación, ambos expresadas en metros. En los casos en los que habían más de un transecto evaluado, se siguió con la recomendación del Documento de Orientación Técnica (CRS, 2017) donde el dato que se introducía en el software, era una sumatoria de anchura y la longitud del transecto más largo.

✓ Cálculo del porcentaje de pendiente con nivel tipo A

Se utilizó un nivel artesanal tipo A de metal, y se siguió la metodología del Instituto Nacional Tecnológico, INTEC (2016, p. 43-44), con este instrumento se midió en centímetros (cm) el espacio entre el extremo de la pata en suspensión y la superficie del suelo, esto se relizo en 5 puntos dentro de la parcela (Anexo 2, porcentaje de pendiente) y se utilizo la siguiente fórmula:

$$\text{Porcentaje de pendiente (\%)} = (\text{sumatoria de las medidas} / \text{número de mediciones}) / 2$$

- ✓ Profundidad de zanjas y pozos de infiltración

Para la profundidad de pozos y zanjas de infiltración, se hizo con una cinta métrica.

2.4.2.5 Datos sobre suelos.

En esta fase se colectaron los siguientes datos para la WBC: Textura del suelo, densidad aparente expresada en g/cm^3 , y profundidad del suelo

- ✓ Textura del suelo

Para determinar la textura del suelo se llevó a cabo en dos fases, en la primera se determinó las proporciones aproximadas de arena, limo y arcilla siguiendo metodología de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, FAO (s.f.) para ello se llevó muestras de suelo hasta el laboratorio de la Facultad Multidisciplinaria de Occidente, de la Universidad de El Salvador.

En botes de vidrio de 12 cm de longitud y 5 cm de diámetro se vertieron 5 cm de suelo, se llenó de agua y se agitó fuertemente posterior a una hora de reposo y utilizando una regla de 30 cm se midió la profundidad de cada capa, considerando que:

En el fondo hay una capa de arena;

En el centro hay una capa de limo;

En la parte superior hay una capa de arcilla.

Se calculó la proporción aproximada de cada uno, utilizando una regla de tres simple.

Con el porcentaje aproximado de cada uno, se procedió a analizarlas y clasificar según el triángulo de clases estructurales, del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos de América, USDA por sus siglas en inglés:

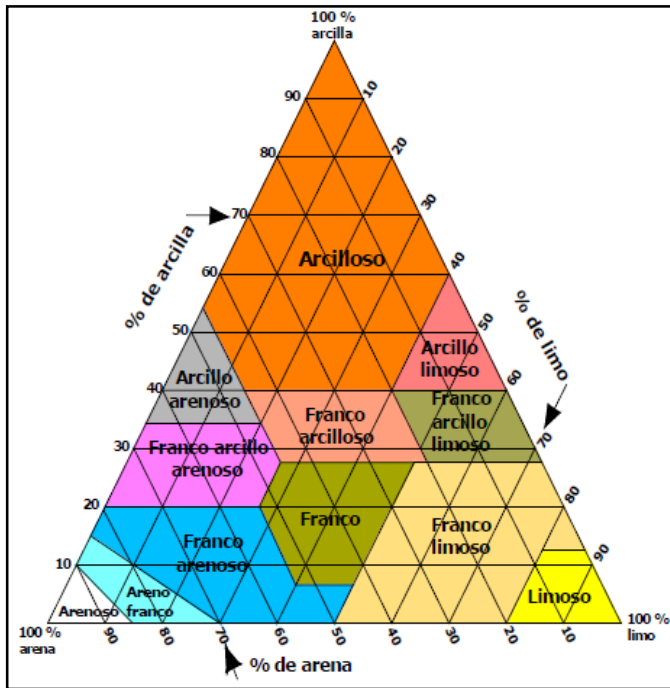


Figura 4. Triángulo de textura según el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos de América, USDA por sus siglas en inglés.

Fuente: (Pinto & et al., 2004)

Los resultados de la textura de suelo de cada una de las parcelas evaluadas fueron agrupados en la Tabla 4.

- ✓ Densidad aparente expresada en g/cm^3

Para calcular la densidad aparente se utilizó los valores sugeridos por WBC, que se muestran en la tabla de densidades dependiendo del tipo o textura de suelo (ver Anexo 6, tabla de densidades).

- ✓ Profundidad del suelo

Para medir la profundidad del perfil del suelo desde la superficie hasta el material de matriz, lecho de roca o la capa de obstáculos para las raíces, se cavó un agujero con una pala dúplex, cuya profundidad no fue menor de 25 cm y ni mayor de 150 cm, los resultados se encuentran agrupados en la Tabla 4.

2.4.2.6 Datos meteorológicos.

Los datos de la precipitación (mm/año), patrones de precipitación desagregado por hora (mm/h) y evapotranspiración potencial (ETP), son proporcionados automáticamente por la WBC (CRS, 2017).

2.4.3 Etapa 3: Toma de muestras de microartrópodos edáficos

Las muestras se colectaron en ocho ecosistemas intervenidos y ocho no intervenidos, por lo que los resultados no se analizaron como un antes y un después de la intervención de los ecosistemas, sino que se comparó el ecosistema intervenido con uno adyacente con las mismas características topográficas, pero que no había sido intervenida.

La toma de muestras de suelo en las parcelas se hizo con nucleadores metálicos modificados de 15 centímetros de largo y 5 cm de diámetro; y palas de jardinería, cada parcela se dividió en 9 cuadrantes de los cuales se obtuvo al azar una submuestra de cada uno, a una distancia de 10-20 metros entre cada punto (Cabrera D., Socarrás, Gutiérrez C., Tcherva, Martínez-M., & Lozada P. 2017) y profundidad de hasta 20 centímetros; estas submuestras se unificaron en 3 muestras (una para cada embudo del aparato de Berlese), en total fueron 144 submuestras. Se evitó zonas rocosas o áreas donde se encontraba troncos, grava o arena. Cada muestra se depositó en una bolsa plástica “zip ploc” con dimensiones 16.5 cm x 8.25 cm, y se rotularon con marcadores permanentes con los datos del sitio, y su respectivo código de identificación, se colocaron en hieleras y se trasladaron al laboratorio de Biología, de la Universidad de El Salvador FMOcc (Anexo 7).

2.4.4 Etapa 4: Extracción de microartrópodos edáficos

Se utilizó el método del embudo Berlese usado por Alfaro, Membreño, y Perez (1992), las muestras se depositaron en dos muebles metálicos (Anexo 8), que contenía un set de seis embudos metálicos de 15.5 cm de diámetro, sobre cada embudo se le colocó un cilindro metálico de igual diámetro y un bombillo incandescente de 25 watts

para corriente de 110 voltios. Entre el cilindro y el embudo se colocó una malla metálica de 2 mm de luz sobre los que se depositaron las muestras de suelo (Anexo 9).

Las muestras se dejaron reposar sin luz (aparato de Berlese apagado) por veinticuatro horas después de haber sido obtenidas con el propósito de evitar cualquier efecto negativo en los microartrópodos causado por la toma y traslado, luego durante cuarenta y ocho horas más se aplicó exposición a una fuente de luz incandescente de 25 Watts (W) para lograr así que los microartrópodos cayeran en los recipientes colectores de vidrio con alcohol al 70% y glicerina (Mazariego Rios, 1988).

2.4.5 Etapa 5: Clasificación de microartrópodos

El criterio de selección de los microartrópodos fue con base al tamaño, se tomó desde 0.2 mm hasta 2 mm. De cada bote recolector se tomaron muestras con goteros y se depositaron en cajas de Petri, Se hizo uso de estéreo microscopio marca AmScope con magnificación de 20x a 40x, y cámara de microscopía marca AmScope de 10 Mp. se tomó fotografías y se clasificó hasta nivel de orden y en algunos casos hasta sub orden (Anexo 10).

Se clasificó según las guías taxonómicas siguientes: Guía ilustrada para artrópodos edáficos de Palacios Vargas (2014), Fauna edáfica de Cabrera D. et al. (2017); y Manual de identificación de insectos, arañas y otros artrópodos terrestres (McGavin, 2000).

2.5 Procesamiento y tabulación de datos

Para el uso de la herramienta WBC y su procesamiento, se hizo una esquematización sobre el estado en la que se encontraban las parcelas (ecosistemas) antes de la intervención por parte de las ejecutoras, a través de una consulta a los planes de finca (Anexo 2, parcelas pre intervenidas). Además, se recolectaron datos del estado actual de las parcelas intervenidas para introducirlos a la WBC, se muestran en la tabla 4.

Tabla 4
Datos recolectados de las parcelas intervenidas, que se ingresaron a la calculadora de beneficios hídricos.

| Parcela | PI-A1 | PI-A2 | PI-A3 | PI-B1 | PI-B2 | PI-B3 | PI-C1 | PI-C2 |
|--|----------------|-----------|------------------|----------------|------------------|-----------|------------------|-----------------|
| Datos | | | | | | | | |
| Longitud (m) | 50 | 15 | 25 | 15 | 17 | 15 | 19 | 12 |
| Anchura (m) | 74 | 151 | 29.6 | 78 | 83 | 100.1 | 58.1 | 72 |
| Pendiente (%) | 30 | 20 | 30 | 24 | 19.8 | 22.2 | 20 | 5 |
| Textura de suelo | Arcilla limosa | Arcillosa | Franco Arcillosa | Arcilla limosa | Franco Arcillosa | Arcillosa | Franco Arcillosa | Arena arcillosa |
| Densidad del suelo (g/cm³) | 1.45 | 1.40 | 1.55 | 1.45 | 1.55 | 1.40 | 1.55 | 1.60 |
| Profundidad del suelo (cm) | 80 | 150 | 63 | 80 | 60 | 70 | 80 | 70 |
| Transectos pre intervenida | 4 | 2 | 3 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Transectos post intervenida | 5 | 3 | 3 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |

Los datos se procesaron en la Calculadora de Beneficios Hídricos versión de Microsoft Excel, se ingresaron los datos recolectados en la fase de campo, y automáticamente presenta resultados comparativos en tablas y gráficos, de la situación en la que se encontraba la parcela (ecosistema) antes de la intervención y después de la intervención.

Para los datos de microartrópodos se tabularon utilizando Microsoft Excel, estos se identificaron hasta nivel de orden y en algunos casos suborden; tanto para las ocho parcelas intervenidas como las ocho sin intervención.

Con los datos obtenidos de microartrópodos se calculó la Frecuencia Relativa, la Densidad Relativa y el Índice de varianza/media o Índice de Lexis según Mazariego

Rios (1988), tanto para ecosistemas intervenidos como no intervenidos, igualmente se proyecta mediante gráficas, para una mejor percepción de los resultados.

2.6 Análisis de datos

Para los datos de la WBC, se realizó un análisis descriptivo comparando un antes y un después de los ecosistemas que han sido intervenidos. La simulación con la calculadora proporciona resultado de ocho variables de salida, para efectos de esta investigación y acorde a los objetivos de esta, se analizaron las cuatro principales variables: Evapotranspiración potencial, escorrentía, recarga hídrica y carga de sedimentos; la variable de precipitación al ser proporcionada automáticamente y ser la misma para todas las parcelas, no se analiza.

Para los microartrópodos dicho análisis se realizó de igual manera un análisis descriptivo, con la diferencia que se realiza una comparación entre una parcela que aún no ha sido intervenida, con una en la cual ya se tiene intervención por parte de las tres ejecutoras.

Número aproximado de individuos por m²

Se usó la siguiente fórmula de Mazariego Rios (1988), modificada para esta investigación:

$$x = \frac{n}{0.465}$$

En donde:

X= número aproximado de individuos/ m²/ parcela

n= número de individuos contabilizados directamente en una parcela

0.465= valor de la suma de las áreas (en metros cuadrados).

Donde 0.465 se obtiene al sumar las áreas horizontales de los tres cilindros metálicos utilizados para cada parcela, teniendo en cuenta que cada uno mide 0.155 m.

Frecuencia Relativa

Se calculó la frecuencia relativa correspondiente a cada grupo de microartrópodos, para ellos se hizo uso de la fórmula siguiente:

$$F_r = \frac{n}{N} \times 100$$

En donde:

n= número de parcelas en las que se observó un determinado grupo

N= número total de parcelas analizadas (intervenidas/no intervenidas)

Densidad relativa

La densidad relativa de microartrópodos edáficos presentes se determinó por la siguiente fórmula.

$$D_r = \frac{d}{N} \times 100$$

Donde:

d= número de individuos pertenecientes a un determinado grupo

N= número total de individuos

Estos valores se calcularon con base a los datos obtenidos por cada parcela, haciendo un conteo directo.

Índice de varianza/media (Índice de Lexis)

Para determinar el tipo de distribución de cada grupo taxonómico de microartrópodos se usó índice de varianza/ media o índice de Lexis, este relaciona la varianza y la media para cada grupo observado, este índice se calculó para cada grupo

taxonómico observado, haciendo uso de los datos determinados con el conteo directo.
Su fórmula es la siguiente:

$$I_L = \frac{S^2}{\bar{X}}$$

Donde:

S^2 = Varianza

\bar{X} = Numero promedio de individuos por muestra para cada grupo determinado.

CAPÍTULO III: ANÁLISIS DE RESULTADOS

En los resultados de la WBC, se observa un aumento de los beneficios ambientales posterior a las acciones de intervención con los fondos de la compensación ambiental administrada por FIAES; tanto en el aspecto edáfico como hídrico.

En el aspecto biológico, con relación a los microartrópodos edáficos, se evidencia un aumento en la diversidad comparado con los ecosistemas adyacentes que aún no se han efectuado técnicas de restauración.

3.1 Resultados Calculadora de Beneficios Hídricos

Los resultados se presentan mediante una tabla con datos conglomerados de las ocho parcelas (Tabla 5), éstos fueron extraídos del software WBC, y en anexos se muestran detallados los resultados por ecosistemas, con su respectiva tabla, y gráficos (anexo 11).

Se presentan cuatro gráficas con los valores de cada variable de salida: evapotranspiración, escorrentía, recarga hídrica y carga de sedimento; en éstas se observa de una mejor manera los beneficios obtenidos entre un antes y un después de la intervención de FIAES.

Tabla 5.
Resultados conglomerados de la WBC de parcelas pre y post intervenidas.

| Parcelas | PI-A1 | | PI-A2 | | PI-A3 | | PI-B1 | | PI-B2 | | PI-B3 | | PI-C1 | | PI-C2 | | |
|------------------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| | Pre | Post | Pre | Post | Pre | Post | Pre | Post | Pre | Post | Pre | Post | Pre | Post | Pre | Post | |
| Variables de salida | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Precipitación (mm/año) | 1547.40 | 1547.40 | 1547.40 | 1547.40 | 1547.40 | 1547.40 | 1547.40 | 1547.40 | 1547.40 | 1547.40 | 1547.40 | 1547.40 | 1547.40 | 1547.40 | 1547.40 | 1547.40 | 1547.40 |
| Evapotranspiración (mm/año) | 871.93 | 993.54 | 909.30 | 933.67 | 649.16 | 875.64 | 897.76 | 987.09 | 929.34 | 936.35 | 870.00 | 975.45 | 874.98 | 962.26 | 883.12 | 979.29 | |
| Escorrentía (mm/año) | 215.24 | 10.71 | 271.81 | 2.30 | 721.69 | 85.67 | 161.67 | 19.62 | 282.48 | 77.10 | 241.38 | 41.73 | 240.02 | 20.78 | 186.06 | 23.71 | |
| Recarga hídrica (mm/año) | 314.69 | 414.68 | 282.01 | 535.90 | 111.61 | 334.77 | 337.87 | 466.32 | 243.55 | 510.27 | 310.11 | 513.35 | 307.59 | 497.68 | 330.16 | 364.25 | |
| Sedimentación (T/ha/año) | 11.250 | 1.316 | 12.434 | 0.128 | 11.231 | 2.210 | 13.229 | 0.033 | 7.295 | 0.054 | 13.922 | 0.738 | 13.821 | 0.954 | 12.596 | 2.868 | |

Nota: para las variables de salida, mm/año= milímetro por año; T/ha/año= Tonelada métrica por hectárea por año

Para las parcelas: PI=Parcela intervenida; A1, A2 y A3=Ejecutora ACUA; B1, B2 Y B3=Asociación El Bálsamo; C1 Y C2=Microrregión Los Izalcos.

En la tabla 5, se puede observar que existe un aumento de beneficios hídricos y edáficos para los ocho ecosistemas post intervenidos, presentando un aumento en los valores de evapotranspiración y recarga hídrica; y disminución en los valores de escorrentía y carga de sedimentos. Cada ecosistema posee características propias como inclinación, dimensiones de las áreas intervenidas, tipo de suelo, tamaño de árboles, tiempo de intervención, número de transectos; sin embargo, todas las acciones ejecutadas en ellas han favorecido en ese aumento de los beneficios.

La parcela PI-1A (Parcela 1 de ejecutora ACUA) presenta los mayores resultados de evapotranspiración potencial (Figura 5) con 993.54 mm/año, luego de las acciones de restauración realizadas por la ejecutora; al igual que los demás ecosistemas ha sido beneficiada con diferentes obras de conservación de suelo y capacitaciones; pero se distingue de las demás por tener un área de gran dimensión con cultivo de “papaya” (*Carica papaya* L.).

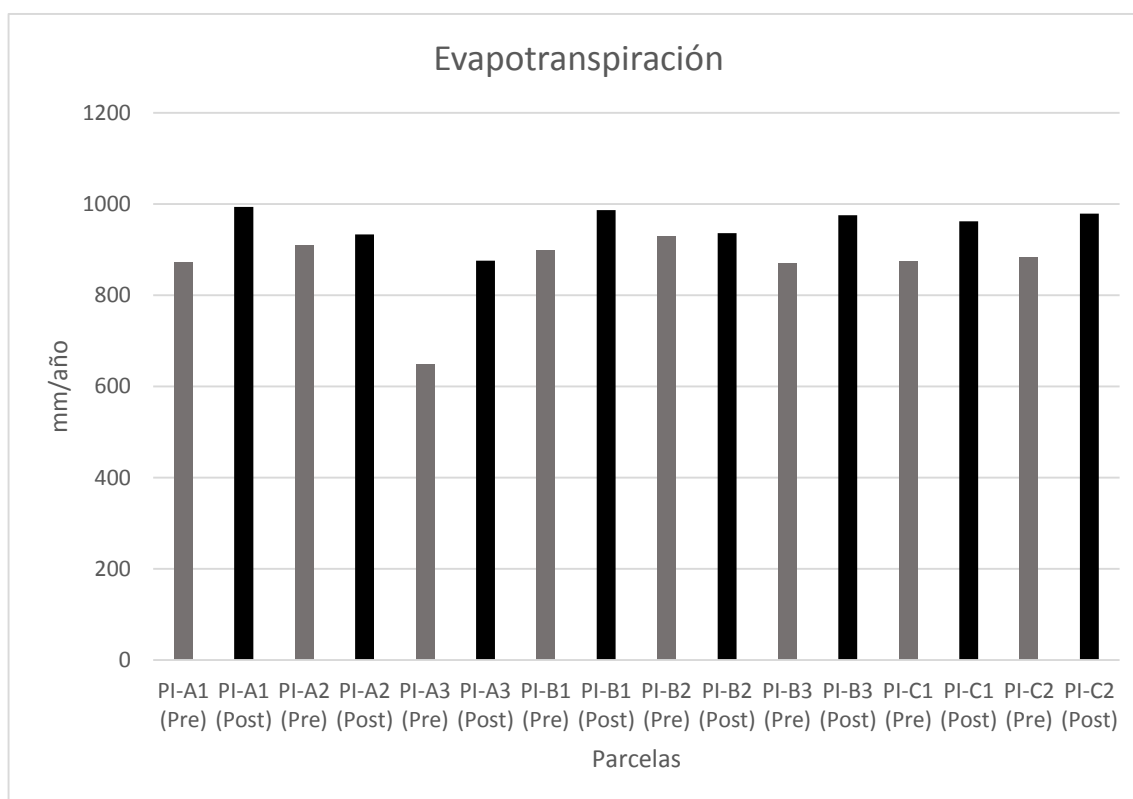


Figura 5. Grafica comparativa de las parcelas pre y post intervenidas con respecto a la variable, evapotranspiración.

