

Universidad Católica del Trópico Seco
Pbro. Francisco Luis Espinoza Pineda



Trabajo de tesis para optar al título profesional de
Ingeniero Agropecuario

Caracterización del suelo en parcelas agrícolas
con manejo de cobertura de rastrojos como
Prácticas de conservación, Condega 2016-2017

Autoras

Luvania Lisbeth Casco Zavala

María Victoria Ortiz Castellón

Tutora

MSc. Flavia María Andino Rugama

Asesor

PhD. Oscar Enrique Bustamante Morales

Estelí, 2016-2017

Este estudio se llevó a cabo por la alianza entre Catholic Relief Services (CRS – Nicaragua) y la Universidad Católica del Trópico Seco (UCATSE) a través del Proyecto Agricultura, Suelo y Agua (ASA) bajo sistemas de pastura y granos básicos.

Se estimula la citación. Se pueden traducir y/o reproducir extractos cortos del texto sin previo permiso, a condición de que se indique la fuente. Para la traducción o reproducción del texto total se deberá notificar de antemano a los co-ejecutores. Los autores son los únicos responsables del contenido y de las opiniones expresadas; la publicación no implica la aprobación por parte de CRS-Nicaragua



INDICE GENERAL

Contenido	Pagina
INDICE GENERAL.....	i
INDICE DE TABLAS	iii
INDICE DE ANEXOS.....	iv
DEDICATORIA.....	v
AGRADECIMIENTO.....	vii
RESUMEN.....	viii
I. INTRODUCCION	1
II. OBJETIVOS	3
Objetivo general.....	3
Objetivos específicos	3
III. MARCO TEORICO	4
3.1 El suelo	4
3.2 Agricultura de conservación.....	12
IV. MATERIALES Y METODOS.....	16
4.1 Ubicación geográfica.....	16
4.2 Selección de fincas y productores en el estudio	16
4.3 Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	20
4.4 Procesamiento de datos	23
V. RESULTADOS Y DISCUSION	24

5.1	Propiedades físicas, químicas y biológicas en las parcelas en estudio.	24
5.2	Comparación de las parcelas para humedad del suelo y macrofauna .	37
5.3	Producción de biomasa	38
5.4	Rendimientos en parcelas de conservación y parcela de manejo tradicional.....	42
5.5	Planificación de actividades para el manejo de las parcelas agrícolas	45
VI.	CONCLUSIONES	57
VII.	RECOMENDACIÓN	59
VIII.	BIBLIOGRAFIA	60
IX.	ANEXOS	71

INDICE DE TABLAS

Contenido	página
Tabla 1. Información de las fincas y productores considerados en el estudio.....	17
Tabla 2. Definición de variable con su operacionalización.....	18
Tabla 3. Evaluación visual de suelo de las parcelas en estudio para la propiedad física.	25
Tabla 4. Valores de referencia entre Densidad Aparente y condiciones de textura	26
Tabla 5. Prueba T de Student para humedad gravimétrica (%) por parcela para cada productor y por mes.....	29
Tabla 6. Macro y micronutriente de cada productor (análisis de suelo).....	31
Tabla 7. pH en H ₂ O y pH en KCl por parcela (Resultados análisis de suelo)	32
Tabla 8. Estadístico descriptivo para la variable Peso de especie de lombriz por parcela ..	35
Tabla 9. Prueba de Mann Whitney para la variable macrofauna (Sp1).....	36
Tabla 10. Prueba T para estadístico descriptivo para la variable de macrofauna (peso de Sp1)	37
Tabla 11. Correlación no paramétrica entre las variables Humedad Gravimétrica y Macrofauna de Sp1 y Sp2	38
Tabla 12. Prueba de Mann Whitney para la variable de materia seca en porcentaje	39
Tabla 13. Análisis de Kruskal Wallis para la Variable de Materia Seca y Peso de Raíz por parcela.	40
Tabla 14. Porcentaje de rendimiento de maíz en parcelas ASA y testigo.	43
Tabla 15. Porcentaje de rendimiento de frijol en parcelas ASA y testigo.....	44
Tabla 16. Relación beneficio/ costo en (\$-Mz) para el factor de variedad de Maíz (criollo, Pioner) y frijol (criollo-Inta sequia)	45
Tabla 17. Planificación de actividades por productor durante 5 años	46

INDICE DE ANEXOS

Contenido	página
Anexo 1. Comunidad Piedra Larga Arriba de Google maps, (2016).	71
Anexo 2. Comunidad San Pedro de Arenales extraído de Google maps, (2016).....	71
Anexo 3 . Base de datos para Biomasa y cobertura de suelo	72
Anexo 4. Base de dato para Humedad y Densidad aparente.	73
Anexo 5. Base de datos para Macro fauna del suelo	73
Anexo 6 . Hoja de campo. Evaluación visual de suelo.....	74
Anexo 7. Rendimiento del cultivo agrícola	75
Anexo 8. Toma de información de la finca y del sistema productivo	76
Anexo 9. Escala de referencia para la interpretación de análisis químico en el suelo.	78
Anexo 10. Prueba de Kolmogorov-Smirnov para la variable Humedad gravimétrica.....	78
Anexo 11. Clasificación del moteado del suelo dentro de la evaluación visual de suelo ...	79
Anexo 12. Fertilización aplicada en la parcela ASA.....	79
Anexo 13 . Fotografías de campo	80

DEDICATORIA

El presente trabajo investigativo representa un triunfo de gran valor en mi vida, por tal motivo quiero dedicarlo especialmente a **Dios y a la Virgen santísima** quienes fueron mi pilar para lograr mis metas pues me han demostrado su inmensa muestra de amor y de fe durante estos cinco años para lograr mis triunfos.

Mi **Madre Sonia Zavala Rivas**, una mujer fuerte, amorosa, en la que siempre encontré palabras de aliento y cariño por muy difícil que fuera el momento, por su confianza y apoyo económico, este logro es únicamente gracias a ella porque ha sido madre y padre a la vez. De igual manera agradezco este triunfo a mi padre **Julio Ronaldo Casco aguiler a (†)** porque fue mi pilar fundamental en mi formación, por haberme demostrado el valor del trabajo.

A mis hermanos en especial a mi hermana **Geovanela Casco Zavala (†)** quienes me apoyaron en este transcurso, por sus apoyo, consejos y amor brindado en momentos difíciles.

Luvania Lisbeth casco Zavala

A **Dios** padre que me concedió el don de vida, a la **santísima virgen María** por cada una de las bendiciones recibidas y guiarme en este proceso con sabiduría y entendimiento para poder culminar mis estudios bajo su protección y amor.