Este aumento en esta variable de salida se considera que puede deberse a esa área dentro de la parcela, con árboles de tamaño entre 2.5-6 metros de altura (ver anexo 11, 3.1.1), en su mayoría “papaya”, lo que significa mayor evapotranspiración, como lo afirma Bogantes, Cabrera, Mora, Umaña, & Loría, (2011):

“...debido a que la evapotranspiración del cultivo depende en parte de su área foliar, la cual aumenta con la edad... tomando en cuenta que la transpiración por metro cuadrado de hoja en papaya puede llegar a los 3 litros por día en condiciones climáticas que promueven una alta evapotranspiración” (p.19).

Como se sabe este tipo de evapotranspiración solo refiere a condiciones teóricas y estándares de medición, para ser utilizada como referencia, por lo que dicha pérdida de agua es siempre mayor a la real (Dirección de Agricultura y Contingencias Climáticas, DACC, 2019).

Se puede decir que es una pérdida de agua positiva para el medio ambiente, ya que este proceso es fundamental en el ciclo hidrológico; como lo menciona, Ochoa (2019) “Es uno de los principales componentes del ciclo de agua... Es una variable importante debido a que enlaza el ciclo de agua, el ciclo de energía y el ciclo del carbono”, luego de la intervención las parcelas están aportando aún más al ambiente.

Con la variable escorrentía se observa una tendencia a disminuir en todas las parcelas post intervención (Figura 6), en estos ecosistemas cada ejecutora ha realizado una gran cantidad de obras de conservación de suelo que son comunes en cada parcela: zanjas de infiltración, barreras vivas y muertas, siembra de árboles frutales y forestales, capacitaciones sobre buen manejo de los rastrojos, buen uso del suelo, abonos orgánicos, agricultura sostenible.

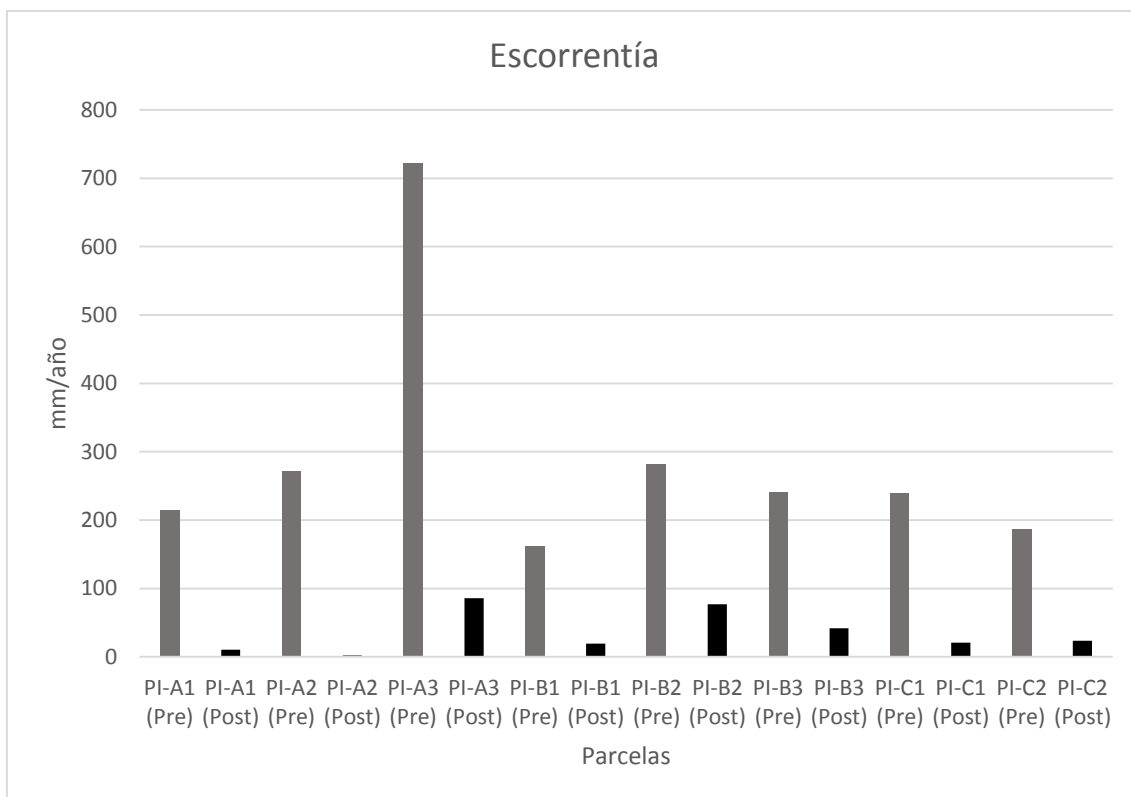


Figura 6. Gráfica comparativa de las parcelas pre y post intervenidas con respecto a la variable escorrentía.

Como parte de las acciones ejecutadas en dichas parcelas, se encuentra la labranza mínima, es decir dejar residuos sobre la superficie, esto permite la acumulación de materia orgánica, lo cual tiene efectos positivos sobre sus propiedades físicas; también se producen distintos niveles de humedad, temperatura, tasa de descomposición y población microbiana (microartrópodos), lo cual influye en la disponibilidad de nutrientes y por ende fertilizantes, además actúa sobre la velocidad de infiltración y la retención del agua en el suelo, favoreciendo la disminución de la escorrentía y la erosión.

Los resultados son congruentes con los reportados por Hong (1978) y Humphreys (1991), quienes concluyeron que la escorrentía superficial está inversamente relacionada con la cobertura arbórea, es decir a mayor cantidad de árboles, menor escorrentía.

En la variable recarga hídrica se observa una tendencia a aumentar en todos los ecosistemas, luego llevar a cabo diferentes acciones de restauración por parte de las tres ejecutoras, lo que indica que las obras realizadas en éstas, influyen en el aumento de recarga de los mantos acuíferos.

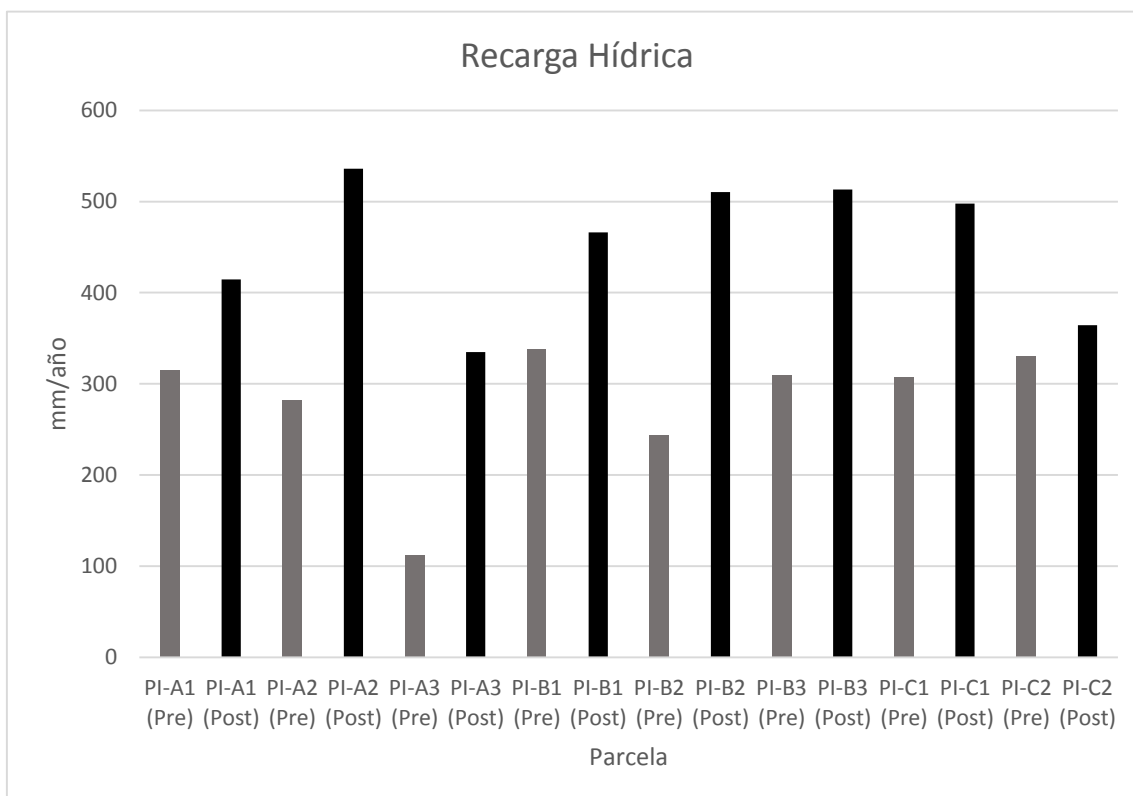


Figura 7. Grafica comparativa de las parcelas pre y post intervenidas con respecto a la variable Recarga hídrica.

Dentro de las acciones que realizan las ejecutoras están las capacitaciones a los productores para evitar la quema de rastrojos y conservación de una cobertura vegetal del suelo; durante la visita a las ocho parcelas se observó el buen manejo que se está haciendo, esto debido a los grandes beneficios que aportan, se considera uno de los factores principales del aumento en la recarga hídrica; el Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal “Enrique Álvarez Córdova “(CENTA, 2018) menciona lo siguiente:

Al no quemar los rastrojos y mantener la cobertura del suelo, aplicas menos fertilizantes, reduces la presencia de malezas, la escorrentía y la erosión. También se incrementan las poblaciones de microorganismos

benéficos, de la fauna y flora local. Los suelos recuperan su fertilidad y capacidad productiva, los rastrojos protegen los suelos, disminuyen la incidencia de plagas y enfermedades, ayuda a mantener la humedad, la infiltración de agua en el suelo, recarga los mantos acuíferos, mantiene la fauna local, conserva la materia orgánica y aumenta la fertilidad de los suelos, genera un ambiente más sano sin contaminación del aire, suelo y fuentes de agua, aumenta la producción y mejora los ingresos.

Al disminuir la pérdida de agua (escorrentía) por medio de obras de conservación mediante la siembra de árboles frutales y forestales en todos estos ecosistemas, hay mayor cantidad de agua que se retiene en dicho ecosistema y hace posible un aumento de la recarga hídrica, como lo menciona Salazar (2016) sobre la función de un tan solo árbol: “La investigación ha demostrado como un solo árbol puede contribuir a la recarga de las aguas: protege la evaporación del agua del suelo y su sistema radicular permite que el agua de lluvia se filtre más profundamente...”.

Con la variable de sedimentación, se observa un descenso en todas las parcelas respecto a su anterior estado (Figura 8), siendo esto beneficioso, especialmente para la parte baja del ACLC, impidiendo que gran cantidad de sedimentos, entre ellos arcilla, limo, productos químicos como nitrógeno, fósforo; sean arrastrados y se depositen en ella.

Existe una disminución en la variable escorrentía en todas las parcelas después de ser intervenidas, siendo directamente proporcional con la disminución de la carga de sedimentos, ya que las acciones de restauración antes mencionadas favorecen de igual manera ambas variables.

Este impacto ambiental disminuyó luego del establecimiento del sistema agroforestal sembrando una gran cantidad de árboles entre frutales y forestales dentro de los ocho ecosistemas estudiados, esta disminución concuerda con lo que menciona Red Sistema de Integración Centroamericano de Tecnología Agrícola, Red SICTA (2013) “Las raíces de los árboles y las hojas caídas protegen las fuentes de agua, reducen la erosión del suelo...” (p. 15), además en dichas parcela poseen una gran

cantidad de barreras vivas y zanjas de infiltración, lo que contribuye a tener una tasa muy mínima de los sedimentos que bajan durante la precipitación.

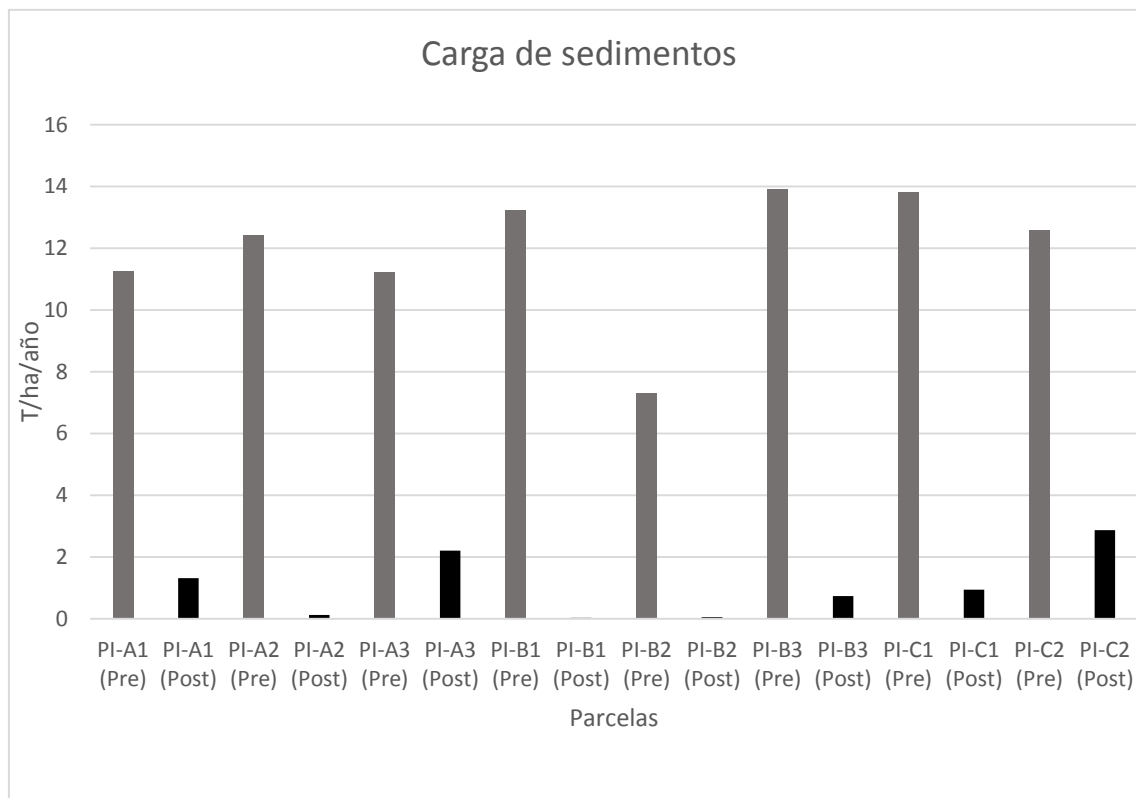


Figura 8. Grafica comparativa de las parcelas pre y post intervenidas con respecto a la variable carga de sedimentos.

Al haber menos arrastre de carga de sedimentos en los ecosistemas intervenidos se evita la degradación del suelo, aumentando la fertilidad y aumento de los rendimientos de los sistemas de producción agrícolas.

En áreas tropicales la renovación de 2.54 cm de suelo toma de doscientos a mil años dependiendo del clima y tipo de suelo; sin embargo, las medidas para su protección han sido escasas lo que ha llevado a tasas de erosión dobles, en relación con la tasa de renovación, lo que ha ocasionado graves problemas para la producción sostenible (Prager M., Restrepo M., Angel S., Malagon M., & Zamorano M., 2002); de ahí la importancia que las acciones de restauración con fondos de la compensación ambiental se sigan ejecutando en el ACLC.

3.2 Resultados de Microartrópodos edáficos

Se presentan los resultados obtenidos de las 8 parcelas intervenidas y 8 no intervenidas para el estudio de microartrópodos edáficos, pertenecientes al Área de Conservación Los Cóbanos. Las parcelas intervenidas que se presentan en las tablas corresponden a las ejecutoras ACUA, Asociación El Bálsamo y Microrregión Los Izalcos.

3.2.1 Cuento de microartrópodos edáficos

En la tabla 14 se presenta los resultados del conteo directo de cada individuo para las 8 parcelas intervenidas.

Tabla 6
Número total de microartrópodos contabilizados directamente en las 8 parcelas intervenidas.

| GRUPOS TAXONÓMICOS | | PARCELAS | | | | | | | | |
|--------------------|------------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|-----------|-----------|--------------|
| ORDEN | SUB ORDEN | A1 | A2 | A3 | B1 | B2 | B3 | C1 | C2 | TOTAL |
| ACARI | MESOSTIGMATA | 52 | 64 | 36 | 36 | 68 | 32 | 20 | 17 | 325 |
| | ORIBATIDA | 75 | 100 | 49 | 49 | 87 | 65 | 32 | 37 | 494 |
| | ASTIGMATA | 50 | 54 | 18 | 44 | 66 | 20 | 12 | 10 | 274 |
| | PROSTIGMATA | 20 | 13 | 15 | 9 | 5 | 7 | 5 | 6 | 80 |
| ARTHROPLEONA | PODUROMORPHA | 14 | 36 | 15 | 11 | 39 | 4 | 2 | 1 | 122 |
| | ENTOMOBRYOMORPHA | 10 | 16 | 7 | 0 | 0 | 3 | 0 | 0 | 36 |
| SYMPHYPLEONA | | 7 | 10 | 3 | 0 | 3 | 0 | 0 | 0 | 23 |
| PSOCOPTERA | | 0 | 0 | 1 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 |
| DIPLURA | | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 | 0 | 3 | 5 | 11 |
| PROTURA | | 3 | 1 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 6 |
| PAUROPODA | | 5 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 8 |
| SYMPHYLA | | 0 | 0 | 0 | 6 | 9 | 3 | 2 | 1 | 21 |
| DIPLOPODA | | 1 | 0 | 0 | 3 | 0 | 0 | 1 | 0 | 5 |
| CHILOPODA | | 0 | 1 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 |
| HYMENOPTERA | | 11 | 5 | 0 | 2 | 24 | 0 | 5 | 3 | 50 |
| ISOPTERA | | 0 | 13 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 16 |
| ISOPODA | | 0 | 6 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 6 |
| COLEOPTERA | | 2 | 6 | 5 | 0 | 5 | 1 | 2 | 1 | 22 |
| ZORAPTERA | | 0 | 0 | 3 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 4 |
| Total | | 250 | 326 | 158 | 165 | 310 | 135 | 84 | 81 | 1,509 |

Nota: A1, A2 y A3=Parcelas ejecutora ACUA; B1, B2 y B3=Parcelas ejecutora Asociación El Bálsamo; C1 y C2=Parcelas ejecutora Microrregión Los Izalcos.

En la tabla 6 se muestra el número total de individuos de microartrópodos contados directamente en las parcelas intervenidas por FIAES, se determinaron 15 grupos taxonómicos, hasta nivel de orden siendo los de mayor cantidad ACARI y

ARTHROPLEONA (Orden Collembola). Se contabilizó un total de 1,509 individuos esto se debe principalmente a la mayor cantidad de materia orgánica acumulada en las parcelas intervenidas que proporciona las condiciones de humedad y temperatura favorables para el crecimiento y reproducción de estos organismos.

Los datos coinciden con los presentados por Mazariego Ríos (1988), reportó 17 grupos taxonómicos de microartrópodos edáficos, de los cuales ACARI y COLLEMBOLA fueron dos de los tres grupos con mayor dominancia durante todo el periodo de estudio, presentaron valores más altos de población, frecuencia y densidad relativa.

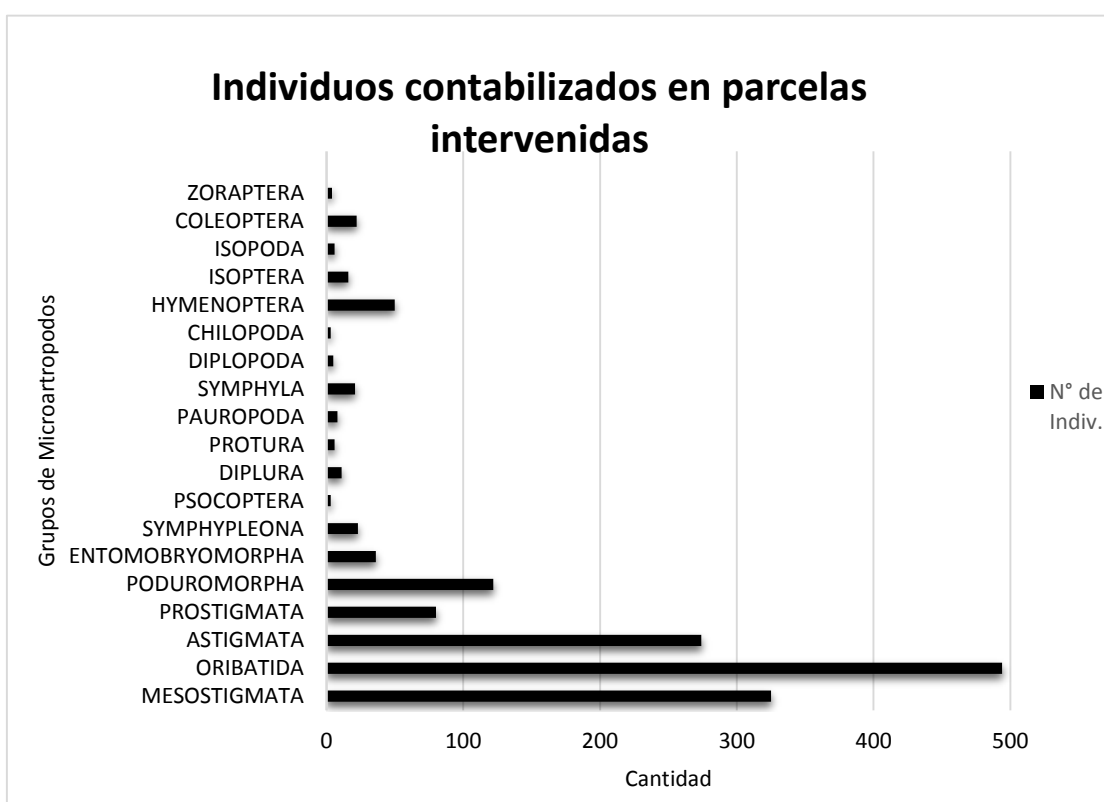


Figura 9. Presentación gráfica del número de individuos por orden y suborden taxonómicos de microartrópodos contados directamente en las parcelas intervenidas por FIAES.

La Figura 9 presenta el número de individuos de microartrópodos contados directamente en las parcelas intervenidas por FIAES, tomando el nivel de orden y suborden más representativos; donde el grupo taxonómico con mayor cantidad de individuos corresponde a ORIBATIDA con 494 individuos y el de menor cantidad corresponde a PSOCOPTERA y CHILOPODA con 3 individuos cada uno.

El grupo más destacado corresponde a Oribátida, gracias a las obras de conservación de suelo que presentan todas las parcelas intervenidas, y a las prácticas agrícolas ecoamigables que se han efectuado en las parcelas intervenidas han favorecido el incremento en la población de este grupo de microartrópodos, el aumento en la materia orgánica del suelo proporciona las condiciones favorables para el perfecto desarrollo de este grupo de organismos. (Cabrera D., y otros, 2017) mencionan que los sistemas con elementos arbóreos, mayor cobertura sobre el suelo, estabilidad en la temperatura y humedad edáfica y más altos valores de materia orgánica, incrementa la diversidad y abundancia de los organismos edáficos.

Tabla 7
Número total de microartrópodos contabilizados directamente en las 8 parcelas no intervenidas

| GRUPOS TAXONÓMICOS | | PARCELAS | | | | | | | | TOTAL |
|--------------------|------------------|-----------|------------|-----------|-----------|-----------|------------|-----------|-----------|------------|
| ORDEN | SUB ORDEN | A1 | A2 | A3 | B1 | B2 | B3 | C1 | C2 | TOTAL |
| ACARI | MESOSTIGMATA | 10 | 21 | 17 | 20 | 21 | 40 | 9 | 7 | 145 |
| | ORIBATIDA | 32 | 42 | 37 | 16 | 28 | 38 | 12 | 14 | 219 |
| | ASTIGMATA | 13 | 31 | 5 | 4 | 21 | 24 | 6 | 4 | 108 |
| | PROSTIGMATA | 0 | 10 | 1 | 4 | 0 | 0 | 3 | 0 | 18 |
| ARTHROPLEONA | PODUROMORPHA | 7 | 7 | 6 | 9 | 9 | 5 | 4 | 2 | 49 |
| | ENTOMOBRYOMORPHA | 1 | 13 | 2 | 0 | 1 | 2 | 3 | 1 | 23 |
| SYMPHYLEONA | | 5 | 4 | 3 | 4 | 9 | 4 | 0 | 0 | 29 |
| PSOCOPTERA | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 |
| DIPLURA | | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 | 0 | 0 | 0 | 3 |
| SYMPHYLA | | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 3 | 0 | 0 | 5 |
| CHILOPODA | | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 2 |
| HYMENOPTERA | | 0 | 11 | 0 | 2 | 0 | 0 | 3 | 0 | 16 |
| ISOPTERA | | 11 | 1 | 0 | 3 | 0 | 3 | 0 | 3 | 21 |
| COLEOPTERA | | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 2 |
| ZORAPTERA | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 |
| PSEUDOESCORPION | | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| Total | | 79 | 140 | 73 | 64 | 95 | 120 | 41 | 31 | 643 |

Nota: A1, A2 y A3=Parcelas ejecutora ACUA; B1, B2 y B3=Parcelas ejecutora Asociación El Bálsamo; C1 y C2=Parcelas ejecutora Microrregión Los Izalcos.

En la tabla 7 se muestra el número total de individuos de microartrópodos contados directamente en las parcelas no intervenidas, se determinaron 12 grupos taxonómicos (órdenes) y un total de 643 individuos, siendo los de mayor cantidad ACARI y ARTHROPLEONA (Collembola), mismos grupos que las parcelas intervenidas, pero con menor número. Esta disminución se debe principalmente a que los terrenos o ecosistemas son áreas de cultivo tradicional (monocultivo) y la quema de rastrojos, erosión del suelo y uso de agroquímicos son los factores que afectan las poblaciones de éstos.

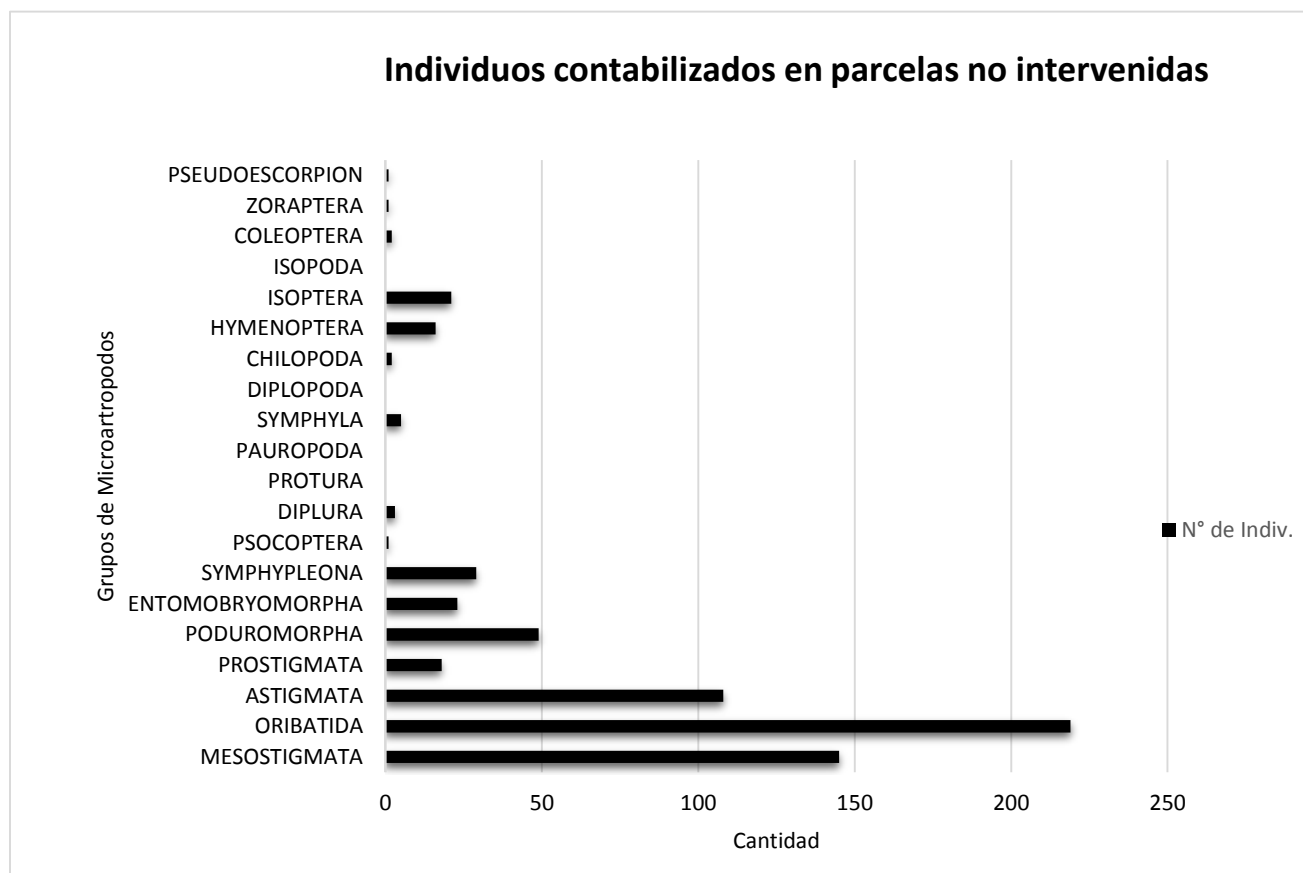


Figura 10. Presentación grafica del número de individuos por orden y suborden taxonómicos de microartrópodos contados directamente en las parcelas no intervenidas por FIAES.

La Figura 10 presenta el número de individuos de microartrópodos contados directamente en las parcelas no intervenidas por FIAES, donde el grupo taxonómico con mayor cantidad de individuos corresponde al suborden ORIBATIDA con 219 individuos y el de menor cantidad corresponde a PSOCOPTERA, ZORAPTERA y PSEUDOESCORPION con 1 individuo cada uno.

La disminución en el número de individuos del grupo de oribátidos en comparación a las parcelas intervenidas (tabla 14) se debe a que estas no presentan vegetación arbórea, sino que en su mayoría solo cultivos y los microartrópodos oribátidos están asociados a las áreas con abundante vegetación. Al no realizarse prácticas agrícolas amigables con el medio ambiente, se genera un deterioro del suelo y por tanto una disminución en la fauna edáfica. Cabrera D., y otros (2017) mencionan que “Los ácaros oribátidos como organismos detritívoros, son sensibles y disminuyen ante bajos contenidos de materia orgánica, baja humedad edáfica y prácticas agrícolas con un efecto negativo en el suelo” (p 6).

3.2.2 Comparativa entre parcelas intervenidas y no intervenidas

Se presenta la comparación de microartrópodos edáficos para el total de individuos de las parcelas intervenidas y no intervenidas, obtenidos del conteo directo.

Tabla 8
Cantidad de individuos contabilizados directamente por grupos de microartrópodos en parcelas intervenidas y no intervenidas.

| GRUPOS TAXONÓMICOS | | PARCELAS | | |
|--------------------|-----------------|------------------|-----------------|-----|
| ORDEN | SUB ORDEN | Intervenidas | No intervenidas | |
| 1 | ACARI | MESOSTIGMATA | 325 | 145 |
| | | ORIBATIDA | 494 | 219 |
| | | ASTIGMATA | 274 | 108 |
| | | PROSTIGMATA | 80 | 18 |
| 3 | ARTHROPLEONA | PODUROMORPHA | 122 | 49 |
| | | ENTOMOBRYOMORPHA | 36 | 23 |
| 4 | SYMPHYPLEONA | 23 | 29 | |
| 5 | PSOCOPTERA | 3 | 1 | |
| 6 | DIPLURA | 11 | 3 | |
| 7 | PROTURA | 6 | 0 | |
| 8 | PAUROPODA | 8 | 0 | |
| 9 | SYMPHYLA | 21 | 5 | |
| 10 | DIPLOPODA | 5 | 0 | |
| 11 | CHILOPODA | 3 | 2 | |
| 12 | HYMENOPTERA | 50 | 16 | |
| 13 | ISOPTERA | 16 | 21 | |
| 14 | ISOPODA | 6 | 0 | |
| 15 | COLEOPTERA | 22 | 2 | |
| 16 | ZORAPTERA | 4 | 1 | |
| 17 | PSEUDOESCORPION | 0 | 1 | |
| Total | | 1,509 | 643 | |

La tabla 8 muestra la diferencia de microartrópodos edáficos entre los ecosistemas intervenidos y los no intervenidos, los valores más altos se deben a los proyectos en ejecución de restauración de ecosistemas que incluyen siembra de árboles frutales y forestales, uso de zanjas de infiltración, barreras vivas, cobertura vegetal y rastrojos en el suelo; esto brinda humedad y presenta condiciones óptimas para los microorganismos edáficos. Los valores bajos de las áreas no intervenidas se deben a las prácticas agrícolas convencionales.

De ahí la importancia que dichas obras se continúen ejecutando a fin de aumentar la diversidad de estos microorganismos, donde muchos de ellos son benéficos para mejorar la producción de dichos ecosistemas.

3.2.3 Población de microartrópodos edáficos

Se presenta los resultados calculados para el valor de población de microartrópodos expresados en individuos/m²/parcela. Se calculó para las 8 parcelas intervenidas y 8 parcelas no intervenidas.

Tabla 9
Valores de población en parcelas intervenidas para el total de microartrópodos y para cada grupo, expresados en individuo/m²/parcela.

| GRUPOS TAXONÓMICOS | | PARCELAS | | | | | | | | |
|---------------------|------------------|----------|--------|--------|--------|--------|--------|-------|-------|---------|
| ORDEN | SUB ORDEN | A1 | A2 | A3 | B1 | B2 | B3 | C1 | C2 | TOTAL |
| ACARI | MESOSTIGMATA | 111.83 | 137.63 | 77.42 | 77.42 | 146.24 | 68.82 | 43.01 | 36.56 | 698.93 |
| | ORIBATIDA | 161.29 | 215.05 | 105.38 | 105.38 | 187.1 | 139.78 | 68.82 | 79.57 | 1062.37 |
| | ASTIGMATA | 107.53 | 116.13 | 38.71 | 94.62 | 141.94 | 43.01 | 25.81 | 21.51 | 589.26 |
| | PROSTIGMATA | 43.01 | 27.96 | 32.26 | 19.35 | 10.75 | 15.05 | 10.75 | 12.90 | 172.03 |
| ARTHROPLEONA | PODUROMORPHA | 30.11 | 77.42 | 32.26 | 23.66 | 83.87 | 8.60 | 4.30 | 2.15 | 262.37 |
| | ENTOMOBRYOMORPHA | 21.51 | 34.41 | 15.05 | 0 | 0 | 6.45 | 0 | 0 | 77.42 |
| SYMPHYPLEONA | | 15.05 | 21.51 | 6.45 | 0 | 6.45 | 0 | 0 | 0 | 49.46 |
| PSOCTERA | | 0 | 0 | 2.15 | 4.30 | 0 | 0 | 0 | 0 | 6.45 |
| DIPLURA | | 0 | 0 | 0 | 0 | 6.45 | 0 | 6.45 | 10.75 | 23.65 |
| PROTURA | | 6.45 | 2.15 | 0 | 4.30 | 0 | 0 | 0 | 0 | 12.9 |
| PAUROPODA | | 10.75 | 2.15 | 2.15 | 2.15 | 0 | 0 | 0 | 0 | 17.2 |
| SYMPHYLA | | 0 | 0 | 0 | 12.90 | 19.35 | 6.45 | 4.30 | 2.15 | 45.15 |
| DIPLOPODA | | 2.15 | 0 | 0 | 6.45 | 0 | 0 | 2.15 | 0 | 10.75 |
| CHILOPODA | | 0 | 2.15 | 4.30 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 6.45 |
| HYMENOPTERA | | 23.66 | 10.75 | 0 | 4.30 | 51.61 | 0 | 10.75 | 6.45 | 107.52 |

Tabla 9: continuación

| GRUPOS TAXONÓMICOS | | PARCELAS | | | | | | | | |
|--------------------|-----------|----------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|
| ORDEN | SUB ORDEN | A1 | A2 | A3 | B1 | B2 | B3 | C1 | C2 | TOTAL |
| ISOPTERA | | 0 | 27.96 | 6.45 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 34.41 |
| ISOPODA | | 0 | 12.90 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 12.90 |
| COLEOPTERA | | 4.30 | 12.90 | 10.75 | 0 | 10.75 | 2.15 | 4.30 | 2.15 | 47.3 |
| ZORAPTERA | | 0 | 0 | 6.45 | 0 | 2.15 | 0 | 0 | 0 | 8.6 |
| Total | | 537.64 | 701.07 | 339.78 | 354.83 | 666.66 | 290.31 | 180.64 | 174.19 | 3245.12 |

Nota: A1, A2 y A3=Parcelas ejecutora ACUA; B1, B2 y B3=Parcelas ejecutora Asociación El Bálsamo; C1 y C2=Parcelas ejecutora Microrregión Los Izalcos.

La tabla 9 muestra la población de microartrópodos expresados por metro cuadrado; donde el promedio por parcela intervenida ronda los 406 microartrópodos/m². Estos resultados sugieren que dentro de cada parcela existe una gran cantidad de estos organismos ayudando al ecosistema, las técnicas de conservación de suelo han aumentado la materia orgánica y, por tanto, es notable que las parcelas con diversidad de usos presenten los mejores resultados. Esto concuerda con lo que menciona Gormsen (como se citó en Marín, 2013):

Los microartrópodos por lo general son más abundantes en suelos inalterados que en suelos bajo agricultura convencional, debido a que, al cambiar de agricultura con alta entrada de insumos a una agricultura de bajos insumos, la composición de las especies de toda la comunidad cambia, ya que se correlaciona con la cantidad de materia orgánica presente en el suelo. (p.32)

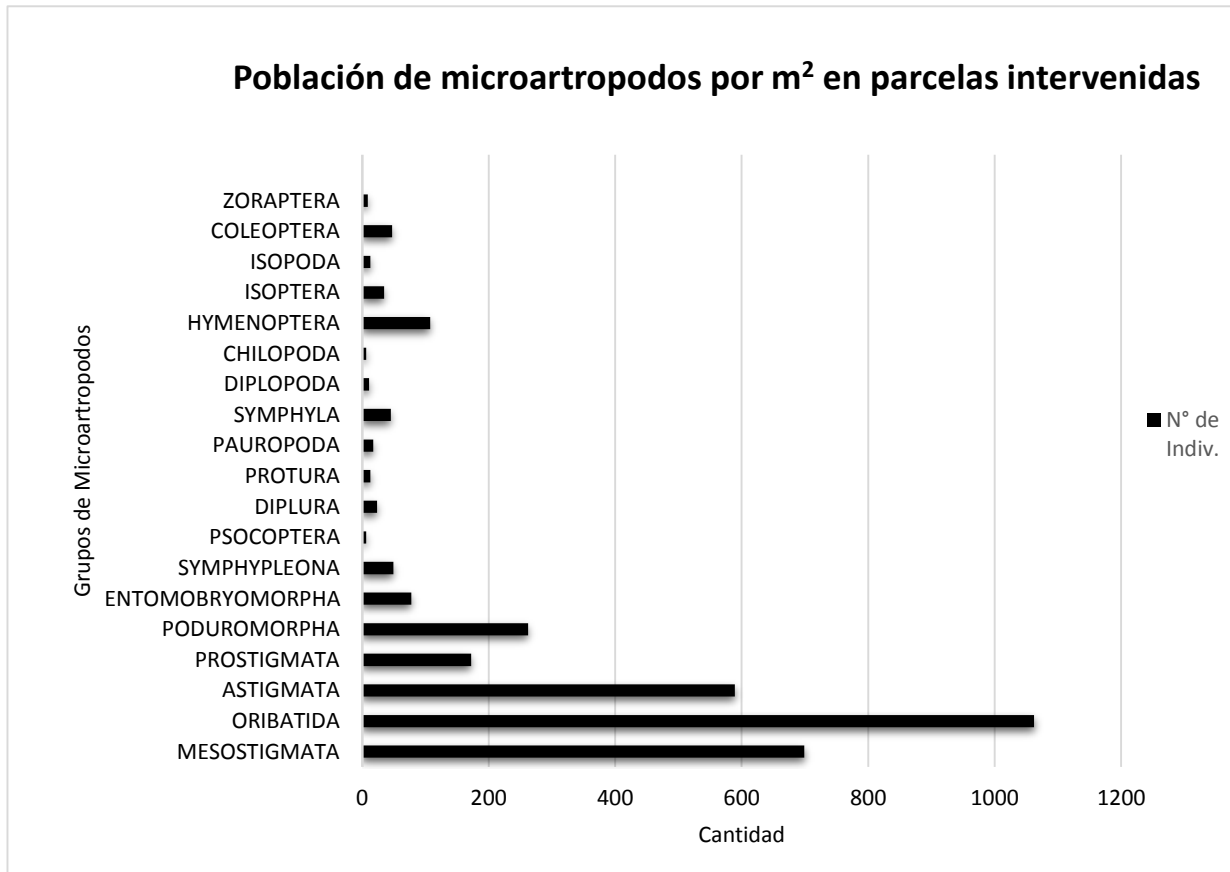


Figura 11. Población aproximada de microartrópodos por metro cuadrado en las parcelas intervenidas por FIAES.