A mis padres **Ramón Antonio Orteza Rodríguez e Ileana María Castellón Pineda** por ser un pilar fundamental en la realización de cada uno de mis logros, por su esfuerzo de cada día, por estar conmigo siempre en cada uno de los momentos en los que más he necesitado de ustedes y por todo ese amor y confianza incondicional que han puesto en mí. A mis **Hermanas Luvianka Nathali Orteza Castellón e Ileana María Orteza Castellón** por su gran apoyo y amor incondicional que me dan cada día. A mi familia por sus consejos, motivación y el gran cariño que siempre me brindan. A aquellas personas que siempre han creído, confiado en mí y han estado conmigo siempre porque todo se puede lograr con mucho empeño y perseverancia.

María Victoria Orteza Castellón

AGRADECIMIENTO

Hoy hemos alcanzado un logro en nuestra vida, con mucho esfuerzo y sacrificio, pero sobre todo con la ayuda y bendición de nuestro señor, Dios. Por ello dedicamos este trabajo, primero a **nuestro creador** y a **nuestra buena madre** por habernos dado la vida, la voluntad para continuar cada día luchando por conseguir nuestras metas, por brindarnos la confianza y fortaleza cuando más la necesitamos.

A nuestros **padres y hermanos** que con gran sacrificio nos han dado una formación intelectual; por la compañía, amor, confianza y apoyo incondicional en nuestros estudios, quien nuestras.

A **CRS (Catholic Relief Services)** por habernos dado la oportunidad de parte del proyecto y proporcionarnos ayuda para la recolección de datos para llevar acabo nuestra tesis.

A todos los maestros por la formación brindada especial a la MSc. **Flavia María Andino Rugama** por compartir sus conocimientos y colaborar en nuestro informe investigativo de igual manera por su paciencia y tiempo dedicado, así como los aportes y sugerencias en la tesis.

A nuestros **amigos y compañeros** que de una u otra manera nos brindaron su apoyo incondicional por compartir conocimiento, así como momentos de alegría y de tristezas en nuestra vida.

RESUMEN

El presente trabajo se realizó entre los meses de mayo 2016-junio 2017 en las comunidades Arenales, San Pedro y Piedra Larga Arriba del municipio de Condega para caracterizar las propiedades del suelo en parcelas agrícolas con la incorporación de rastrojos, así como las condiciones de manejo de la producción de granos básicos, para la planificación de prácticas de conservación de suelo. Se incluyeron nueve productores de granos básicos bajo un muestreo intencional, con un diseño de parcelas pareadas de 1000 m² por parcela, una de agricultura de conservación (ASA) y otra con manejo tradicional (Testigo). Se estudiaron las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo, cobertura y biomasa de rastrojo, rendimientos del cultivo y manejo del cultivo. Se utilizó el programa SPSS versión 23, con una prueba T-Student o Mann-Whitney y Kruskal Wallis para la comparación de parcelas. La estructura es la propiedad física mejor valorada en la mayoría de las parcelas, con suelos de textura franco arenosa y densidad aparente de 1.2 en su mayoría. Los suelos con fertilidad media, bajos niveles para Cu y S, altos contenidos de Ca, P y K y valores de materia orgánica inferiores a 5. La humedad gravimétrica monitoreada durante un año, mostró valores por debajo del 25% en promedio; no mostrando diferencia estadística entre los dos tipos de parcelas. Macrofauna fue similar para ambas parcelas. Se encontró correlación positiva baja y significativa para humedad gravimétrica y macrofauna (lombrices). La cobertura y biomasa de rastrojos es mayor en las parcelas ASA de frijol y maíz, al igual que los rendimientos y la relación beneficio costo, pero no se encontró diferencia estadística entre parcelas. Con los productores se definió un plan de fertilización según necesidades y actividades de conservación de suelos.

Palabras clave: Humedad gravimétrica, propiedades físicas del suelo, macrofauna, fertilización, rendimiento de maíz y frijol

I. INTRODUCCION

En los últimos años, la labranza de conservación se ha promovido como una alternativa viable para revertir la degradación de los recursos naturales, causada por la erosión de suelo. Esta práctica por sus características de conservación de suelo y agua; tiene amplias posibilidades de ser implementada en gran parte de la superficie agrícola como clave del éxito. Esta tecnología, consiste en dejar suficientes residuos sobre la superficie del suelo, teniendo en cuenta que el grado de cobertura dependerá de la cantidad que sea incorporada, este puede constituir entre un 55% y un 75% de los restos de la cosecha (López, 1999).

Nicaragua enfrenta un gran deterioro del recurso suelo especialmente en las zonas de ladera, donde se asientan una alta población de pequeños productores agropecuarios. En dichas áreas hay graves problemas de degradación y pérdida de la fertilidad de los suelos, a causa del uso extensivo. En Nicaragua al igual que en América Central, han existido siempre prácticas conservacionistas nativas, como el uso de siembra al espeque en laderas, la asociación y rotación de cultivos, gran parte de estas prácticas se han usado y desarrollado de manera tradicional según las capacidades que posee el agricultor para mejorar la productividad.

Una de las preocupaciones de las diferentes instituciones y productores que trabajan en su gran mayoría en producción de granos básicos (maíz y frijol) es la erosión del suelo, mediante esta necesidad surge la incorporación de rastrojos como una práctica tradicional de los productores al suelo que permite que estos sean descompuestos rápidamente, sirviendo de abono a los cultivos posteriores evitando la pérdida o lavado de suelo. Idealmente la incorporación de los residuos se obtiene mayor disponibilidad de materia orgánica, protege la superficie del suelo y mejora la fertilidad en suelos degradados, para mayor efectividad debe hacerse inmediatamente después de terminar la cosecha (Curry, 1987).

Los productores donde se realizó el estudio presentan diversas problemáticas en cuanto a la pérdida de fertilidad y poca retención de humedad en sus parcelas por prácticas mal implementadas obteniendo rendimientos muy bajos en sus cosechas, de manera que al

establecer la utilización de rastrojo mejoró significativamente la disponibilidad de humedad en el terreno por ende mayor disponibilidad de nutrientes al momento de adoptarla.

Por eso, en la presente investigación se planteó caracterizar las propiedades del suelo en parcelas de agrícolas con manejo de rastrojos en nueve fincas de las comunidades de Piedra Larga Arriba y Arenales, del municipio de Condega en el periodo 2016-2017. También se consideró un estudio sobre las condiciones del manejo productivo en las fincas estudiadas, ya que facilitó información para la planificación de prácticas de conservación de suelo en las parcelas estudiadas. Esta investigación es parte de la iniciativa que CRS (Catholic, Relief Service) y UCATSE donde se desarrolló por un periodo de cinco años, realizando en este primer momento un análisis de las condiciones actuales de las parcelas (línea base) y una comparación respecto de ciertas características del suelo como la humedad y la macrofauna del suelo.