La Figura 11 muestra que los subórdenes Oribatida, Mesostigmata y Astigmata pertenecientes al orden ACARI presentaron los valores más altos; desde 1,062.37, 698.93 y 589.26 respectivamente de individuos/m²/ en parcelas intervenidas, la cobertura vegetal ayudó a mantener las condiciones óptimas del suelo y evitar que estos organismos fueran arrastrados por las lluvias.

Mazariego Ríos (1988) obtuvo valores de población superiores a los del presente estudio, siendo Acari el grupo con mayor valor: 23,137.5 individuos/m² en un bosque, la diferencia en los resultados además del tipo de uso de suelo se debe a que los muestreos en este estudio sólo se efectuaron en un único momento, y se tomaron en época lluviosa. Mazariego Ríos (1988) menciona que las poblaciones de microartrópodos disminuyen en los meses más lluviosos, lo cual constituye un probable efecto negativo de la lluvia sobre los microartrópodos.

Tabla 10

Valores de población en parcelas no intervenidas para el total de microartrópodos y para cada grupo, expresados en individuo/m²/parcela.

| GRUPOS TAXONÓMICOS | | PARCELAS | | | | | | | | |
|------------------------|------------------|----------|--------|--------|--------|--------|--------|-------|-------|---------|
| ORDEN | SUB ORDEN | A1 | A2 | A3 | B1 | B2 | B3 | C1 | C2 | TOTAL |
| ACARI | MESOSTIGMATA | 21.50 | 45.16 | 36.56 | 43.01 | 45.16 | 86.02 | 19.35 | 15.05 | 311.81 |
| | ORIBATIDA | 68.82 | 90.32 | 79.57 | 34.41 | 60.22 | 81.72 | 25.81 | 30.11 | 470.98 |
| | ASTIGMATA | 27.96 | 66.67 | 10.75 | 8.60 | 45.16 | 51.61 | 12.90 | 8.60 | 232.25 |
| | PROSTIGMATA | 0 | 21.50 | 2.15 | 8.60 | 0 | 0 | 6.45 | 0 | 38.7 |
| ARTHROPLEONA | PODUROMORPHA | 15.05 | 15.05 | 12.90 | 19.35 | 19.35 | 10.75 | 8.60 | 4.30 | 105.35 |
| | ENTOMOBRYOMORPHA | 2.15 | 27.96 | 4.30 | 0 | 2.15 | 4.30 | 6.45 | 2.15 | 49.46 |
| SYMPHYLEONA | | 10.75 | 8.60 | 6.45 | 8.60 | 19.35 | 8.60 | 0 | 0 | 62.35 |
| PSOCOPTERA | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2.15 | 0 | 2.15 |
| DIPLURA | | 0 | 0 | 0 | 0 | 6.45 | 0 | 0 | 0 | 6.45 |
| PROTURA | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| PAUROPODA | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| SYMPHYLA | | 0 | 0 | 2.15 | 2.15 | 0 | 6.45 | 0 | 0 | 10.75 |
| DIPLOPODA | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| CHILOPODA | | 0 | 0 | 2.15 | 0 | 2.15 | 0 | 0 | 0 | 4.30 |
| HYMENOPTERA | | 0 | 23.66 | 0 | 4.30 | 0 | 0 | 6.45 | 0 | 34.41 |
| ISOPTERA | | 23.66 | 2.15 | 0 | 6.45 | 0 | 6.45 | 0 | 6.45 | 45.16 |
| ISOPODA | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| COLEOPTERA | | 0 | 0 | 0 | 0 | 4.30 | 0 | 0 | 0 | 4.30 |
| ZORAPTERA | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2.15 | 0 | 0 | 2.15 |
| PSEUDOESCORPION | | 0 | 0 | 0 | 2.15 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2.15 |
| Total | | 169.89 | 301.07 | 156.98 | 137.62 | 204.29 | 258.05 | 88.16 | 66.66 | 1382.72 |

Nota: A1, A2 y A3=Parcelas ejecutora ACUA; B1, B2 y B3=Parcelas ejecutora Asociación El Bálsamo; C1 y C2=Parcelas ejecutora Microrregión Los Izcalcos.

La tabla 10 muestra el valor de población de microartrópodos expresada en individuos/m²/parcela no intervenida, en la que se observa un promedio de 173 por cada metro cuadrado. Existe una disminución drástica en los valores de población en todas las parcelas que no han sido intervenidas, como se ha mencionado estas son utilizadas exclusivamente para monocultivos, y no poseen obras de conservación de suelo lo que reducen el espacio para el desarrollo y protección de estos microorganismos.

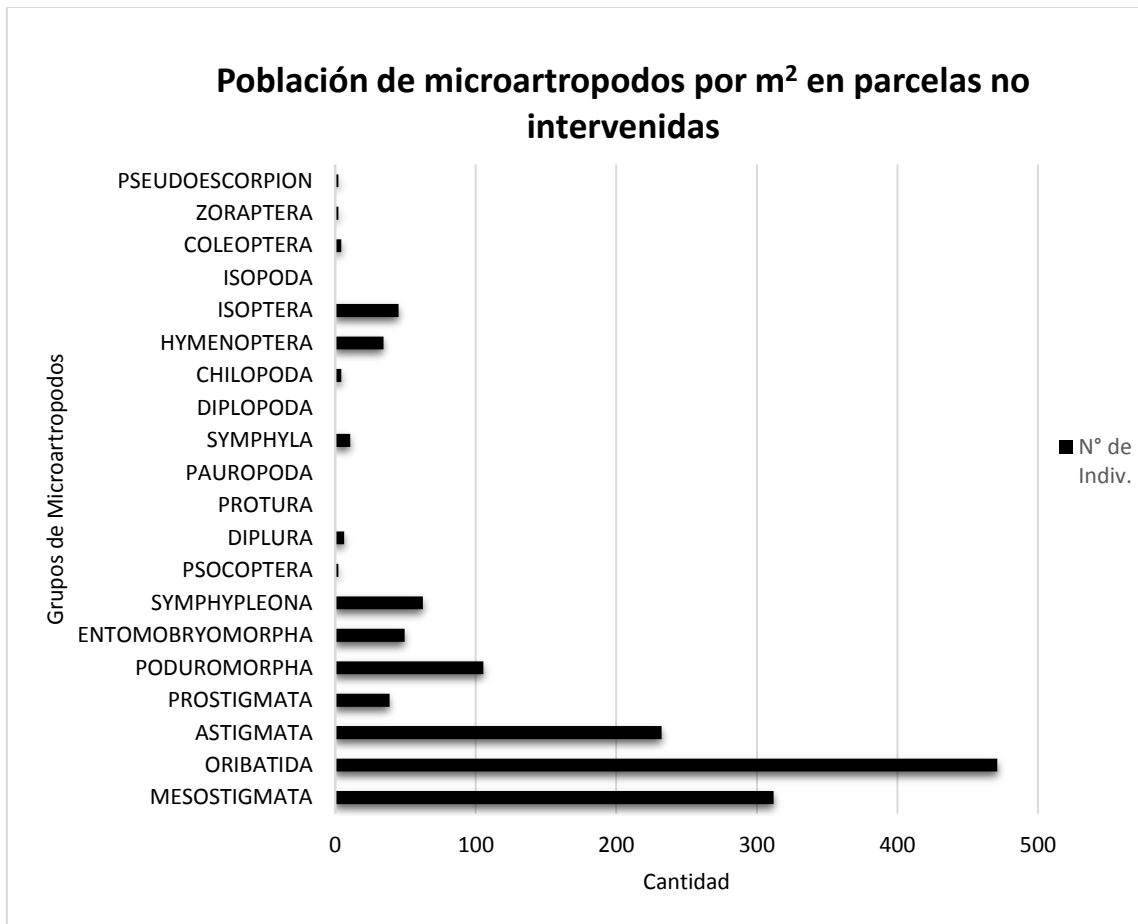


Figura 12. Población aproximada de microartrópodos por metro cuadrado en las parcelas no intervenidas.

La Figura 12 muestra que los subórdenes Oribatida, Mesostigmata y Astigmata pertenecientes al orden ACARI presentaron los valores más altos al igual que en las parcelas intervenidas; desde 470.98, 311.81 y 232.25 respectivamente de individuos/m²/ en parcelas no intervenidas; los resultados muestran una notable disminución de los valores de población con relación a las parcelas intervenidas de la tabla 17, esto indica que cuando solo se efectúan prácticas de agricultura convencionales el suelo se deteriora y con ellos se pierde gran parte de la microfauna edáfica; que brindan grandes beneficios tanto para el medioambiente como para los sistemas de producción.

3.2.4 Frecuencia relativa, densidad e índice de Lexis correspondiente a cada grupo de microartrópodos.

Se presenta los valores de frecuencia relativa, densidad e índice de Lexis para cada grupo taxonómico de microartrópodos en parcelas intervenidas y no intervenidas.

Tabla 11

Frecuencia relativa, densidad e índice de Lexis en parcelas intervenidas.

| GRUPOS TAXONÓMICOS | | FRECUENCIA | DENSIDAD | INDICE DE |
|--------------------|------------------|------------|----------|-----------|
| ORDEN | SUB ORDEN | RELATIVA | RELATIVA | LEXIS |
| ACARI | MESOSTIGMATA | 100% | 21.5% | 7.77 * |
| | ORIBATIDA | 100% | 32.7% | 8.32 * |
| | ASTIGMATA | 100% | 18.2% | 12.01 * |
| | PROSTIGMATA | 100% | 5.3% | 2.63 * |
| ARTHROPLEONA | PODUROMORPHA | 100% | 8.1% | 12.46 * |
| | ENTOMOBRYOMORPHA | 50% | 2.4% | 7 * |
| SYMPHYPLEONA | | 50% | 1.5% | 4.38 * |
| PSOCOPTERA | | 25% | 0.2% | 1.26 + |
| DIPLURA | | 37.5% | 0.7% | 2.1 * |
| PROTURA | | 37.5% | 0.4% | 1.7 + |
| PAUROPODA | | 50% | 0.5% | 2.5 * |
| SYMPHYLA | | 62.5% | 1.4% | 3.61 * |
| DIPLOPODA | | 37.5% | 0.3% | 1.6 + |
| CHILOPODA | | 25% | 0.2% | 1.3 + |
| HYMENOPTERA | | 75% | 3.3% | 8.95 * |
| ISOPTERA | | 25% | 1.1% | 9.13 * |
| ISOPODA | | 12.5% | 0.4% | 5.25 * |
| COLEOPTERA | | 87.5% | 1.5% | 1.61 + |
| ZORAPTERA | | 25% | 0.3% | 2 * |
| PSEUDOESCORPION | | 0% | 0.00% | NC |
| Total | | | 100% | |

NOTA: En los valores de índice de Lexis se representa el tipo de distribución de la siguiente manera:

* si la distribución es agregada (valores superiores a la unidad)

+ si la distribución es casual (valores cercanos a la unidad)

x si es distribución uniforme (valores inferiores a la unidad)

NC, no calculable (cuando el total de microartrópodos es igual a cero, debido a que no hubo presencia de ese grupo en las parcelas, y por tanto no se puede calcular la media aritmética para proceder a calcular el índice de Lexis)

Se observó que los grupos taxonómicos de microartrópodos con valores más altos de frecuencia relativa en las parcelas intervenidas fueron: MESOSTIGMATA, ORIBATIDA, ASTIGMATA, PROSTIGMATA, PODUROMORPHA, con valores de 100%; es decir existe una gran probabilidad de encontrar estos órdenes con mayor asiduidad en los muestreos que los demás grupos. Para la densidad relativa, se repiten

los mismos 5 órdenes con valores altos de hasta un 32.7%, estos valores indican que hay probabilidad de encontrar una gran cantidad de estos organismos en las parcelas intervenidas. Estos datos son un reflejo de que los métodos de restauración, el uso de métodos ecoamigables, han permitido el aumento de su frecuencia relativa dentro de los ecosistemas.

Del total de especies que integran un componente trófico o una comunidad, sólo unas pocas especies o grupos de éstas son más abundantes (Odum como se citó en Mazariego Ríos,1988), en las parcelas intervenidas son 5 los grupos dominantes: MESOSTIGMATA, ORIBATIDA, ASTIGMATA, PROSTIGMATA y PODUROMORPHA; tienen mayor influencia en el control de la comunidad, es decir, son dominantes ecológicos; mientras que un mayor número de órdenes son escasos, radicando su importancia en que condicionan en gran parte la diversidad de las especies en los grupos tróficos y en las comunidades, lo cual está relacionado con la estabilidad de estas (Odum como se citó en Mazariego Ríos,1988).

De acuerdo al índice de Lexis (razón varianza/media) calculado para las parcelas intervenidas, los grupos con los valores más altos fueron: PODUROMORPHA, ASTIGMATA e ISOPTERA; con valor de hasta 12.46, lo que indica que presentan un tipo de distribución de tipo agregada (Valor superior a la unidad), esto es debido a que muchas especies de Acarina y Collembola necesitan agruparse para fines de reproducción y en muchos casos los huevos son depositados en apiñamientos; además el contacto corporal parece ser importante para que se lleve a cabo la muda en las poblaciones, ya que algunas especies se agregan en los sitios donde ese proceso se realiza (Butcher como se citó en Mazariego Ríos,1988). Las obras de conservación de suelo que las ejecutoras han desarrollado, crean las condiciones favorables para este tipo de distribución dentro de las parcelas, agrupando individuos en zonas de protección, alimentación o reproducción, además en estos ecosistemas se han reducido el uso de agroquímicos.

Los valores más bajos registrados de hasta 1.26, corresponden a los grupos PSOCOPTERA, CHILOPODA y DIPLOPODA; los cuales presentan un tipo de distribución casual o aleatoria (valores cercanos a la unidad), los organismos

encontrados se distribuyen al azar, es decir, no presentan un patrón predecible y solo se encuentran en mayor proporción en ecosistemas que presentan condiciones ambientales favorables para estos (cobertura vegetal, sustrato orgánico, zanjas de infiltración, entre otras obras). En estos ecosistemas no hubo presencia de grupos que presentaran un tipo de distribución uniforme.

Tabla 12

Frecuencia relativa, densidad e índice de Lexis en parcelas no intervenidas.

| GRUPOS TAXONÓMICOS | | FRECUENCIA | DENSIDAD | INDICE DE |
|--------------------|------------------|------------|----------|-----------|
| ORDEN | SUB ORDEN | RELATIVA | RELATIVA | LEXIS |
| ACARI | MESOSTIGMATA | 100% | 22.5% | 5.33 * |
| | ORIBATIDA | 100% | 34.1% | 4.5 * |
| | ASTIGMATA | 100% | 16.8% | 7.24 * |
| | PROSTIGMATA | 50% | 2.8% | 4.75 * |
| ARTHROPLEONA | PODUROMORPHA | 100% | 7.6% | 0.83 x |
| | ENTOMOBRYOMORPHA | 87.5% | 3.6% | 5.33 * |
| SYMPHYPLEONA | | 75% | 4.5% | 2 * |
| PSOCOPTERA | | 12.5% | 0.2% | 0.85 x |
| DIPLURA | | 12.5% | 0.5% | 2.58 * |
| PROTURA | | 0% | 0% | NC |
| PAUROPODA | | 0% | 0% | NC |
| SYMPHYLA | | 37.5% | 0.8% | 1.57 + |
| DIPLOPODA | | 0% | 0% | NC |
| CHILOPODA | | 25% | 0.3% | 0.76 x |
| HYMENOPTERA | | 37.5% | 2.5% | 6.38 * |
| ISOPTERA | | 62.5% | 3.3% | 4.46 * |
| ISOPODA | | 0% | 0% | NC |
| COLEOPTERA | | 12.5% | 0.3% | 1.76 + |
| ZORAPTERA | | 12.5% | 0.1% | 0.85 x |
| PSEUDOESCORPION | | 12.5% | 0.1% | 0.85 x |
| Total | | | 100% | |

NOTA: En los valores de índice de Lexis se representa el tipo de distribución de la siguiente manera:

* si la distribución es agregada (valores superiores a la unidad)

+ si la distribución es casual (valores cercanos a la unidad)

x si es distribución uniforme (valores inferiores a la unidad)

NC, no calculable (cuando el total de microartrópodos es igual a cero, debido a que no hubo presencia de ese grupo en las parcelas, y por tanto no se puede calcular la media aritmética para proceder a calcular el índice de Lexis)

Se observó que los grupos taxonómicos de microartrópodos con valores más altos de frecuencia relativa correspondientes a las parcelas no intervenidas fueron: MESOSTIGMATA, ORIBATIDA, ASTIGMATA y PODUROMORPHA, con valores de 100%. Hay una disminución notable del 50% para el grupo PROSTIGMATA que presentó una frecuencia del 100% en las parcelas intervenidas, puede deberse a la disminución significativa de las condiciones favorables para su desarrollo; entre ellas la falta de cobertura vegetal y materia orgánica del suelo.

Para la densidad relativa, se repiten los mismo cuatro grupos y se observan los valores más altos de hasta 34.1%. Esto indica que los cuatro grupos reportados con valores más altos son dominantes ecológicos, y por tanto es probable encontrarlos en los dieciséis ecosistemas estudiados (ocho intervenidos y ocho no intervenidos).

En las parcelas no intervenidas se observan los tres tipos de distribución. El índice de varianza/media (Lexis) con mayor valor pertenece a los grupos: ASTIGMATA, HYMENOPTERA, MESOSTIGMATA, y ENTOMOBRYOMORPHA; con valores de hasta 7.24; los cuales presentaron una distribución de tipo agregada, es decir superior a la unidad.

De acuerdo al índice de Lexis, la distribución agregada que presentan las parcelas intervenidas y no intervenidas se debe a la capacidad de sobrevivencia de los grupos con mayores valores ya que la agrupación de individuos permite reducir la mortalidad durante períodos desfavorables

Los grupos que presentaron distribución tipo casual (cercaos a la unidad) son: SYMPHYLA y COLEOPTERA, con valores de hasta 1.76, esto implica que dichos grupos se encuentran solamente en ciertas zonas que le proporciona las condiciones de protección o alimentación, es decir las parcelas sin obras de conservación de suelo y prácticas convencionales (con uso de agroquímicos) han reducido las posibilidades de distribución de estos grupos.

Entre los grupos de microartrópodos que presentan una distribución tipo uniforme (inferior a la unidad) en estas parcelas, están los órdenes: CHILOPODA, PODUROMORPHA, PSOCOPTERA; con valores de hasta 0.83; se considera que la falta de obras de conservación de suelo que sirven como zonas de protección,

alimentación y reproducción, influyen en que estos organismos se encuentren de manera más dispersa, buscando regiones donde es posible su desarrollo.

3.3 Grupos de microartrópodos reportados

3.3.1 Orden Acari

Tabla 13
Suborden mesostigmata, con fotografías y su función

Suborden mesostigmata



Función: Depredadores, detritívoros

Muchas son las especies de Mesostigmata que presentan gran interés por sus hábitos predadores sobre otras especies responsables de plagas agrícolas y forestales (Sociedad Entomológica Aragonesa, 2015).

Tabla 14
Suborden oribatida, con fotografías y su función

Sub orden oribatida



Tabla 14
Continuación. Suborden oribatida, con fotografías y su función



Los ácaros oribátidos como organismos detritívoros, son sensibles y disminuyen ante bajos contenidos de materia orgánica, baja humedad edáfica y prácticas agrícolas con un efecto negativo en el suelo.

Tabla 15
Suborden Astigmata, con fotografías y su función

Sub orden astigmata



Resultan beneficiosos al influir en el control natural de las poblaciones y pueden ser empleados en el control de las plagas de artrópodos (Sociedad Entomológica Aragonesa, 2015).

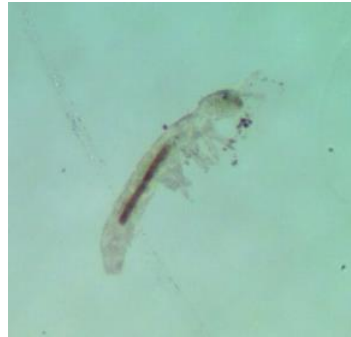
3.3.2 Orden Arthropleona

Son utilizados ampliamente para evaluar la salud y calidad del suelo. Ciertas especies son consideradas plagas, ya que se alimentan de los tejidos tiernos de las plantas. Otras especies se alimentan de hongos y se han utilizado exitosamente en Europa para combatir hongos fitopatógenos de la raíz (Arrieta Zumbado y Jimenéz Azofeifa, 2018).

Tabla 16

Suborden poduromorpha y entomobryomorpha, con fotografías y sus funciones.

Sub orden poduromorpha



Función: Detritívoros

Sub orden entomobryomorpha



Función: Detritívoros

3.3.3 Orden symphypleona

Tabla 17
Orden symphypleona, con fotografía y su función.



Aparecen en los suelos ricos en materia orgánica y suelos musgosos.

3.3.4 Orden psocoptera

Tabla 18
Orden psocoptera, con fotografía y su función.



En ambientes naturales se alimentan de hongos, algas, líquenes y restos de materia orgánica (incluyendo insectos muertos) (Arrieta et al. 2018).

3.3.5 Orden diplura

Tabla 19
Orden diplura, con fotografía y su función.



Viven asociados al suelo. La mayoría son omnívoros, otras especies son carnívoras o carroñeras. Se alimentan de esporas y micelio de hongos, ácaros, otros dipluros, colémbolos, isópodos, moscas y larvas de abejas (Arrieta et al. 2018).

3.3.6 Orden protura

Tabla 20
Orden protura, con fotografía y su función.



Se alimentan de hongos asociados a las raíces de las plantas (micorrizas) (Arrieta et al. 2018).

3.3.7 Orden pauropoda

Tabla 21
Orden pauropoda, con fotografía y su función.



Los paurópodos son los “miriápodos” más pequeños, pueden medir cerca de 2 mm, de cuerpo blando, son ciegos y lucífugos (huyen de la luz).

La principal fuente de alimento parecen ser los fluidos de las hifas de los hongos y los pelos de las raíces (Domínguez Rodríguez, 2015).

3.3.8 Orden symphyla

Tabla 22

Orden symphyla, con fotografía y su función.



El principal factor determinante de su presencia parece ser la humedad...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 nemátodos y ácaros; y otras se alimentan principalmente de raíces, pudiendo ocasionar importantes daños a cultivos agrícolas (Domínguez Camacho, 2015)

3.3.9 Orden diplopoda

Tabla 23

Orden diplopoda, con fotografía y su función.



Se alimentan de materia orgánica en descomposición y habitan en el suelo entre la hojarasca y troncos (Arrieta et al. 2018).

3.3.10 Orden chilopoda

Tabla 24

Orden chilopoda, con fotografía y su función.



Se alimenta de insectos y otros artrópodos. Habitan bajo la corteza de árboles y en el suelo entre la hojarasca y ramas caídas (Arrieta et al. 2018).

3.3.11 Orden hymenóptera

Tabla 25

Orden hymenoptera, con fotografía y su función.



Muy pocas especies son plagas, como las hormigas defoliadoras que provocan daños graves en cultivos enteros; dentro de los grupos menos derivados (suborden Symphyta) encontramos larvas herbívoras y barrenadores de tallos (Arrieta et al. 2018).

3.3.12 Orden isóptera

Tabla 26

Orden isóptera, con fotografía y su función.



Pueden causar daños severos a edificaciones de madera y deterioran estructuras agrícolas de madera como invernaderos y “tutores” en cultivos perennes como la vainilla. En los ecosistemas naturales ayudan a degradar la materia orgánica de origen vegetal (Arrieta et al. 2018).

3.3.13 Orden isópoda

Tabla 27

Orden isópoda, con fotografía y su función.



Son saprófagos, especialmente consumidores de humus, aunque se han observado comportamientos de forrajeo de carroña... Al alimentarse de materia orgánica muerta juegan un papel clave en el reciclaje de nutrientes (García, 2015).

3.3.14 Orden coleóptera

Tabla 28

Orden coleóptera, con fotografía y su función.



algunas especies son plagas de cultivos, alimentos almacenados y en plantaciones forestales. Muchos son considerados insectos benéficos como depredadores de insectos plaga, polinizadores, controladores de malezas, y por contribuir al reciclaje de la materia orgánica (Arrieta et al. 2018).

3.3.15 Orden zoráptera

Tabla 29

Orden zoráptera, con fotografía y su función.



Se desarrollan sobre madera en descomposición avanzada, donde se alimentan de hifas y esporas de hongos, aunque algunos son depredadores de nematodos, ácaros y otros artrópodos pequeños (Arrieta et al. 2018).

3.3.16 Orden pseudoescorpión

Tabla 30

Orden pseudoescorpión, con fotografía y su función.



Habitan en el suelo asociados a materia orgánica, musgos, hojarasca, ambientes saxícolas y subterráneos, y otros hábitats. Son depredadores de presas pequeñas como ácaros, colémbolos, dipluros, dípteros, hormigas, isópodos, psocópteros, entre otros (Arrieta et al. 2018).

3.4 Microfauna edáfica encontrada de mayor importancia para la restauración de ecosistemas

A la fauna edáfica se le considera como uno de los grupos que realiza un papel muy importante en la formación del suelo y de su fertilidad debido a que presentan una gama muy amplia de hábitos alimenticios (Faber et al. 1992; Ponge 1999 como se citó en Palacios Vargas et al., 2014).

Mientras se alimentan, airean y mezclan el suelo, además, regulan a las poblaciones de los microorganismos del mismo. También demuestran ser excelentes indicadores de la calidad del suelo. El humus que existe en un lugar, su formación e incorporación está determinada en gran medida por el tipo de fauna que lo habita, por las características propias del suelo, el tipo de vegetación, humedad y temperatura del medio (Chernova & Kuznetsova 2000; Luciañez & Simón 1991; Frampton 1999, 2000 como se citó en Palacios Vargas et al., 2014).

Es de señalar que los ácaros y colémbolos son los más abundantes en la mesofauna edáfica. En orden de importancia, se encuentran generalmente en primer lugar los ácaros, seguidos de los colémbolos, llegando a constituir hasta el 98% de la artropodofauna en algunos tipos de suelo (Moreno-Moreno 1996; Garza 2003 como se citó en Palacios Vargas et al., 2014).

Los colémbolos y ácaros no sólo son importantes por su abundancia, sino también por el papel que juegan en la descomposición de la materia orgánica, y el flujo de la energía dentro del sistema edáfico (Irmiler 2000; Lavèlle et al. 1981; Petersen & Luxton 1982; Dindal 1990; Vreeken-Buijs et al. 1998, como se citó en Palacios Vargas et al., 2014). Algunos autores han señalado que ciertos ácaros y colémbolos son indicadores de diferentes grados de perturbación en el suelo (Luciañez & Simón 1991; Frampton 2000; Salmon et al. 2002; Salmon & Ponge 1999 como se citó en Palacios Vargas et al., 2014).

CONCLUSIONES

- Las acciones de intervención de cuencas mediante la siembra de árboles frutales y forestales, aumentó la evapotranspiración, siendo más alta en aquellas parcelas con mayor desarrollo de la cobertura vegetal (parcela 1 de Ejecutora ACUA)
- Los valores de escorrentía y carga de sedimentos, fueron menores en todas las parcelas intervenidas mediante obras de conservación de suelos como siembra de árboles frutales y ornamentales, zanjas de infiltración, barreras vivas, barreras muertas.
- Implementar diversas acciones de conservación de suelos en las parcelas, produjo un aumento de la recarga hídrica, principalmente por el buen manejo de rastrojos, conservación la cobertura vegetal en el suelo, zanjas de infiltración y siembra de árboles frutales y ornamentales.
- Las ocho parcelas intervenidas presentaron mayor número de individuos y población de microartrópodos edáficos, comparadas con las parcelas no intervenidas.
- El grupo de microartrópodos ORIBATIDA fue el más abundante producto de la acumulación de materia orgánica en las parcelas intervenidas con obras de conservación de suelos y prácticas ecoamigables.
- El modelo de intervención de FIAES que incluye a instituciones, universidades y comunidades es ideal para lograr la restauración de ecosistemas.
- Las acciones de restauración realizadas en la parte alta y media del ACLC está disminuyendo su impacto en la parte baja, gracias a la utilización de los fondos de compensación ambiental administrada por FIAES y ejecutadas por ACUA, Asociación El Bálsamo, Microrregión Los Izalcos.

RECOMENDACIONES

- ✓ A las ejecutoras, trabajar en mejorar la cobertura vegetal según los requerimientos de los planes de finca; así aumentar las tasas de evapotranspiración en las parcelas que se están interviniendo y en futuras, contribuyendo al ciclo hidrológico.
- ✓ A las ejecutoras, capacitar a más personas a realizar obras de conservación de suelo en sus parcelas, para una reducción en la escorrentía y carga de sedimentos, a fin de reducir la pérdida de sedimento, aumentando la disponibilidad de diferentes nutrientes que antes eran arrastrados.
- ✓ A los productores y agricultores, mantener en buenas condiciones las zanjas de infiltración, manejar de manera adecuada los rastrojos, conservar la cobertura vegetal en el suelo, y sembrar más árboles dentro de sus parcelas, para lograr un aumento en la recarga hídrica, esencial para una buena producción agrícola.
- ✓ A FIAES, aumentar las áreas intervenidas con los métodos utilizados de restauración, para generar un incremento de la microfauna edáfica benéfica para el suelo.
- ✓ A los productores y agricultores, conservar la cobertura vegetal y materia orgánica en el suelo, ya que permite que se desarrollen microartrópodos que en su mayoría poseen muchos beneficios entre estos controlando otros organismos que se convierten en plagas de cultivos; formando, aireando, mezclando y fertilizando el suelo.
- ✓ A la UES y FIAES, continuar con investigaciones como estas, ya que ayudará a tener un mejor respaldo científico del trabajo realizado en la restauración de los ecosistemas haciendo uso de los fondos de la compensación ambiental.
- ✓ A la UES y FIAES, realizar un estudio sobre la comparación de la química del suelo tomando como base la presencia de organismos abundantes en parcelas intervenidas y no intervenidas.
- ✓ A FIAES, se recomienda ampliar la restauración de ecosistemas en la parte alta del ACLC, ya que sus acciones repercuten significativamente la parte baja.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alfaro, W. E., Membreño, J., & Perez, M. A. (1992). *Estudio preliminar de artrópodos edáficos bajo diferentes condiciones de manejo del suelo en el cantón Shaltipa de la cuenca del Lago Ilopango*. San Salvador, El Salvador.
- Arrieta Zumbado, M., & Jimenéz Azofeifa, D. (2018). *Insectos de importancia Agrícola. Guía Básica de Entomología*. Heredia, Costa Rica.
- Bogantes, A., Mora, E., Umaña, G., & Loría, C. (2011). *Guía para la producción de la papaya en Costa Rica* (primera ed.). San José, Costa Rica: Ministerio de Agricultura y Ganadería. Obtenido de Biblioteca Virtual MAG: www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/AV-0891.pdf&ved=2ahUKEwj6ol6P4IrmAhUqvlkKHYN3Dt8QFjAAegQIARAB&usg=AOvVaw3TDLlr77uy8vXyf0fzo-sg
- Cabrera D., G., Socarrás, A. A., Gutiérrez C., E., Tcherva, T., Martínez-M., C., & Lozada P., A. (2017). Fauna del Suelo. En Varios, *Diversidad Biológica de Cuba: Metodos de inventario, monitoreo y colecciones biológicas* (pág. 30). Habana, Cuba: Editorial AMA.
- Caley, M., & Mengersen, R. F. (23 de febrero de 2014). Global species richness estimates have not converged. *Trends in Ecology & Evolution*, 29(4), 187-188. Obtenido de <https://www.ncbi.nlm.gov/m/pubmed/24569101/>
- Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal “ Enrique Álvarez Córdova”, CENTA. (3 de Diciembre de 2018). *Guía Técnica de Conservación de Suelo y Agua*. Recuperado el 02 de Febrero de 2020, de http://centa.gob.sv/docs/guias/recursos%2520naturales/Guia%2520Centa_SueloYAgua_3.dic.2018.pdf&ved=2ahUKEwiq97ytlujnAhWRTN8KHXI_AEUQFjAAegQIBhAB&usg=AOvVaw0y6nSaTZ3T8kffu2VGInX0
- Christiansen, K. (Enero de 1964). Bionomic of Collembola. *Annual Review of Entomology*, 9(1), 147-178. Obtenido de <https://www.annualreviews.org/doi/10.1146/annurev.en.09.010164.001051>

- Cosecha azul. (diciembre de 2016). *Cosecha Azul*. Recuperado el 11 de febrero de 2019, de <http://www.cosecha-azul.org/calculadora-de-beneficios-hidricos>
- CRS, C. R. (Noviembre de 2017). *Water Benefits Calculator, Technical Guidance Document*. Recuperado el 09 de Febrero de 2019, de Catholic Relief Services: <https://www.waterbenefitscalculator.com/Downloads.vbhtml>
- DACC, D. d. (11 de diciembre de 2019). *Evapotranspiracion potencial*. Obtenido de <http://www.contingencias.mendoza.gov.ar/web1/evapotranspiracion.php>
- Departamento de Agricultura de los Estados Unidos de Norteamérica (USDA). (2000). *Soil Quality Test Kit Guide*. (A. Luters, & J. C. Salazar, Trads.) Argentina. Recuperado el 17 de Febrero de 2019, de https://www.nrcs.usda.gov/Internet/FSE_DOCUMENTS/stelprdb1044786.pdf
- Domínguez Camacho, M. (30 de Junio de 2015). CLASE SYMPHYLA. *Ibero Diversidad Entomológica @ccesible(34)*, 7. Recuperado el 1 de Diciembre de 2019, de www.sea-entomologia.org/IDE@
- Domínguez Rodríguez, T. (30 de Junio de 2015). Clase PAUROPODA. *Ibero Diversidad Entomológica @ccesible(33)*, 12. Recuperado el 1 de Diciembre de 2019, de www.sea-entomologia.org/IDE@
- Evans, G. O. (1992). *Principles of Acarology*. Cambridge, Reino Unido: C. A. B. International Publishing.
- FAO, O. d. (s.f.). *FAO*. Recuperado el 13 de marzo de 2019, de www.fao.org/tempref/FI/CDrom/FAO_Training/FAO_Training/General/x6707s/x6707s02.htm#top
- FIAES. (3 de Octubre de 2018). *Fondo de Inversion Ambiental de El Salvador*. Recuperado el 8 de Febrero de 2019, de <https://fiaes.upmakeapps.com/fiaes-realiza-conferencia-sobre-importancia-de-la-compensacion-ambiental/>

- FIAES. (Noviembre de 2018). La restauración como mecanismo de adaptación. *Mejor Ambiente*, 51.
- FIAES, Fondo de Inversión Ambiental de El Salvador. (2018). *Convocatoria 41-Ejecución 2019-2020: Inversión de elementos claves del Área de Conservación Los Cobanos, Sonsonate, El Salvador*. Santa Tecla, El Salvador: FIAES.
- García, L. (30 de Junio de 2015). CLASE MALACOSTRACA. *IDE@-SEA(78)*, 12. Recuperado el 1 de Diciembre de 2019, de www.sea-entomologia.org/IDE@
- Granizo, T. e. (2006). *Manual de Planificación para la Conservación*. Quito, Ecuador: TNC-USAID.
- Grijalva, R. L. (2015). *Manual para la elaboración de un proyecto de Investigación* (Primera ed., Vol. I). San Salvador, El Salvador: EDIPRO.
- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Pilar Baptista, L. (2014). *Metodología de la investigación* (Sexta ed.). México: McGRAW-HILL / INTERAMERICANA EDITORES, S.A. DE C.V.
- Hong, A. (1978). Evaluation of the use of vegetative covers for soil conservation in FELDA. *Agricultural Journal of Malaysia(51)*, 335-342.
- Humphreys, L. (1991). *Tropical pasture utilization*. Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- Instituto Nacional Tecnológico, INTEC. (2016). *Prácticas de conservación de suelos y agua*. Nicaragua.
- Keouhg, A. C. (03 de Junio de 2019). Capacitación sobre la Calculadora de Beneficios Hídricos. (O. A. Cuellar R., & N. d. Siguenza Q., Entrevistadores)
- Kladivko, E. (2001). Tillage systems and soil ecology. *Soil & Tillage Research*, 61(1), 61-76. Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/223917749_Tillage_systems_and_soil_ecology

- Marín Beitia, E. P. (2013). *POBLACIONES DE ÁCAROS Y COLÉMBOLOS EN UN SUELO Humic Dystrudepts CON INCORPORACIÓN DE ABONOS VERDES Y CULTIVADO CON MAÍZ Zea mays L.* Colombia. Recuperado el 2 de Diciembre de 2019
- Mazariego Rios, R. A. (1988). *Poblaciones de microartrópodos del suelo de una comunidad del Cerro Verde.* San Salvador, El Salvador.
- McGavin, G. C. (2000). *Manual de Identificación de insectos, arañas y otros artropodos terrestres.* Barcelona, España: Ediciones Omega S.A.
- Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales, MARN. (2012). *Ley de Medio Ambiente.* San Salvador, El Salvador
- Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales, MARN. (2016). *Plan de Manejo del Area Natural Protegida: Complejo Los Cóbanos.* San Salvador, El Salvador. Obtenido de <http://www.marn.gob.sv/descargas/Documentos/2018/anp/Cobanos/Plan%20de%20Manejo-Los%20Cobanos.pdf>
- Ochoa, A. (2019). *El Tiempo, diario de cuenca.* Obtenido de ¿en qué consiste la evapotranspiracion?: <https://www.eltiempo.com.ec/noticias/actualidad/10/en-que-consiste-la-evapotranspiracion>
- Palacio Vargas, J., & Mejía Recamier, B. (2007). *Técnicas de colecta, montaje y preservación de microartrópodos edáficos* (primera ed.). México.
- Palacios Vargas, J. G., & Recamier, B. E. (2007). *Técnicas de colecta, montaje y preservación de microartrópodos edáficos* (primera ed.). México D.F., México: Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Ciencias.
- Palacios Vargas, J., Mejía Recamier, B., & de Oyarzabal, A. (2014). *Guía Ilustrada para los artrópodos edáficos.* Mexico: ciencias.unam.mx.