II. OBJETIVOS

Objetivo general

Caracterizar las propiedades del suelo en parcelas agrícolas con manejo de cobertura de rastrojos, así como las condiciones de manejo de la producción, que facilite información para la planificación de prácticas de conservación de suelo en nueve fincas de las comunidades de Piedra Larga Arriba y Arenales, Condega, 2016-2017.

Objetivos específicos

Determinar las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo en las parcelas en estudio.

Comparar las parcelas con prácticas de conservación bajo el manejo de cobertura de rastrojos en parcelas tradicionales respecto de la humedad del suelo y la macrofauna.

Determinar las condiciones de sistemas de producción de las fincas que facilite información para la planificación de actividades en parcela de estudio.

Estimar los rendimientos de granos básicos y la relación beneficio-costos en las parcelas de conservación y parcela de manejo tradicional.

III. MARCO TEORICO

3.1 El suelo

El término uso del suelo se aplica a los diferentes tipos de cobertura que el hombre crea para satisfacer sus necesidades materiales. Las características del uso del suelo son el resultado de la interrelación entre los factores físicos o naturales y los factores culturales o humanos. En el transcurso de la historia, el suelo ligado a la productividad agropecuaria, además del cambio de cobertura del suelo esto se ha constituido en factores importantes para el crecimiento y desarrollo de todas las plantas. Las partículas de suelo o material mineral conforman un (45 %) ya sea de limo, arcilla y arena que están presente en el suelo (López J. H,1999).

El suelo desempeña diversas funciones en la superficie terrestre, como soporte de actividades del hombre y habidad de organismos, así como soporte de infraestructura y fuente de materiales no renovables. Además, es un elemento filtrante, amortiguador y transformador que regula el ciclo del agua, sirve como habidad de organismos y reserva genética, constituye en conjunto con el agua, el aire y la luz solar, el fundamento de la vida en el ecosistema terrestre.

Según Doran & Sarrantonio, (1996) la degradación del suelo continuará siendo una problemática mundial del siglo XXI debido a sus efectos adversos en la producción agrícola, medio ambiente, seguridad alimentaria y calidad de vida. Sumado a esto está el hecho de que, este recurso tarda cientos de años para producir unos pocos centímetros de suelo (de 500-200 años) entonces hay que tener en cuenta que su protección es indispensable, debido a su importancia ecológica y económica (Mozo, 1999).

3.1.1. Propiedades físicas del suelo

Están conformadas por (agua, temperatura, porosidad, densidad). Las propiedades físicas suelos, determinan en gran medida, la capacidad de muchos de los usos a los que el hombre

los sujeta. La condición física de un suelo, determina, la rigidez y la fuerza de sostenimiento, la facilidad para la penetración de las raíces, la aireación, la capacidad de drenaje y de almacenamiento de agua, la plasticidad, y la retención de nutrientes. Se considera necesario para las personas involucradas en el uso de la tierra, conocer las propiedades físicas del suelo, para entender en qué medida y cómo influyen en el crecimiento de las plantas, en qué medida y cómo la actividad humana puede llegar a modificarlas, y comprender la importancia de mantener las mejores condiciones físicas del suelo posibles (Fertilab, 2014).

Textura del suelo. Es precisamente esta proporción de cada elemento del suelo a lo que se llama la textura, esta representa el porcentaje en que se encuentran los elementos que constituyen el suelo; arena gruesa, arena media, arena fina, limo, arcilla. Se dice que un suelo tiene una buena textura cuando la proporción de los elementos que lo constituyen le dan la posibilidad de favorecer la fijación del sistema radicular de las plantas y su nutrición, el cambio de la textura en el suelo tendrá un cambio lentamente en el suelo por lo que este elemento lleva un tiempo de 1 año y 3 meses para ver resultados significativos incorporando estos sistemas (Gonzales, 2004).

Porosidad. La porosidad depende de la textura de la estructura y de la actividad biológica del suelo, cuando más gruesos son los elementos de la textura, mayores son los huecos entre ellos. No obstante los suelos con elementos gruesos presentan poros también gruesos y los suelos limosos y arcillosos, huecos muy numerosos pero de pequeño tamaño. La materia orgánica contribuye a aumentar sensiblemente la porosidad. La porosidad está formada por la suma de los porcentajes de poros grandes, medios y pequeños.

El volumen del suelo está constituido en general por 50% materiales sólidos (45% mineral y 5 % materia orgánica) y 50% de espacio poroso (ECAP,2005). En los suelos que presenta una porosidad menor del 40% afecta la actividad biológica especialmente la mesofauna (insectos y lombrices), sin embargo, cuando esta mayor del 65% provoca la compactación en los horizontes, este debe de presentarse en un rango del 45-55% para que la planta pueda desarrollar sus raíces (Anderson M. J.,1994).

Capacidad de infiltración. La capacidad de infiltración depende de la textura, además es el proceso de penetración del agua en el suelo, o la velocidad a la cual el agua entra en el suelo el cual es la capacidad de infiltración, que depende del tipo de suelo, la estructura o la cubierta que este tenga o grado de contenido en el suelo. Por esto la velocidad de infiltración es mayor cuando el suelo está seco que cuando esta húmedo por eso que se debe mantener un suelo cubierto para mantener la infiltración como tal.

La labranza afecta la velocidad de infiltración, debido al aflojamiento de costras superficiales o de zonas compactadas. Sin embargo, la labranza a su vez rompe agregados y deteriora la estructura del suelo creando el potencial para el desarrollo de compactación, escurrimiento superficial, y pérdida de poros. Suelos compactados poseen menos espacio poroso, lo que determina menores velocidades de infiltración, son suelos que tienden a formar costras superficiales o cubiertas (Anderson M. J.,1994).

Un estudio realizado por Lopez J. H., (1999) concreta que un suelo con un incremento de humedad tendrá:

- Mayores rendimientos gracias a la máxima utilización de la lluvia.
- Recarga de las aguas subterráneas asegurando así el nivel de agua en pozos y la continuidad de los ríos y los flujos de las corrientes.
- Riesgo reducido de pérdidas de rendimiento debido a las sequías

De esta forma la intensidad de infiltración, así como la esorrentía da resultando a un desperdicio de agua que podría haber sido usada para la producción de cultivos y para la recarga de las aguas subterráneas. La tasa a la cual la lluvia se infiltra dentro del suelo es influenciada por la abundancia, estabilidad y dimensión de los poros en la superficie del suelo, su contenido de agua y por la continuidad de los poros de transmisión dentro de la zona radical.

Color. El color del suelo viene dado por la existencia y proporción de compuestos orgánicos y minerales. La materia orgánica produce colores oscuros, generalmente negruzcos o pardos, por presencia de ácidos húmicos. La acumulación de materia orgánica les confiere a los horizontes superiores unos colores más oscuros que los que presentan los materiales más

profundos. Los factores que definen el color son diversos, por lo que es muy importante saber identificar (material parental) o bien si sólo es una tonalidad que se generó por un proceso de formación reciente (Fertilab, 2014).

3.1.2. Propiedades químicas del suelo

Las propiedades químicas están representadas por nutrientes y acidez en el suelo. Los beneficios químicos y nutricionales de los residuos de los cultivos y de los cultivos de cobertura están relacionados con la adición de nutrientes a las plantas, el incremento de la materia orgánica en el suelo y la habilidad del suelo para intercambiar nutrientes. Según las especies, los residuos de los cultivos contienen una cantidad importante de nutrientes para las plantas. El residuo del cultivo y el régimen de labranza pueden causar cambios significativos y redistribución de los nutrientes dentro del perfil del suelo (FAO, 2010).

Para que un sistema agrícola sea sostenible los nutrientes exportados en la cosecha, deben volver al suelo para ser utilizados por los cultivos siguientes (Urbano Terrón, 1998). Con el fin de reducir las necesidades de aportación, es imprescindible que las pérdidas de nutrientes por erosión, lixiviación, inmovilización, retrogradación, desnitrificación o volatilización del amoníaco sean mínimas. Así mismo, todas las pérdidas del sistema deben ser repuestas finalmente bien por fijación biológica, una mejor utilización de los nutrientes presentes en el suelo o el uso en las condiciones de máxima eficiencia de los nutrientes incorporados al mismo, en forma de restos de cosechas, estiércoles o fertilizantes inorgánicos (King, 1990). Aunque son muchos los nutrientes necesarios para el desarrollo vegetal, puede decirse que desde la óptica agronómica, nitrógeno, fósforo, potasio y magnesio son sin duda los más relevantes. De ellos el más relevante es el Nitrógeno es fundamental para el desarrollo de las plantas

El Nitrógeno (N), es un elemento esencial para la vida de todos los seres vivos, en especial para las plantas que lo necesitan en altas cantidades y su crecimiento, desarrollo y producción dependen del mismo. Es el nutriente que más despierta el interés de la comunidad científica

de las ciencias agrícolas, debido a la complejidad de las formas en el medio ambiente y su importancia para la productividad de los cultivos agrícolas (Addiscott, 2004).

En los sistemas de producción agrícolas, los principales ingresos de Nitrógeno son a través de la fertilización (orgánica, inorgánica y órgano-mineral), fijación biológica del Nitrógeno (en nódulos o por bacterias fijadoras libres), y los aportes atmosféricos, se genera principalmente en áreas con desarrollo industrial cercano a los campos. Por ende la fijación biológica es responsable de la mayor proporción de Nitrógeno incorporado anualmente al suelo, mientras que las pérdidas se dan por extracción de cultivos, lixiviación, volatilización y desnitrificación. (Navarro & Navarro, 2003).

Según Havlin, Beaton, & Nelson, (2005) el Nitrógeno siendo un elemento químico altamente dinámico, está presente en todos los estratos de la tierra, en la litósfera, contenido en las rocas, en el fondo de los océanos y los sedimentos. Así mismo en forma gaseosa, la atmósfera está compuesta de 78% de N_2 , que corresponde a la fuente primaria de Nitrógeno para el suelo, pero que no puede ser utilizado directamente por las plantas superiores ya que no son capaces de metabolizarlo, además forma parte de numerosas biomoléculas y participa de numerosos procesos bioquímicos. Del total de Nitrógeno orgánico terrestre, el 96% está en la materia orgánica muerta y sólo el 4% en los organismos vivientes (Moreira & J.O., 2002).

De acuerdo con Paladines, (2007), el nitrógeno en las plantas está formando parte de las proteínas y ácidos nucleicos. Se estima que alrededor del 98% de N del suelo se encuentra en forma orgánica, insoluble en agua y por tanto no se dispone de forma inmediata para las plantas. Sin embargo, Tapia, (2006), dice que las principales funciones del N es dar un color verde intenso a plantas, fomenta el crecimiento de las mismas, aumenta la producción de hojas, incrementa el contenido proteínico en los cultivos de alimentos y forrajes y alimenta los microorganismos del suelo favorece así la descomposición de la materia orgánica fresca.

Según Foth, (2005), resalta que una de las funciones del nitrógeno es estimular el crecimiento vegetativo de la parte aérea, ese desarrollo no puede efectuarse sin la presencia del fosforo, potasio y otros elementos esenciales. En cuanto a Curt, (2008), afirma que el nitrógeno es la

base de la nutrición de planta y uno de los componentes más importantes de toda materia orgánica. Sin N, la planta no puede elaborar las materias de reserva que han de alimentar sus órganos de desarrollo y crecimiento, reduciendo el límite de sus formas y producción de frutos.

Con relación a los Micro-nutrientes se le considera elementos nutritivos que se requieren en pequeñas proporciones y muy limitadas, pero si uno o más de estos llegan a faltar, la repercusión sobre el desarrollo y rendimiento de los cultivos es mucha. Por ejemplo, en maíz y cereales se ve afectado el cultivo debido a las deficiencias de cobre, mientras que las deficiencias d zinc se ve reflejada en cultivos como maíz, legumbres y sorgo, estos dos últimos juntos con el frijol se ven afectados por la falta de hierro. Las concentraciones más bajas de los micronutrientes se reflejan en su función como constituyentes de los grupos protéticos en las metaloproteínas y como activadores de reacciones enzimáticas.

Los problemas de déficit de micronutrientes tienden a agravarse debido, entre otros, a los siguientes factores: (a) existencia de suelos con niveles bajos de micronutrientes, debido a la composición de la roca; (b) agotamiento de micronutrientes en suelos fértiles, acelerado por el aumento de la productividad; (c) práctica de encalado, que reduce la disponibilidad de todos los microelementos, excepto materia orgánica; (d) prácticas de encalado deficientes, por ejemplo, aplicando en la capa de 0-10 cm de profundidad, cantidades recomendadas para la de 0-20 cm (Abreu, 1996).

Zinc

Procede de diferentes minerales, principalmente silicatos, sulfuros, óxidos y carbonatos. En la disolución del suelo se encuentra fundamentalmente como Zn^{2+} , sin que tenga propiedades redox. La deficiencia en Zn se da en una amplia variedad de suelos como son los sueltos, los calcáreos, margosos y arenosos pobres en materia orgánica, aunque sobre todo en estos últimos. En cuanto al pH, el Zn se encuentra más disponible en los suelos ácidos que en los alcalinos, siendo su mínima disponibilidad para pH por encima de 7. Se concentra en los horizontes superiores: 2/3 del total del Zn asimilable se encuentra en la capa arable (USR, 2006).