- Pinto, M. C., Vera, W., Luzio, W., & y Salazar, O. (2004). *Edafología: Guía de clases prácticas*. Departameto de Ingenieria y Suelos. Santiago de Chile: Universidad de Chile.
- Prager M., M., Restrepo M., J., Angel S., D. I., Malagon M., R., & Zamorano M., A. (2002). *Agroecología*. Palmira, Colombia: Feriva S.A.
- Ramirez Solano, L. M. (2012). *ANÁLISIS DE LA IMPLEMENTACIÓN DE UN MODELO HIDROLÓGICO DISTRIBUIDO CON INFORMACIÓN ESTÁNDAR EN ESPAÑA*. Valencia, España: Universidad Politécnica de Valencia.
- Raudes, M., & Sagastume, N. (2009). *Manual de Conservación de Suelos* (Abelino Pitty ed.). (E. A. Panamericana, Ed.) El Zamorano, Honduras. Recuperado el 10 de Febrero de 2019, de https://www.se.gob.hn/media/files/media/Modulo_3_Manual_Conservacion_de_Suelos..pdf
- Red SICTA. (2013). *Guia de conservación de suelos y agua*. Managua, Nicaragua: Red SICTA.
- Ribera, I., Torralba, A., & Melic, A. (30 de junio de 2015). Introducción y guía visualde los artrópodos. *Revista IDE@ - SEA*, 1(2), 1-30. Obtenido de www.sea-entomologia.org/IDE@
- Salazar, R. C. (21 de marzo de 2016). *Los bosques contribuyen a saciar la sed urbana- Planeta futuro*. Recuperado el 26 de noviembre de 2019, de El País: https://www.google.com/amp/s/elpais.com/elpais/2016/03/21/planeta_futuro/1458568194_670090.amp.html
- Sapunar, J. F. (19 de julio de 2017). *CRS español*. Recuperado el 11 de febrero de 2019, de <https://www.crsespanol.org/fundacion-coca-cola-de-bolivia-y-catholic-relief-services-crs-en-alianza-con-la-fundacion-agrecol-andes-impulsan-el-programa-cosecha-azul/>

Servicio Nacional de Estudios Territoriales. (Marzo de 2005). *snet.gob.sv*. Recuperado el 4 de Febrero de 2019, de <http://portafolio.snet.gob.sv/digitalizacion/pdf/spa/doc00061/doc00061.htm>

Sociedad Entomológica Aragonesa. (2015). Ibero Diversidad Entomológica @ccesible. (33, Ed.) 12. Recuperado el 1 de Diciembre de 2019, de <http://www.sea-entomologia.org>

SPDA. (2014). *Compensación Ambiental*. Lima, Perú. Recuperado el 8 de Febrero de 2019, de <http://www.keneamazon.net/Documents/Publications/Virtual-Library/Biodiversidad/70.pdf>

Zacarías Ortez, E. (2013). *Así se investiga: pasos para hacer una investigación* (Tercera ed.). Santa Tecla, El Salvador: Clásicos Roxsil.

Zhang, Z.-Q. (2013). Animal Biodiversity: An Outline of Higherlevel. *Zootaxa*, 3703(1), 1-82. Obtenido de <http://biotaxa.org/Zootaxa/article/view/zootaxa.3703.1.6/4276>

ANEXOS

Anexo 1. Visitas preliminares a las parcelas.



1.1 Parcela intervenida por ejecutora ACUA (con presencia de barreras muertas)

1.2 Parcela con cobertura vegetal (sin quema de rastrojo)

1.3 Parcela con cobertura vegetal y arbórea (“se observa cultivo de papaya”)

Anexo 2. Ficha de campo para toma de datos de Calculadora de Beneficios Hídricos.

FICHA DE CAMPO PARA LA WBC

| | | |
|-----------------------------|---------------|-------------------|
| Código Parcela: | Ejecutora: | Fecha: |
| Municipio: | Lugar/Cantón: | Años intervenida: |
| Superficie: _____ Hectáreas | Coordenadas: | |

Transectos del área de evaluación

| Transecto 1 | Transecto 2 | Transecto 3 | Transecto 4 |
|--|--|--|--|
| Celda ____: Longitud: ____ m Anchura: ____ m Descripción: | Celda ____: Longitud: ____ m Anchura: ____ m Descripción: | Celda ____: Longitud: ____ m Anchura: ____ m Descripción: | Celda ____: Longitud: ____ m Anchura: ____ m Descripción: |
| Celda ____: Longitud: ____ m Anchura: ____ m Descripción: | Celda ____: Longitud: ____ m Anchura: ____ m Descripción: | Celda ____: Longitud: ____ m Anchura: ____ m Descripción: | Celda ____: Longitud: ____ m Anchura: ____ m Descripción: |
| Celda ____: Longitud: ____ m Anchura: ____ m Descripción: | Celda ____: Longitud: ____ m Anchura: ____ m Descripción: | Celda ____: Longitud: ____ m Anchura: ____ m Descripción: | Celda ____: Longitud: ____ m Anchura: ____ m Descripción: |
| Celda ____: Longitud: ____ m Anchura: ____ m Descripción: | Celda ____: Longitud: ____ m Anchura: ____ m Descripción: | Celda ____: Longitud: ____ m Anchura: ____ m Descripción: | Celda ____: Longitud: ____ m Anchura: ____ m Descripción: |
| Celda ____: Longitud: ____ m Anchura: ____ m Descripción: | Celda ____: Longitud: ____ m Anchura: ____ m Descripción: | Celda ____: Longitud: ____ m Anchura: ____ m Descripción: | Celda ____: Longitud: ____ m Anchura: ____ m Descripción: |
| Celda ____: Longitud: ____ m Anchura: ____ m Descripción: | Celda ____: Longitud: ____ m Anchura: ____ m Descripción: | Celda ____: Longitud: ____ m Anchura: ____ m Descripción: | Celda ____: Longitud: ____ m Anchura: ____ m Descripción: |
| Celda ____: Longitud: ____ m Anchura: ____ m Descripción: | Celda ____: Longitud: ____ m Anchura: ____ m Descripción: | Celda ____: Longitud: ____ m Anchura: ____ m Descripción: | Celda ____: Longitud: ____ m Anchura: ____ m Descripción: |
| Celda ____: Longitud: ____ m Anchura: ____ m Descripción: | Celda ____: Longitud: ____ m Anchura: ____ m Descripción: | Celda ____: Longitud: ____ m Anchura: ____ m Descripción: | Celda ____: Longitud: ____ m Anchura: ____ m Descripción: |

| | | | |
|--|--|--|--|
| | | | |
| Celda ____: Longitud: ____ m Anchura: ____ m Descripción: | Celda ____: Longitud: ____ m Anchura: ____ m Descripción: | Celda ____: Longitud: ____ m Anchura: ____ m Descripción: | Celda ____: Longitud: ____ m Anchura: ____ m Descripción: |
| Porcentaje de pendiente | | | |
| Pendiente 1 | | Pendiente 2 | |
| Punto 1: | | Punto 1: | |
| Punto 2: | | Punto 2: | |
| Punto 3: | | Punto 3: | |
| Punto 4: | | Punto 4: | |
| Punto 5: | | Punto 5: | |
| Sumatoria | | Sumatoria | |
| Promedio total: | | | |

✓ Textura de suelo

| Arena | Limo | Arcilla |
|--------------------|--------------------|--------------------|
| Centímetros | Centímetros | Centímetros |
| Porcentaje: % | Porcentaje: % | Porcentaje: % |
| Tipo de suelo: | | |

✓ Profundidad del suelo

| Profundidad | | | |
|--------------------|--------------------|-----------|--------------------|
| | Centímetros | | Centímetros |
| Agujero 1 | | Agujero 2 | |

✓ Esquematización de la parcela pre intervenida

| Transecto 1 | Transecto 2 | Transecto 3 | Transecto 4 |
|-------------|-------------|-------------|-------------|
| | | | |

Anexo 3. Esquematización del uso de suelo de las parcelas pre y post intervenidas

Parcela 1 de ejecutora ACUA

Pre intervenida

| 17 | Metros |
|---|--------|
| Papaya (2.5 - 6 metros) + suelo desnudo | 32.5 |
| Maíz + suelo desnudo | 36 |

| 12 | Metros |
|----------------------|--------|
| Maíz + suelo desnudo | 39 m |

| 10 | Metros |
|---------------------------|--------|
| Hortalizas (< 2.5 metros) | 36 |

| 11 | Metros |
|--|--------|
| Papaya (< 2.5 metros) + C.V. (cobertura vegetal entre árbol) | 40.5 |
| Laurel (<i>Cordia alliodora</i>) (2.5 - 6 metros) | 2 |
| Papaya (< 2.5 metros) | 30 |

Post intervenida

| 17 | Metros |
|--|--------|
| Maíz+C.V. 90-100% (espacio entre plantas con cobertura vegetativa) | 9 |
| Barrera viva | 1 |
| Maíz + cobertura vegetativa 90-100% (C.V.) | 5 |
| Barrera viva | 1 |
| Maíz + C.V. 90-100% | 12 |
| Barrera viva | 1 |
| Zanja de infiltración | 1 |
| Papaya (2.5 - 6 metros + terraza) + C.V. 90-100% | 39 |

| 5 | Metros |
|--|--------|
| Pozo de infiltración | 5 |
| Papaya (2.5 - 6 metros + terraza) + C.V. | 36.5 |

| 7 | Metros |
|--|--------|
| Papaya (2.5 - 6 metros) + Terraza + C.V. 90-100% | 36.5 |

| 10 | Metros |
|--|--------|
| Maíz + C.V. 100 % | 4.5 |
| Frutales (2.5 - 6 metros + terraza) + C.V. 90-100% | 34 |
| Maíz + C.V. 90-100% | 4 |

| 11 m | Metros |
|--|--------|
| Maíz + C.V. 90-100% | 21 |
| Frutales (< 2.5 metros) + terraza + C.V. 90-100% | 2 |
| Maíz + C.V. 90-100% | 19.5 |
| Laurel (2.5 - 6 metros) + C.V. | 2 |
| Maíz + C.V. | 30 |

Parcela 2 de la ejecutora ACUA

Pre intervenida

| 8 | Metros |
|----------------------|--------|
| Maíz + suelo desnudo | 71.5 |

| 7 | Metros |
|---|--------|
| Maíz + suelo desnudo | 63 |
| Especie de sombra (2.5 - 6 metros) | 1 |
| C.V. (GC: < 10%) pendiente con menos de 10% de C.V. | 85.8 |

Post intervenida

| 3 | Metros |
|---|--------|
| Cítricos (2.5 - 6 metros) + C.V. 90-100% | 1.5 |
| Maíz + C.V. 90-100% | 3 |
| Frutales y maderables (2.5 - 6 metros) + C.V. 90-100% | 9 |
| Barrera viva | 2 |
| Frutales varios (2.5 - 6 metros) + C.V. | 3.5 |
| Cítricos (< 2.5 metros) + Terraza | 3 |
| Frutales varios (2.5 - 6 metros) + C.V. 90-100% (entre arboles) | 24.5 |
| Barrera viva | 5 |
| Frutales varios (2.5 - 6 metros) | 10.5 |
| Barrera viva | 7.5 |
| Barrera muerta | 2 |

| 5 | Metros |
|----------------------|--------|
| Pozo de infiltración | 5 |
| Barrera viva | 9 |
| Barrera muerta | 2 |

| 7 | Metros |
|--|--------|
| Frutales (2.5 - 6 metros) + C.V. | 16 |
| Zanja de infiltracion | 0.7 |
| Cítricos (2.5 - 6 metros) + C.V. | 13.5 |
| Barrera viva | 2 |
| Leucaenas (>6 metros) + C.V. | 24 |
| Barrera viva | 12.6 |
| Frutales y maderables (< 2.5 metros) + Terraza | 36.9 |
| Barrera muerta | |
| C.V. 90-100% | |
| Barrera viva | 0.6 |
| Frutales y maderables (< 2.5 metros) + Terraza | 44 |

Parcela 3 de ejecutora ACUA

Pre intervenida

| 11 | Metros |
|---------------------------|--------|
| Maderables (< 2.5 metros) | 22 |
| Cubierta menor a 10% | |
| Suelo desnudo | 1.4 |

| 8 | Metros |
|---------------------------|--------|
| Maderables (< 2.5 metros) | 29 |
| Pastos | |

| 6 | Metros |
|---------------------------|--------|
| Maderables (< 2.5 metros) | 29.6 |
| Pastos | |

Post intervenida

| 11 | Metros |
|--|--------|
| Maderables (< 2.5 metros) | 3.9 |
| Pasto con cobertura de 50-60% (GC: 50 - 60%) | |
| Maderable (2.5 - 6 metros)+ Pastos 50-60% | 2.5 |
| Frutales (< 2.5 metros) + Pastos 50-60% | 3.5 |
| Maderables (2.5 - 6 metros)+ Pastos 50-60% | 2.5 |
| Frutales y maderables (< 2.5 metros) + Pastos 50-60% | 3.5 |
| Eucaliptos (2.5 - 6 metros)+ Pastos 50-60% | 2.5 |
| Frutales (< 2.5 metros) + Pastos 50-60% | 3.5 |
| Maderables.5 - 6 metros) | 1.5 |

| 8 | Metros |
|--|--------|
| Frutales (< 2.5 metros) | 1 |
| Pastos 50-60% | 5 |
| Frutales (2.5 - 6 metros)+ Pastos 50-60% | 23 |

| 6 | Metros |
|-----------------------------|--------|
| Eucaliptos (2.5 - 6 metros) | 10.2 |
| Pastos 50-60% | |
| Barrera viva | 0.5 |
| Eucaliptos (2.5 - 6 metros) | 7 |
| Pastos 50-60% | |
| Barrera viva | 0.5 |
| Eucaliptos (2.5 - 6 metros) | 7 |
| Pastos 50-60% | |
| Barrera viva | 0.5 |
| Eucaliptos (2.5 - 6 metros) | 3.9 |
| Pastos 50-60% | |

Parcela 1 de ejecutora Asociación El Bálsamo

Pre intervenida

| | Metros |
|------------------------------------|--------|
| 15 | |
| Maíz + suelo desnudo entre plantas | 73 |
| Suelo desnudo | |
| Jocotes (2.5 - 6 metros) | 5 |
| + C.V. entre arboles | |

Post intervenida

| | Metros |
|---|--------|
| 15 | |
| Maíz + C.V. 90-100% | 12 |
| Zanja de infiltración | 0.3 |
| Maíz + C.V. 90-100% | 12.5 |
| Zanja de infiltración | 0.3 |
| Maíz + C.V. 90-100% | 17 |
| Zanja de infiltración | 0.3 |
| Barrera viva + C.V. 90-100% | 2 |
| Frutales y maderables (2.5 - 6 metros) | 1 |
| Frutales y maderables (< 2.5 metros) + Terraza + C.V. 90-100% | 3.5 |
| Maíz + C.V. 90-100% | 11 |
| Frutales y maderables (< 2.5 metros) + C.V. 90-100% | 1.5 |
| Frutales y maderables (2.5 - 6 metros) + C.V. 90-100% | 5.5 |
| Zanja de infiltración | 0.3 |
| Frutales y maderables (2.5 - 6 metros) + C.V. 90-100% | 6 |
| Frutales y maderables (>6 metros) + C.V. 90-100% | 4.8 |

Parcela 2 de ejecutora Asociación El Bálsamo

Pre intervenida

| 17 | Metros |
|------------------|--------|
| Maíz | 83 |
| C.V. (Bare soil) | |

Post intervenida

| 17 | Metros |
|---|--------|
| Frutales y maderables (2.5 - 6 metros) + C.V. 90-100% | 5 |
| Zanja de infiltración | 0.3 |
| Barrera viva | 2 |
| Frutales y maderables (2.5 - 6 metros) + C.V. 90-100% | 5 |
| Barrera viva | 1 |
| Frutales y maderables (< 2.5 metros) | 2 |
| Maíz + C.V. 90-100% | 12 |
| Zanja de infiltración | 0.3 |
| Frutales y maderables (2.5 - 6 metros) + C.V. 90-100% | 2.5 |
| Maíz + C.V. 90-100% | 17 |
| Frutales y maderables (< 2.5 metros) + C.V. 90-100% | 2 |
| Frutales y maderables (2.5 - 6 metros) | 1.2 |
| Maíz + C.V. 90-100% | 12.5 |
| Frutales y maderables (2.5 - 6 metros) + C.V. 90-100% | 3 |
| Zanja de infiltración | 0.3 |
| Frutales y maderables (2.5 - 6 metros) + C.V. 90-100% | 2.5 |
| Maíz + C.V. 90-100% | 6.3 |
| Zanja de infiltración | 0.3 |
| Frutales y maderables (2.5 - 6 metros) + C.V. 90-100% | 7.5 |
| Zanja de infiltración | 0.3 |
| Cubierta Vegetal 90-100% | 0.5 |

Parcela 3 de ejecutora Asociación El Bálsamo

Pre intervenida

| | Metros |
|-----------------------------|--------|
| 15 | |
| Maíz | 100 |
| Suelo desnudo entre plantas | |

Post intervenida

| | Metros |
|---|--------|
| 15 | |
| Maíz + C.V. 90-100% | 9 |
| Frutales y maderables (2.5 - 6 metros) + C.V. 90-100% | 1.5 |
| Maíz + C.V. 90-100% | 14 |
| Frutales y maderables (2.5 - 6 metros) + C.V. 90-100% | 2 |
| Maíz + C.V. 90-100% | 11 |
| Zanja de infiltración | 0.3 |
| Maíz + C.V. 90-100% | 16 |
| Frutales y maderables (2.5 - 6 metros) + C.V. 90-100% | 1 |
| Maíz + C.V. 90-100% | 8 |
| Frutales y maderables (2.5 - 6 metros) + C.V. 90-100% | 1 |
| Maíz + C.V. 90-100% | 8 |
| Zanja de infiltración | 0.3 |
| Frutales y maderables (2.5 - 6 metros) + C.V. 90-100% | 2 |
| Maíz + C.V. 90-100% | 13 |
| Frutales y maderables (2.5 - 6 metros) + C.V. 90-100% | 1 |
| Maíz + C.V. 90-100% | 2 |
| Frutales y maderables (2.5 - 6 metros) + C.V. 90-100% | 10 |

Parcela 1 de ejecutora Microrregión Los Izalcos

Pre intervenida

| | Metros |
|-----------------------------|--------|
| 19 | |
| Maíz | 58 |
| Suelo desnudo entre plantas | |

Post intervenida

| | Metros |
|---|--------|
| 19 | |
| Maíz + C.V. 90-100% | 10 |
| Zanja de infiltración | 0.7 |
| Frutales y maderables (2.5 - 6 metros)+ C.V. 90-100% | 6 |
| Maíz + C.V. 90-100% | 7.5 |
| Frutales y maderables (< 2.5 metros) + Terraza + C.V. 90-100% | 1 |
| Maíz + C.V. 90-100% | 12.5 |
| Zanja de infiltración | 0.7 |
| Frutales y maderables (2.5 - 6 metros) + C.V. 90-100% | 3 |
| Maíz + C.V. 90-100% | 10.5 |
| Frutales y maderables (2.5 - 6 metros) + C.V. 90-100% | 2.5 |
| Cubierta vegetal 90-100% (Pastos) | 3.6 |

Parcela 2 de ejecutora Microrregión Los Izalcos

Pre intervenida

| | Metros |
|--|--------|
| 40 | |
| Maíz + suelo desnudo | 20.5 |
| Maderables (2.5 - 6 metros)+ suelo desnudo | 10 |
| Maíz + suelo desnudo | 41.5 |

Post intervenida

| | Metros |
|---|--------|
| 40 | |
| Maíz + C.V. 90-100% | 20.5 |
| Laureles (<i>Cordia alliodora</i>) (>6 metros) + C.V. 90-100% | 11 |
| Maíz + C.V. 90-100% | 20.5 |
| Frutales y maderables (2.5 - 6 metros) + C.V. 90-100% | 20 |

Anexo 4. capacitaciones y presentación de proyecto de tesis, con institución FIAES y CRS.