Cobre

Desempeña un papel fundamental en procesos como la fotosíntesis, respiración, desintoxicación de radicales superóxido y lignificación. Cuando se presenta una deficiencia de cobre, la actividad de estas enzimas se reduce drásticamente. Así mismo la reducción del transporte fotosintético de electrones, como consecuencia de menores contenidos de plastocianina, una proteína que contiene cobre, disminuye la tasa de fijación de CO₂, de modo que el contenido de almidón y de carbohidratos solubles también se reducen. Este es el principal factor que provoca la reducción de la producción de materia seca en plantas que sufren de deficiencia de Cu durante el crecimiento vegetativo (IPNI, 2008).

3.1.3. Propiedades biológicas del suelo

Está constituida por materia orgánica, micro y macrofauna. Las propiedades biológicas están asociadas a la presencia de materia orgánica y de formas de vida animal, tales como microorganismos, lombrices e insectos.

Las propiedades biológicas del suelo son muy importantes, ya que está constituida por la macrofauna del suelo, como hongos, bacterias, nematodos, insectos y lombrices, los cuales mejoran las condiciones del suelo acelerando la descomposición y mineralización de la materia orgánica, además que entre ellos ocurren procesos de antagonismo o sinergia que permite un balance entre poblaciones dañinas y benéficas que disminuyen los ataques de plagas a las plantas (Martínez, 2014).

Materia Orgánica

La materia orgánica del suelo (MOS) está formado por compuestos que provienen de restos de organismos, ya sea plantas y animales, y sus productos de desecho. La naturaleza química de la MOS está constituida por una serie de compuestos de complejidad variable en un continuo estado de transformación, desde los residuos de cultivos y animales recientemente incorporados hasta la compleja estructura del humus alcanzada después de períodos muy extensos de transformación.

Según Allison (1973) la característica biológica de la MOS se divide en dos fracciones: una lábil, conformada por material en transición entre los residuos vegetales frescos y la materia orgánica húmica, y una estable, formada por materia orgánica más transformada, constituida principalmente por sustancias húmicas. La fracción estable tiene una relación carbono/nitrógeno (C/N) más estrecha y una densidad específica más alta que la fracción lábil, por lo que también se le denomina fracción pesada de la MO.

De la misma formación la materia orgánica se determina por la formación de suelos comienza cuando los organismos vivos colonizan las rocas. La actividad biológica y la humificación de la materia orgánica aceleran la meteorización. De esta forma, la humificación y meteorización son reacciones que permiten estabilizar las rocas meteorizadas y la materia orgánica formando el suelo (Espinoza, 2010).

La formación de la MOS no sólo es un proceso de degradación. Los microorganismos que son muy activos en la descomposición de residuos de plantas y animales, usan una porción de la energía liberada en la construcción de sus propios cuerpos, que pasa a ser una parte considerable de la MOS, conteniendo los mismos elementos que los materiales que le dieron origen, pero muy diferentes desde una perspectiva de sus características físicas y químicas. Así, se produce un proceso de descomposición en primer lugar y luego uno de síntesis (Galaritni, 2008).

La MO tiene un exactamente efecto positivo en la estructura del suelo, ya que esta es un componente que permite mantener unidas las partículas primarias del suelo (arena, limo y arcilla), en conglomerados de mayor tamaño, que al unirse dejan poros entre ellos, los que sirven de sitios donde la materia orgánica queda ocluida y los microorganismos del suelo encuentran su hábitat. La red de poros interconectados permite retener agua en cantidades suficientes y con apropiado potencial de energía, para que esté disponible para la absorción por parte de las raíces, de manera casi continua, junto con proporcionar vías de baja resistencia física al crecimiento de la raíz, al suministro de oxígeno, eliminación de dióxido de carbono, gases tóxicos y al almacenamiento, translocación y descontaminación del agua (Barzegar, 2002).

Po otro lado la fauna del suelo o edáfica está constituida por organismos que pasan toda o una parte de su vida sobre la superficie inmediata del suelo, en los troncos podridos y la hojarasca superficial y bajo la superficie de la tierra, incluyendo desde animales microscópicos hasta vertebrados de talla mediana. Para vivir en el suelo, estos organismos han tenido que adaptarse a un ambiente compacto, con baja concentración en oxígeno y luminosidad, pocos espacios abiertos, baja disponibilidad y calidad de alimentos y fluctuaciones microclimáticas que pueden llegar a ser muy fuertes (Lavelle P. E., 1992).

En los trópicos la macrofauna es la fauna animal más conspicua del suelo e incluye los invertebrados con un diámetro mayor de 2 mm y fácilmente visibles en la superficie o interior del suelo. Entre sus miembros se encuentran los termes, las lombrices de tierra, los escarabajos, las arañas, las larvas de mosca y de mariposa, los caracoles, los milpiés, los ciempiés y las hormigas. De estos organismos, los escarabajos suelen ser los más diversos (con mayor número de especies), aunque en abundancia predominan generalmente los termes y las hormigas y en biomasa las lombrices de tierra. La abundancia de toda la macrofauna puede alcanzar varios millones de individuos por ha y su biomasa varias toneladas por ha. Su diversidad podría llegar a superar el millar de especies en ecosistemas complejos (como la selva tropical), aunque todavía carecemos de datos exactos sobre la diversidad específica de la macrofauna tropical edáfica en un ecosistema dado (Lavelle P. M., 1994).

3.2 Agricultura de conservación

La agricultura de conservación aporta la base para sustentar la productividad de los recursos naturales y la protección del ambiente y la salud. Permite la conservación y combinación del uso de medidas agronómicas, biológicas y mecánicas que mejoran la calidad del suelo a través de tres principios técnicos cruciales: no alterar el suelo de forma mecánica (siembra directamente), cobertura permanente del suelo, especialmente con el uso de rastrojos y cultivos de cobertura; selección juiciosa para las rotaciones de los cultivos y cultivos múltiples.

Estos sistemas muestran que, al mejorar la calidad del suelo, aumenta la producción agrícola y disminuye la erosión del suelo además beneficia a los agricultores y el medio ambiente. En la AC la reducción de la labranza y la adición de nitrógeno por medio de las leguminosas conduce a un aumento del nitrógeno total en las capas superiores del suelo entre 0 - 7,5 cm (CSA, 2013).

Los cultivos de cobertura tienen una importante capacidad de reciclaje del fósforo (P), más aún cuando los residuos se concentran anualmente en la superficie. Esto quedó claro en parcelas de barbechos, donde las parcelas de labranza convencional tuvieron un contenido de P de 25 por ciento menos, comparadas con las parcelas de no labranza. Según el cultivo de cobertura el aumento fue entre 2 y casi 30 %.

Con la implementación de residuos durante 3 a 5 años tanto el fósforo como el potasio pueden ser acumulados en la parte superior del suelo que representara buena disponibilidad para ser asimilada por la planta, conduciendo a una distribución equilibrada de los nutrientes en el perfil del suelo, al menos dentro del límite superior de 20 - 30 cm (profundidad de arada). Por otro lado, en el caso de la siembra directa el 50 - 75 por ciento de los nutrientes está concentrado en la capa superior del suelo (FAO, 2010).

Respecto del objetivo de la agricultura de conservación (AC) es conservar, mejorar, y hacer un uso más eficiente de los recursos naturales a través del manejo integrado del suelo, el agua y los recursos biológicos disponibles, a los que se suman insumos externos. Esto contribuye a la conservación del ambiente, así como también a una producción agrícola mejorada y sostenible. También es una agricultura que hace un uso eficiente y efectivo de los recursos (FAO, 2011).

La agricultura de conservación mantiene el suelo cubierto con materiales orgánicos en forma permanente o semipermanente. Esto puede ser hecho con materiales orgánicos vivos o muertos. Su función es proteger físicamente el suelo del sol, la lluvia y el viento, y alimentar la biota del suelo (López H. , 1999).

3.2.1. Principios básicos de la agricultura de conservación

Cero Labranza: Se denomina cero labranzas al establecimiento de un cultivo sin preparación de suelo. La semilla se localiza en surcos o agujeros sin remover el suelo, con un ancho y profundidad suficiente para una adecuada cobertura y contacto de la semilla con el suelo. Se le define también como siembra directa, es decir, se siembra sobre el rastrojo del cultivo anterior, sin haber preparado el terreno (FAO, 2002).

Labranza mínima con cobertura: Reduce la labor de remoción del suelo y se prepara el suelo en las fajas constituidas por los surcos donde va a sembrar (Labranza mínima continua) o en los huecos de siembra (Labranza mínima individual). La función principal es de disminuir la susceptibilidad del suelo a la erosión, pero también ayuda para mantener el nivel de materia orgánica y para proteger la macro fauna en el suelo (Macedo, 2000)

Rotación de cultivos. La rotación de cultivos es necesaria en la (AC) para evitar la difusión de las plagas, las malezas y para asegurar que los distintos sistemas radicales de las plantas exploren, existe una mayor posibilidad de que ciertas enfermedades de la planta aumenten al sembrar un cultivo en el propio residuo proveniente de la temporada anterior, sin un período de barbecho, que al sembrar un cultivo en el residuo de un cultivo no relacionado (FAO, 2002). La inclusión de la rotación de labranza más la rotación de cultivos es un excelente método para manejar las enfermedades. Esto podría realizarse, de tal forma, que se pueda retener de un 20% a un 30% de los residuos superficiales, brindando los beneficios de la labranza de superficie y, al mismo tiempo, reduciendo el potencial brote de enfermedades (Anónimo A. , 2009).

Manejo de los residuos. El manejo de los residuos de los cultivos es un elemento fundamental de la Agricultura de Conservación. Por ende, el corte de un cultivo de cobertura antes de la floración o de la formación de la semilla o el paso de un rodillo para aplastar los residuos de los cultivos reduce la presión de las malezas, aumenta la infiltración del agua de lluvia y protege el suelo contra la evaporación. La cobertura de los residuos también protege y

alimenta la fauna del suelo que produce y mantiene abierto el sistema de poros (González, 1997).

3.2.2. Conservación de suelo con cobertura vegetal

Según Mozo, (1999), Las coberturas vegetales son un elemento esencial para la tierra, las plantas absorben y reciclan nutrientes, dióxido de carbono, nitrógeno, azufres y fósforos, al igual que agua. Es de vital importancia mantener en buena cobertura vegetal ya que ayudan en los procesos de regulación del ciclo hidrológico y en la disminución de la erosión de suelos. Consideran el desarrollo de las plantas o cultivos, con la finalidad de mejorar la capacidad productiva de los terrenos y ayudar a disminuir la erosión del suelo. Esta práctica consiste en esparcir zacate seco, hojarasca o residuos de cosecha sobre camellones y calles, con el objetivo de proteger al suelo de la erosión y al cultivo, del salpique.

Según Heckadon, (1999) señala que la cobertura puede ser representada básicamente por la cobertura vegetal de las plantas en desarrollo o por sus residuos. Por eso la utilización de los residuos de cosecha como cobertura del suelo es la manera más eficiente, simple y económica del control de la erosión.

Al manejar cobertura vegetal en toda el área puede generar 127 ton/ha, sin embargo cuando se utiliza rastrojo entre las hilera del cultivo incorpora 59 ton/ha y si cobertura su adición al suelo es de 13 ton/ha, esto indica que la mejor opción para tener buena disponibilidad de materia orgánica así como mejor infiltraciones es la utilización de residuos de cosechas en las parcelas (IITA, 2000).

La conservación de suelos se ha convertido en una necesidad más grande por lo que es necesario recurrir a utilizar este recurso sin explotar irracionalmente grandes extensiones. Las tecnologías conservacionistas comprenden diversos recursos, incluyendo el suelo y su fertilidad; y el agua además implica su mantenimiento en su lugar de formación sin pérdidas físicas. La conservación de la fertilidad consiste en mantener al suelo activamente productivo asegurando un beneficio económico (Ortega, 1997).

IV. MATERIALES Y METODOS

4.1 Ubicación geográfica

La presente investigación se realizó en las comunidades de Arenales y Piedra Larga Arriba, ubicadas en la parte sur del municipio de Condega, departamento de Estelí, a 175 km de Managua, sobre la carretera norte. Cuenta con una temperatura media anual de 24.6° C, al igual con una precipitación de 800 a 900 mm, y también una altitud de 550 a 1450 msnm.

La comunidad de Arenales se localiza en las coordenadas; San Pedro latitud 13°19'21.3" N y longitud 86°21'32.3" (anexo 2) y piedra larga a una latitud de 13°17'45.0" N y una longitud de 86°21'36.0" O (anexo 1) y sus límites son; San Pedro de Arenales: norte: comunidad de San Ramón, sur: comunidad de Piedra Larga, este: comunidad Arenales, oeste: cerro Come Tigre, según los datos del mapa (Google maps, 2016). Sus límites son al norte: comunidad de sabana larga, sur: comunidad santa Adelaida, este: piedra larga abajo, oeste: comunidad La Laguna de los Hernández.

4.2 Selección de fincas y productores en el estudio

Para la selección de las fincas y productores se realizó revisión de registros de UCATSE sobre información de productores que se dedican a la agricultura de granos básicos considerando los criterios de:

- áreas de terreno destinadas para rubro agrícola, con un mínimo de una manzana.
- dueños que expresaron tener disposición para involucrarse en el estudio.

De esta manera se seleccionaron nueve productores por el método intencional, localizándose tres en la comunidad de Arenales y seis en Piedra Larga arriba. A continuación, se indica información básica de cada finca en donde se realizó el estudio.