4.1



4.2



4.3

4.1 Capacitación con personal de CRS, para el uso de la WBC

4.2 Presentación de anteproyecto a FIAES

4.3 Presentación de resultados y validación por parte de CRS

Anexo 5. Toma de puntos GPS y toma de datos a utilizar en calculadora WBC, usos de suelos.



5.1



5.2



5.3

5.1 Toma de puntos GPS

5.2 Calibración del "Nivel tipo A"

5.3 Toma de datos



5.4



5.5

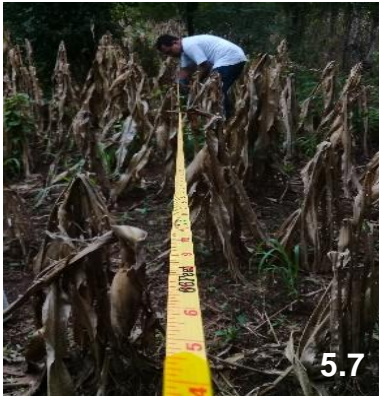


5.6

5.4 Parcela intervenida por ejecutora A. El Bálsamo

5.5 Árboles de "Laurel" en parcela intervenida

5.6 Árboles de cítricos dentro de parcela intervenida por A. El Bálsamo



5.7 Medición de los usos de suelo (Grano básicos)
5.8 Medición de la profundidad del suelo
5.9 Toma de muestras para la textura de suelo.



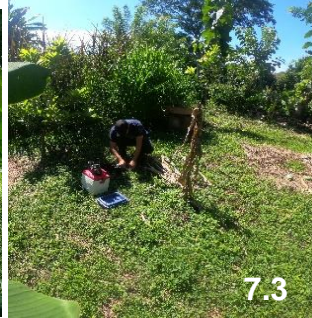
5.10 Obras de conservación de suelo, parcela de ACUA
5.11 Toma de muestras de suelo, parcela de Microrregión Los Izalcos

Anexo 6. Tabla de densidades aparentes en base a la textura del suelo

| Texture Class | Dry Bulk Density (g/cm ³) |
|-----------------|---------------------------------------|
| Sand | 1.8 |
| Loamy Sand | 1.77 |
| Sandy Loam | 1.75 |
| Loam | 1.7 |
| Silt Loam | 1.55 |
| Sandy Clay Loam | 1.7 |
| Clay Loam | 1.65 |
| Silty Clay Loam | 1.5 |
| Sandy Clay | 1.6 |
| Silty Clay | 1.45 |
| Clay | 1.4 |

Fuente: Farm Upload Guidance, herramienta de Calculadora de beneficios hidricos, 2019.

Anexo 7. Toma de muestras de suelo en parcelas pertenecientes al Área de Conservación Los Cóbanos, para posterior análisis en laboratorio

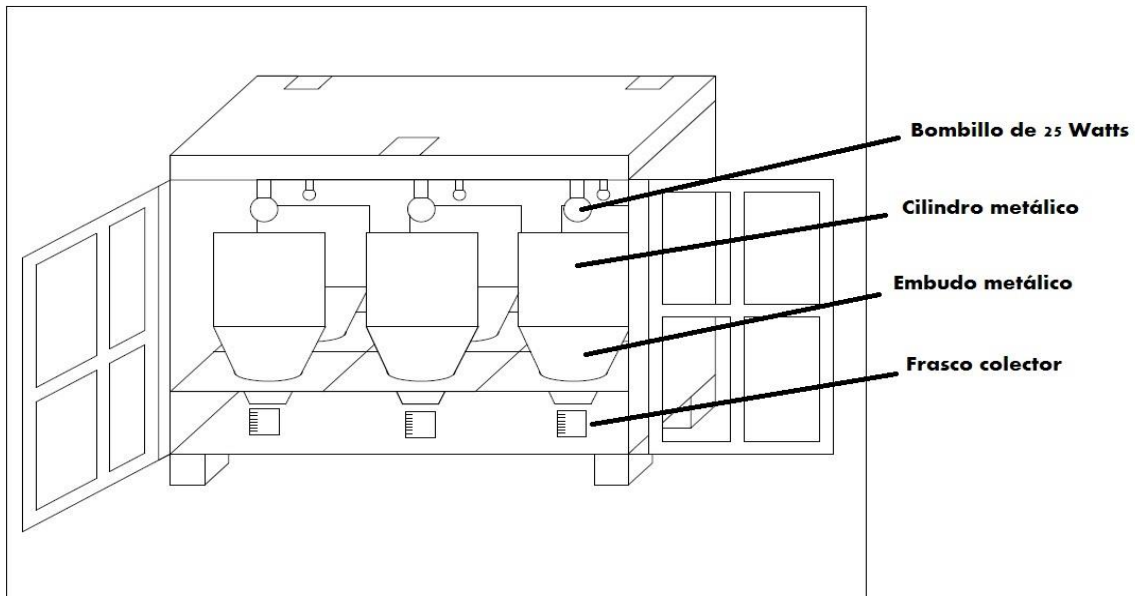


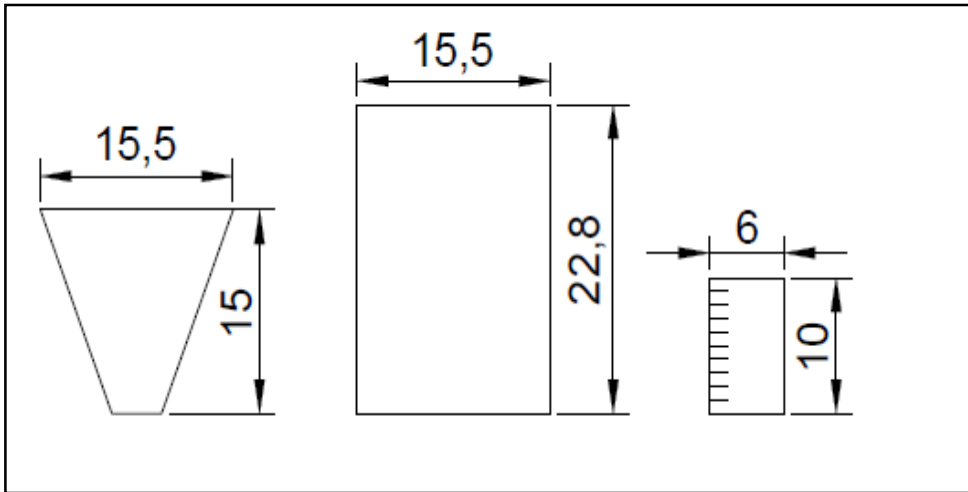
7.1 Toma de muestras de microartrópodos, en parcela intervenida A. El Bálsamo
7.2 Colocación de muestras en hieleras para su traslado
7.3 Toma de muestras en parcela intervenida por ACUA



7.4, 7.5 Toma de muestras en parcelas no intervenidas
7.6 Traslado en hieleras, de las muestras

Anexo 8. Mueble utilizado para la extracción de microartrópodos y medidas de los cilindros y embudos metálicos.





Anexo 9. Preparación de equipo utilizado en el laboratorio de Biología de la Universidad de El Salvador FMOcc.



9.1



9.2



9.3

- 9.1 Colocación de cilindros y tamiz a los embudos de Berlese
- 9.2 Aparato de Berlese, y reactivos utilizados: Alcohol 70° y glicerina
- 9.3 Equipo utilizado en la identificación de microartrópodos.

Anexo 10. Fase de laboratorio



10.1 Recipientes con muestras de microartrópodos listos para su análisis.

10.2 Colocación de muestras en cajas de Petri

10.3 Identificación de microartrópodos utilizando estéreomicroscopios, cámara de microscopía.

Anexo 11. Resultados proporcionados por el software WBC

3.1.1 PI-A1

Tabla 5
Resultados de la WBC parcela pre y post intervenida 1 de ejecutora ACUA.

| Output Variable | Pre-Intervention | Post-Intervention | Difference |
|-----------------------------|------------------|-------------------|------------|
| Precipitation (mm/yr): | 1547.40 | 1547.40 | 0.00 |
| Evapotranspiration (mm/yr): | 871.93 | 993.54 | 121.61 |
| Runoff (mm/yr): | 215.24 | 10.71 | -204.54 |
| Recharge (mm/yr): | 314.69 | 414.68 | 99.99 |
| Sediment Load (MT/ha/yr): | 11.250 | 1.316 | -9.934 |

Fuente: WBC-Versión Excel

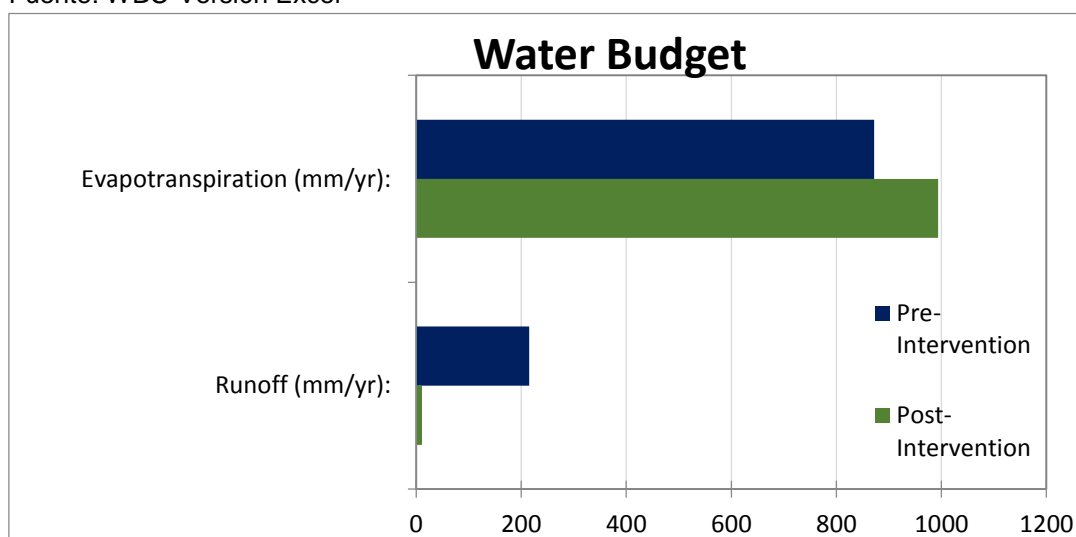


Figura 1. Resultados de la WBC parcela pre y post intervenida 1 de ACUA.

Fuente: WBC-Versión Excel 2019

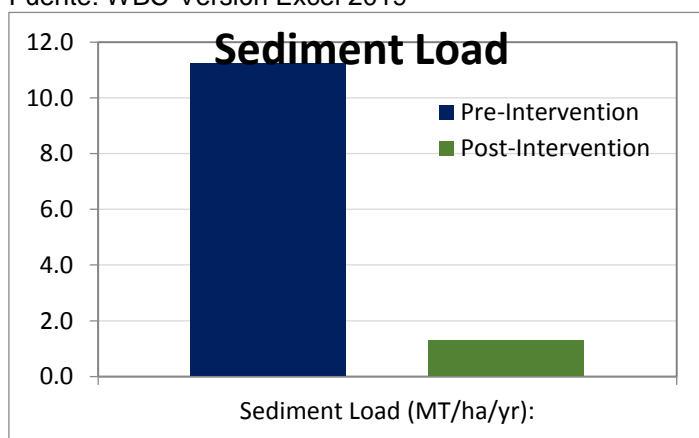


Figura 2. Representación de la sedimentación en parcela pre y post intervenida 1 de ACUA. Fuente: WBC-Versión Excel 2019

3.1.2 PI-A2

Tabla 6
Resultados de la WBC parcela pre y post intervenida 2 de la ejecutora ACUA.

| Output Variable | Pre-Intervention | Post-Intervention | Difference |
|-----------------------------|------------------|-------------------|------------|
| Precipitation (mm/yr): | 1547.40 | 1547.40 | 0.00 |
| Evapotranspiration (mm/yr): | 909.30 | 933.67 | 24.36 |
| Runoff (mm/yr): | 271.81 | 2.30 | -269.51 |
| Recharge (mm/yr): | 282.01 | 535.90 | 253.89 |
| Sediment Load (MT/ha/yr): | 12.434 | 0.128 | -12.305 |

Fuente: WBC-Versión Excel 2019

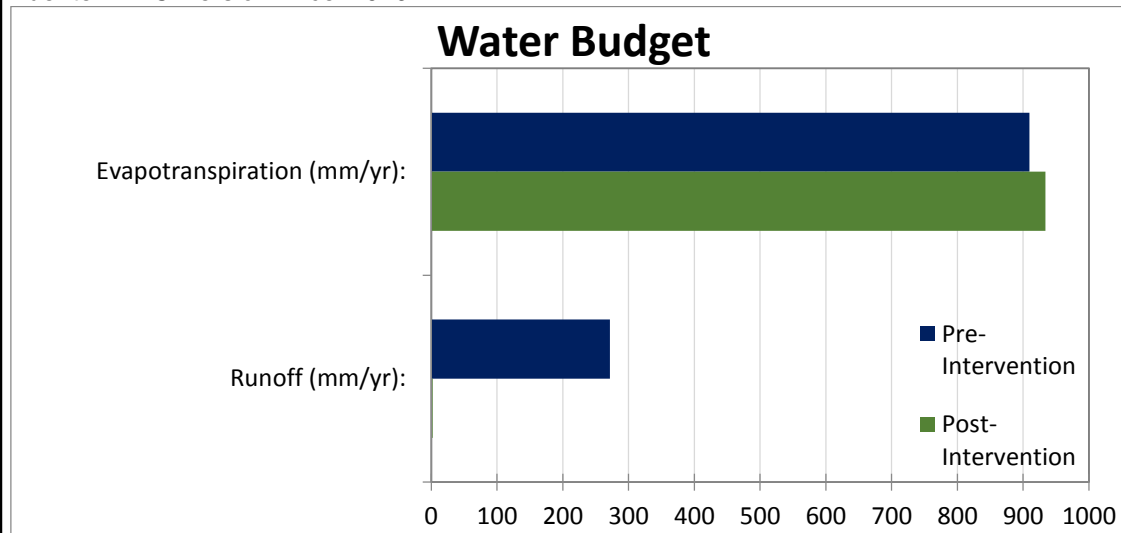


Figura 3. Resultados de la WBC parcela pre y post intervenida 2 de ACUA.

Fuente: WBC-Versión Excel 2019

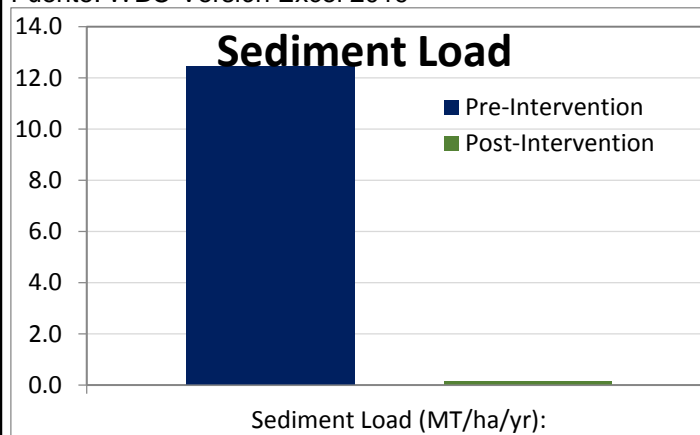


Figura 4. Representación gráfica de la sedimentación en parcela pre y post intervenida 2 de ACUA.

Fuente: WBC-Versión Excel

3.1.3 PI-A3

Tabla 7
Resultados de la WBC parcela pre y post intervenida 3 de la ejecutora ACUA.

| Output Variable | Pre-Intervention | Post-Intervention | Difference |
|-----------------------------|------------------|-------------------|------------|
| Precipitation (mm/yr): | 1547.40 | 1547.40 | 0.00 |
| Evapotranspiration (mm/yr): | 649.16 | 875.64 | 226.49 |
| Runoff (mm/yr): | 721.69 | 85.67 | -636.02 |
| Recharge (mm/yr): | 111.61 | 334.77 | 223.15 |
| Sediment Load (MT/ha/yr): | 11.231 | 2.210 | -9.021 |

Fuente: WBC-Versión Excel 2019

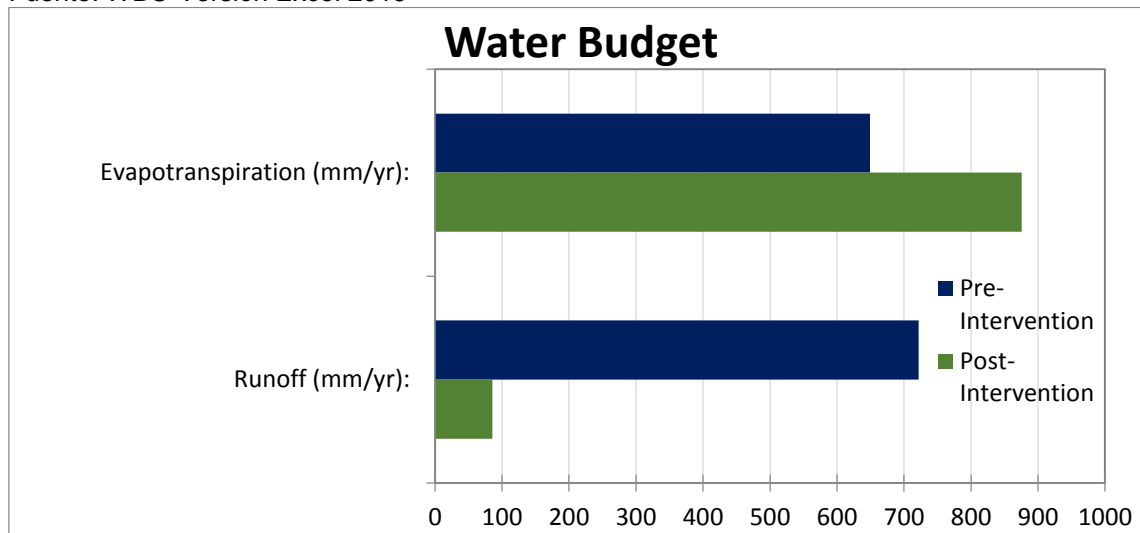


Figura 5. Resultados de la WBC parcela pre y post intervenida 3 de ACUA.

Fuente: WBC-Versión Excel 2019

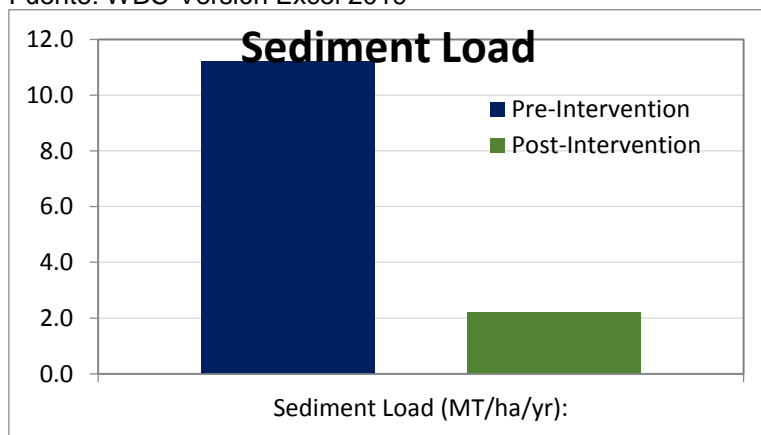


Figura 6. Representación gráfica de la sedimentación en parcela pre y post intervenida 3 de ACUA.