Tabla 1. Información de las fincas y productores considerados en el estudio

Comunidad	Nombre de la finca	Nombre del productor	Coordenadas		Altura (msnm)
			Latitud	Longitud	
Arenales	El puente	Denis Antonio Alanís Tórrez	569313	1472183	586.1
	El Porvenir	José Ronaldo Villareyna	570195	1473199	781.4
	La Castaña	Mauricio siles Rugama	570322	1473009	648.8
Piedra larga arriba	Los Planes	Daniel Fajardo	569759	1469966	683.7
	El Chagüite	Eddy Barreto	569410	1469839	759.5
	El Mamón	Marcelino Calderón	568424	1470786	837.5
	El Espino	Santiago Fajardo	569177	1469034	845.7
	Los Planes	Joel fajardo	569408	1470019	722.7
	Piedra Larga	William Fajardo	569445	1473149	641

Tabla 2. Definición de variable con su operacionalización

Variables	Definición conceptual	Indicadores	Medida de expresión	Fuente	Instrumento
Propiedades físicas	Son aquellas que se pueden medir sin que se afecte la composición o la identidad de la sustancia.	Humedad del suelo, textura, densidad aparente color, estructura, consistencia, porosidad, compactación, profundidad,	Porcentaje % arena, limo arcilla, clase textural Gramos/cm³ Escala: 0= Pobre 1= Moderado 2= Bueno	suelo	Hoja de campo Análisis de laboratorio evaluación visual del suelo
Propiedades químicas	Son aquellas que se refieren a aquellas particularidades que llevan a una determinada materia a modificar su composición.	macronutrientes (N, P, K, Ca) Micronutrientes(Zn, Cu, Fe, S, B, Ca, Mg), pH .	Porcentaje ppm meq/gr	suelo	Hoja de campo, análisis de suelo
Propiedades biológicas	Son aquellas que están asociadas a la presencia de materia orgánica y de formas de vida animal, tales como microorganismos, lombrices e insectos. Contribuyen a definir su capacidad de uso y su erodabilidad.	Materia orgánica Macro fauna: lombrices y otras especies .	Porcentaje Cantidad individuos Peso en gramos	suelo	Hoja de campo Evaluación visual del suelo

Variables	Definición conceptual	Indicadores	Medida de expresión	Fuente	Instrumento
Cobertura		Biomasa seca de rastrojo Cobertura de rastrojo		Material de cobertura	Hoja de campo Evaluación visual del suelo
Relación beneficio– costo	La relación costo beneficio toma los ingresos y egresos presentes netos del estado de resultado, para determinar cuáles son los beneficios por cada peso en el cultivo.	Rendimientos Costo Ingresos	Porcentaje	cultivo	Hoja de campo Formula: $B/C = \frac{\text{Ingreso}}{\text{Costos de Producción}}$ en \$/Mz
Información del sistema productivo	las condiciones y resultados de las actividades desarrolladas en la finca en los cinco años.	Datos de la finca Prácticas de manejo del suelo Datos de producción	Mz, usos Área, rubros	Productor	Encuesta
Planificación de actividades para el manejo de parcelas	Es el detalle de las acciones que desarrollará el productor en el periodo de cinco años en la parcela de estudio.	Objetivos Resultados Actividades Recursos		Productor	matriz de planificación participativos

4.3 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

El estudio realizado es de Serie de Casos y corresponde a un diseño de parcelas pareadas en donde una de ellas se consideró como parcela de estudio (parcela ASA) y la otra parcela de referencia o tradicional (Testigo). En la parcela ASA se utilizaron diferentes prácticas y actividades para la implementación de un sistema agrícola. Por ende, la parcela de referencia o parcela tradicional se manejó bajo las condiciones habituales que el productor tiene, así mismo se realizó técnicas de Escuelas de Campo (ECAS) con los productores para el desarrollo de diversas actividades en cada una de sus parcelas y discusión de las mismas para detallar el estado en el cual estas se encontraban.

Para el establecimiento de las parcelas en las diferentes comunidades antes mencionadas se realizó la propuesta a los productores, luego se procedió a delimitar los lugares donde quedaron ubicadas las parcelas ASA y TESTIGO para un periodo de 5 años, cabe destacar que en la presente investigación dio un acompañamiento a las parcelas agrícolas en un periodo de un año consecutivo, que corresponde al primer año.

Se monitorearon de forma permanente el comportamiento de las variables de ambas parcelas en estudio. Cada productor se consideró como un tratamiento. La toma de datos se realizó de la manera como se explica a continuación.

4.3.1. Toma de muestra del suelo

En cuanto a la toma de muestras de suelo, se tomaron muestras al inicio del proyecto, considerando una muestra compuesta a partir de 15 puntos entre la parcela de estudio y la parcela de referencia o tradicional que tienen en total 1000 m², luego la muestra recolectada se homogenizó y se cuarteó obteniendo alrededor de un kilogramo de tierra lo cual se procedió a mandar al laboratorio LAQUISA en el departamento de León, Nicaragua. De esta muestra se determinaron los valores para las propiedades físicas, químicas y materia orgánica del suelo.

De manera simultánea se realizó la evaluación visual del suelo cuya valoración fue realizada por el productor, utilizando una escala de la calidad del suelo de bueno, moderado o bajo (Shepherd.T.G, 2000). La información se registró en una hoja de campo (anexo 3). Con este instrumento se estudió color, estructura, consistencia, porosidad, profundidad y compactación. Esta evaluación se realizó al inicio del estudio.

4.3.2. Muestreo de la humedad del suelo

En lo que respecta a las muestras de humedad, se tomó una pequeña muestra de suelo de las parcelas en 3 partes al azar (parte media, alta y baja), en las diferentes parcelas de estudio y así mismo en las parcelas de referencia o tradicional de cada productor, estas se muestrearon de manera bimensual de mayo de 2016 a junio 2017. Registrando los datos en una hoja de campo (Anexo 4). Luego las muestras se llevaron al laboratorio, se secaron en el horno a una temperatura de 105°C por un periodo de 24 horas o hasta que la tierra presentará un peso constante. Con este dato se calculó la humedad gravimétrica por la ecuación:

$$HG(\%) = \frac{\text{Peso húmedo} - \text{Peso seco}}{\text{Peso seco}} * 100$$

También se consideraron los datos de las precipitaciones que fueron tomadas con un pluviómetro sencillo marca Tru-Chek, cuyos datos fueron registrados por un productor de la comunidad de Piedra Larga Arriba en el periodo de septiembre 2016 a junio 2017.