Fuente: WBC-Versión Excel 2019

3.1.4 PI-B1

Tabla 8
Resultados de la WBC parcela pre y post intervenida 1 de la ejecutora Asociación El Bálsamo.

| Output Variable | Pre-Intervention | Post-Intervention | Difference |
|-----------------------------|------------------|-------------------|------------|
| Precipitation (mm/yr): | 1547.40 | 1547.40 | 0.00 |
| Evapotranspiration (mm/yr): | 897.76 | 987.09 | 89.33 |
| Runoff (mm/yr): | 161.67 | 19.62 | -142.05 |
| Recharge (mm/yr): | 337.87 | 466.32 | 128.45 |
| Sediment Load (MT/ha/yr): | 13.229 | 0.033 | -13.196 |

Fuente: WBC-Versión Excel 2019

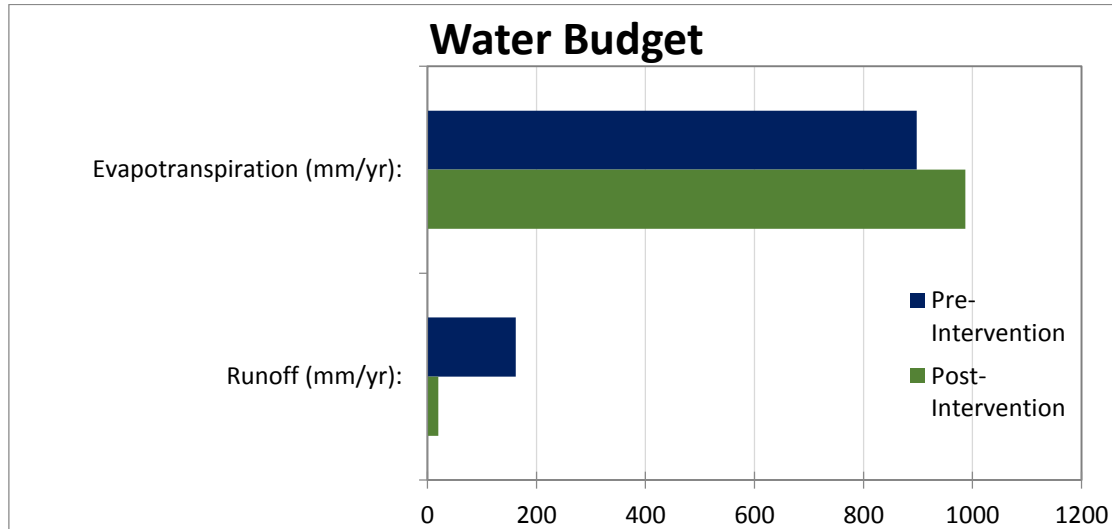


Figura 7. Representación gráfica de algunos resultados de la WBC parcela pre y post intervenida 1 de Asociación El Bálsamo. Fuente: WBC-Versión Excel 2019.

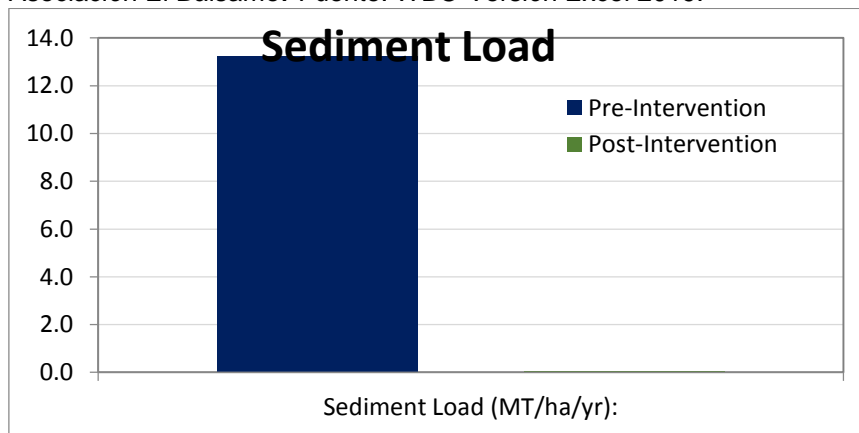


Figura 8. Representación gráfica de la sedimentación en parcela pre y post intervenida 1 de Asociación El Bálsamo. Fuente: WBC-Versión Excel 2019

3.1.5 PI-B2

Tabla 9: Resultados de la WBC parcela pre y post intervenida 2 de la ejecutora Asociación El Bálsamo.

| Output Variable | Pre-Intervention | Post-Intervention | Difference |
|-----------------------------|------------------|-------------------|------------|
| Precipitation (mm/yr): | 1547.40 | 1547.40 | 0.00 |
| Evapotranspiration (mm/yr): | 929.34 | 936.35 | 7.01 |
| Runoff (mm/yr): | 282.48 | 77.10 | -205.39 |
| Recharge (mm/yr): | 243.55 | 510.27 | 266.72 |
| Sediment Load (MT/ha/yr): | 7.295 | 0.054 | -7.241 |

Fuente: WBC-Versión Excel 2019.

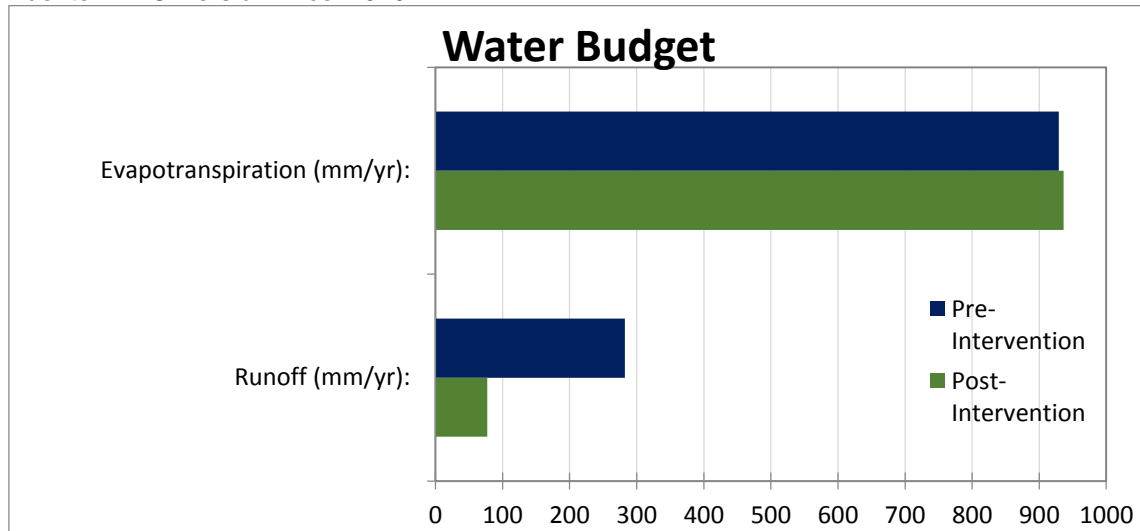


Figura 9. Resultados de la WBC parcela pre y post intervenida 2 de Asociación El Bálsamo. Fuente: WBC-Versión Excel 2019.

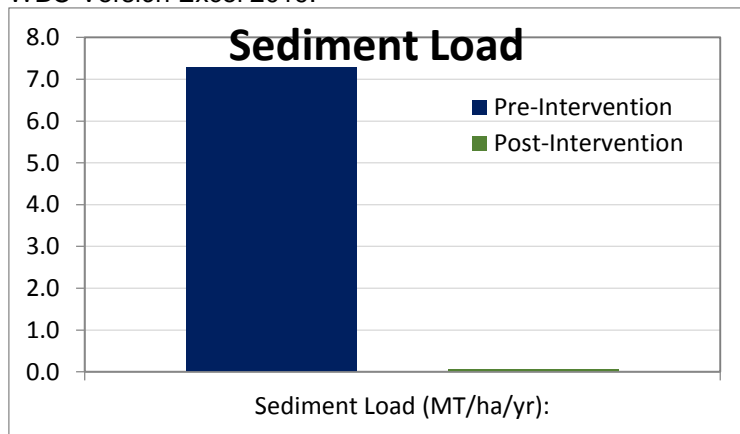


Figura 10. Representación gráfica de la sedimentación en parcela pre y post intervenida 2 de Asociación El Bálsamo. Fuente: WBC-Versión Excel 2019.

3.1.6 PI-B3

Tabla 10

Resultados de la WBC parcela pre y post intervenida 3 de la ejecutora Asociación El Bálsamo.

| Output Variable | Pre-Intervention | Post-Intervention | Difference |
|-----------------------------|------------------|-------------------|------------|
| Precipitation (mm/yr): | 1547.40 | 1547.40 | 0.00 |
| Evapotranspiration (mm/yr): | 870.00 | 975.45 | 105.45 |
| Runoff (mm/yr): | 241.38 | 41.73 | -199.65 |
| Recharge (mm/yr): | 310.11 | 513.35 | 203.24 |
| Sediment Load (MT/ha/yr): | 13.922 | 0.738 | -13.184 |

Fuente: WBC-Versión Excel 2019.

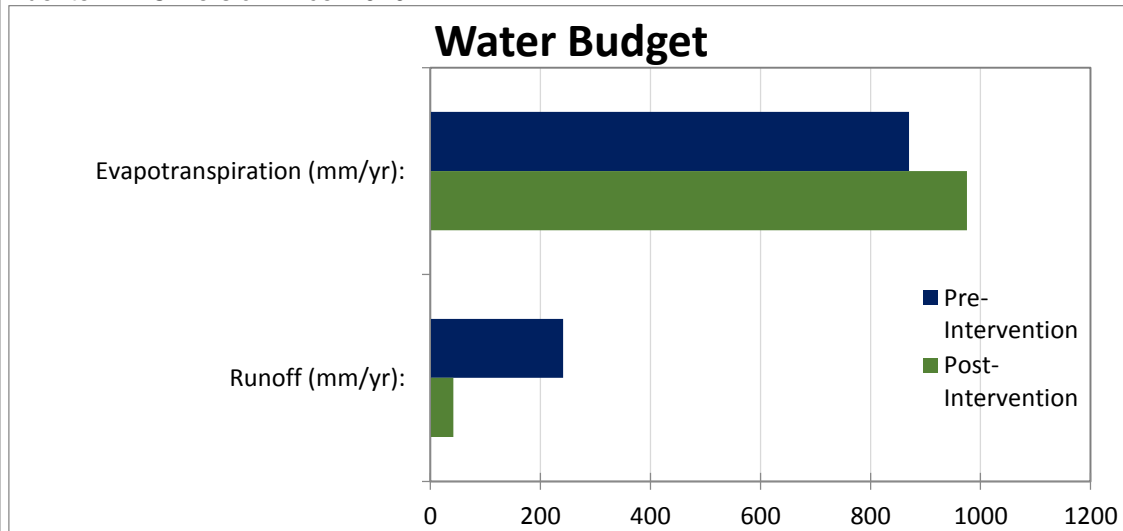


Figura 11. Resultados de la WBC parcela pre y post intervenida 3 de Asociación El Bálsamo. Fuente: WBC-Versión Excel 2019

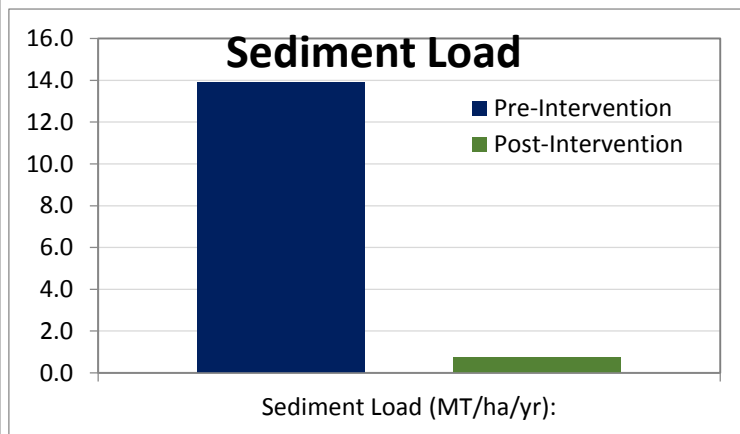


Figura 12. Representación gráfica de la sedimentación en parcela pre y post intervenida 3 de Asociación El Bálsamo. Fuente: WBC-Versión Excel 2019.

3.1.7 PI-C1

Tabla 11
Resultados de la WBC parcela pre y post intervenida 1 de la ejecutora Microrregión Los Izcalcos.

| Output Variable | Pre-Intervention | Post-Intervention | Difference |
|-----------------------------|------------------|-------------------|------------|
| Precipitation (mm/yr): | 1547.40 | 1547.40 | 0.00 |
| Evapotranspiration (mm/yr): | 874.98 | 962.26 | 87.28 |
| Runoff (mm/yr): | 240.02 | 20.78 | -219.24 |
| Recharge (mm/yr): | 307.59 | 497.68 | 190.09 |
| Sediment Load (MT/ha/yr): | 13.821 | 0.954 | -12.867 |

Fuente: WBC-Versión Excel 2019.

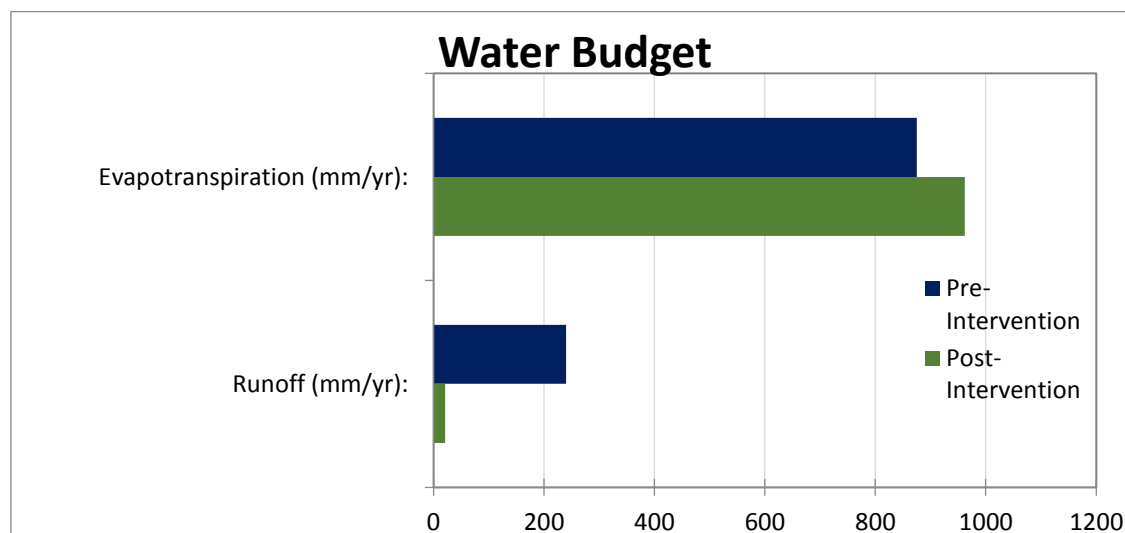


Figura 13. Resultados de la WBC parcela pre y post intervenida 1 de la ejecutora Microrregión Los Izcalcos. Fuente: WBC-Versión Excel 2019.

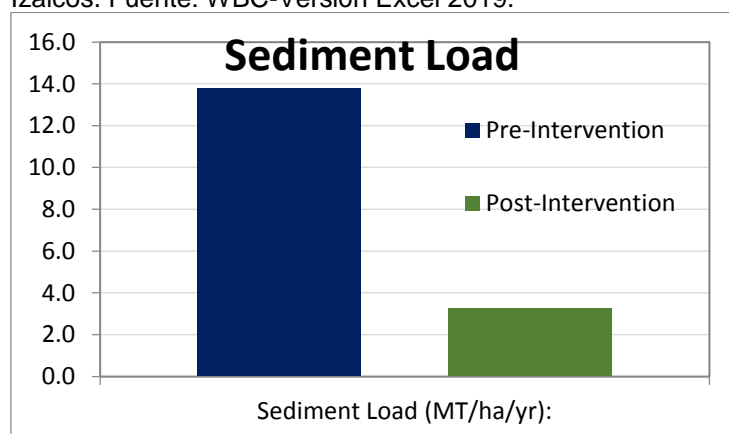


Figura 14. Representación gráfica de la sedimentación en parcela pre y post intervenida 1 de la ejecutora Microrregión Los Izcalcos. Fuente: WBC-Versión Excel 2019.

3.1.8 PI-C2

Tabla 12

Resultados de la WBC parcela pre y post intervenida 2 de la ejecutora Microrregión Los Izcalcos.

| Output Variable | Pre-Intervention | Post-Intervention | Difference |
|-----------------------------|------------------|-------------------|------------|
| Precipitation (mm/yr): | 1547.40 | 1547.40 | 0.00 |
| Evapotranspiration (mm/yr): | 883.12 | 979.29 | 96.18 |
| Runoff (mm/yr): | 186.06 | 23.71 | -162.35 |
| Recharge (mm/yr): | 330.16 | 364.25 | 34.09 |
| Sediment Load (MT/ha/yr): | 12.596 | 2.868 | -9.728 |

Fuente: WBC-Versión Excel 2019.

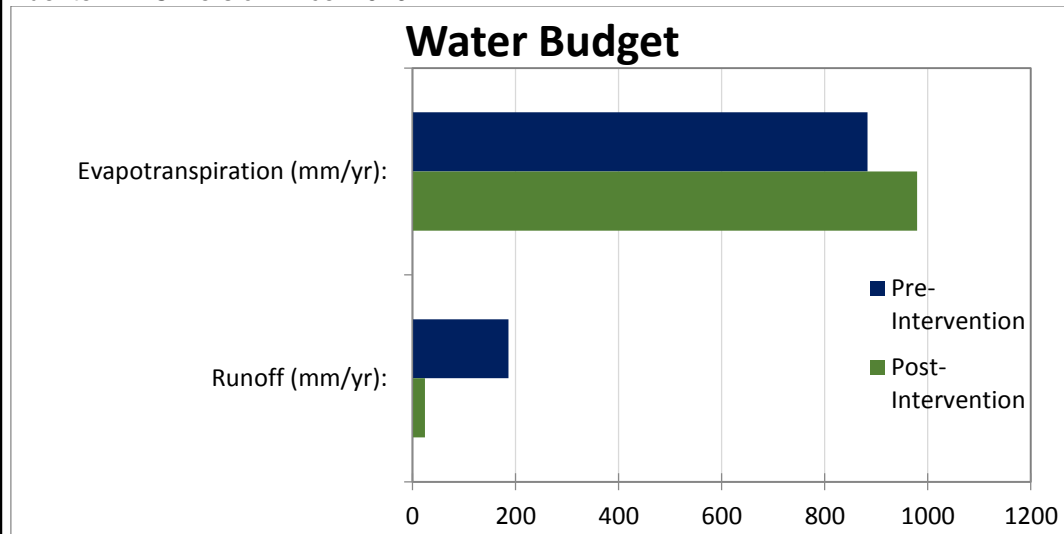


Figura 15. Resultados de la WBC parcela pre y post intervenida 2 de la ejecutora Microrregión Los Izcalcos. Fuente: WBC-Versión Excel 2019.

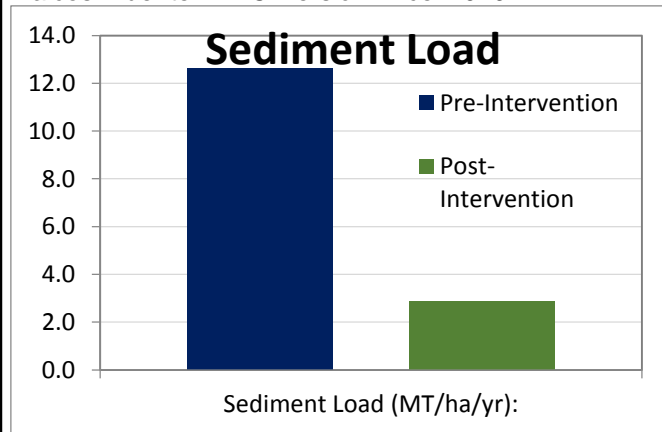


Figura 16. Representación gráfica de la sedimentación en parcela pre y post intervenida 2 de la ejecutora Microrregión Los Izcalcos. Fuente: WBC-Versión Excel 2019.