4.3.3. Muestreo de macro fauna del suelo

Para la toma de este dato se procedió a sacar tres muestras, para lo cual se realizó un monolito de 30 x 30 x 30 cm, posteriormente se muestreó en tres estratos de 10 cm cada una en la parte alta, media, baja, tanto en la parcela de estudio como en la parcela de referencia. Se extrajo el suelo de esa área y se fueron contabilizando los individuos encontrados de lombrices y otras especies, así como su peso, la toma se realizó 3 veces en el periodo de un año. También se extrajeron las raíces presentes en esa área y se pesaron. La pesa utilizada fue una digital con capacidad de 500g/0.01 g (Anexo 5).

También se estudió la cantidad de lombrices con la evaluación visual de suelo, utilizando la escala de (Shepherd.T.G, 2000). Para esto se utilizó un monolito, contando el número de lombrices presentes. Esto se realizó una sola vez al inicio del estudio, en conjunto con el productor.

4.3.4. Toma de datos sobre biomasa de rastrojo

Para la biomasa dejada en las parcelas de los productores agrícolas, las muestras se tomaron de 3 puntos al azar, en la parte alta, media y baja de la parcela de estudio. Para esta toma de muestra se seleccionaron en un punto al azar donde se marcó un metro cuadrado, dentro de este metro se recolectó toda la biomasa seca disponible en el suelo luego se procedió a pesar. También se recolectó el material verde, se trasladó al laboratorio para secarlo al horno y sumarlo al peso seco y obtener el peso total en Ton/ha.

Para la toma de datos de cobertura vegetal del suelo se utilizó una cuerda de 5 m de largo, que consta de 10 puntos marcados cada 50 centímetros. Se procedió a tirar la cuerda contando los puntos que disponían cobertura vegetal. Esto se realizó 3 veces por año en las tres áreas identificadas en cada parcela. Luego este valor se utilizó para determinar el porcentaje total de cobertura presente con la fórmula:

$$\text{Cobertura del suelo (\%)} = \frac{\text{Número de nudos con cobertura}}{10} * 100$$

La cobertura del suelo fue valorada por el productor al inicio del estudio, para lo cual se utilizó la evaluación visual de suelo, utilizando la escala de (Shepherd.T.G, 2000).

4.3.5. Toma de datos de rendimiento del cultivo agrícola

En cuanto a la toma de datos de rendimiento del cultivo en maíz, se procedió a tomar cuatro surcos de cinco metros de distancia por punto en cada lote de la parcela del productor, luego se determinó la distancia, la longitud y el número de plantas cosechadas, se pesaron las mazorcas y el total obtenido se multiplicó por 0.8. Esto se realizó en los tres puntos de la parcela de estudio y la de referencia.

En cuanto a la toma de datos de rendimiento del cultivo en frijol se procedió a tomar tres surcos de cinco metros de distancia, luego se midió la distancia, longitud y el número de plantas cosechadas, se procedió a aporrear el frijol y el total obtenido se multiplicó por 0.8. Esto se realizó en los tres puntos de la parcela de estudio y de referencia (Anexo 6).

4.3.6. Toma de información de la finca y del sistema productivo

La recolección de esta información se realizó mediante una encuesta a cada productor donde se detalló cada uno de los datos generales de la finca, de la parcela y los datos generales de la familia de cada uno de ellos (Anexo 7).

4.3.7. Establecimiento de las actividades y el plan de acción para el establecimiento y manejo de las parcelas

Una vez establecidas las parcelas de cada productor se procedió a implementar técnicas que contribuyeron mejorar el suelo, entre las principales prácticas incluidas se consideró la incorporación de rastrojo al suelo, esto se realizó en las parcelas de estudio de cada productor para un periodo de 5 años. La incorporación de rastrojo fue de los residuos de maíz y frijol que se obtuvo de la cosecha de la parcela. También se consideró la inclusión de especies leguminosas y cambios en el manejo de la fertilización considerando el análisis de suelo.

4.4 Procesamiento de datos

Las dos parcelas para cada productor se consideraron como tratamientos para analizar los datos a nivel de productor, el cual se consideró como un ensayo. Para el análisis de los datos se utilizó Programa SPSS versión 23, para un análisis de normalidad con la prueba de Kolmogorov –Smirnov. De igual forma se utilizó T-Students para muestras no paramétrica con Mann-Whitney para poder comparar las dos parcelas del productor y el Programa infostad con shapiro Wilks seguido de una prueba no paramétrica de Kruskal Wallis.

V. RESULTADOS Y DISCUSION

La investigación se enfocó en el estudio de las características de parcelas de productores de granos básicos para la implementación de actividades de agricultura de conservación, entre las cuales se destaca el uso de rastrojo con técnicas de conservación de suelo como alternativa viable para mejorar significativamente el suelo. Esto fue acompañado de un monitoreo de las variables a lo largo de un año e ir comparando con la parcela de referencia o testigo. De tal manera que, en este apartado se presentan los resultados obtenidos de los datos recolectados en el periodo de la investigación.

5.1 Propiedades físicas, químicas y biológicas en las parcelas en estudio.

Las propiedades físicas de los suelos, determinan en gran medida, la capacidad de muchos de los usos a los que el hombre los sujeta, entre las que se destacan la textura, porosidad y estructura. Dicha condición determina la rigidez así como la facilidad para la penetración de las raíces, aireación, capacidad de drenaje, almacenamiento de agua, retención de nutrientes. Así mismo las propiedades biológicas determinan la disponibilidad o el incremento de organismos en el suelo. Se considera necesario que el productor conozca de dichas propiedades para determinar cómo influye el manejo que se le da al suelo en el desarrollo de las plantaciones (Trujillo, 2014).

5.1.1. Propiedades físicas del suelo

Las propiedades físicas definen el color, consistencia, porosidad, estructura y cobertura del suelo, así como la humedad, materia orgánica presente y grado de oxidación de minerales presentes en el suelo lo que determina la productividad del terreno. Su conocimiento permite un mejor desarrollo de las prácticas de labranza y fertilización (León., 2004).

En cuanto a los resultados presentados en la Tabla 2, de la evaluación visual de suelo, basada en la percepción sobre cada parcela estudiada, se determinó que respecto de estructura es donde se alcanzan los valores más altos, particularmente para la comunidad Arenales;

mientras que, para porosidad, coloración se observan valores medios. Con relación al moteado, las parcelas son similares por las condiciones que éstas presentan. Sin embargo (FAO, 2009) indica que el color moteado depende de la unión de manchas o sombras de color disponible en el suelo que viene indicando el manejo que se ha realizado en los suelos laboreados.

En la tabla 3, los resultados indican que hubo variación en las parcelas según las condiciones que presentaron; sin embargo, en su mayoría el color moteado mantuvo un equilibrio obteniendo rangos de 2 a 4. Es necesario que los opten por mayores prácticas que ayuden a mejorar el suelo, de igual manera evitar la compactación al suelo, por ende, se comparó con el (Anexo 11) donde se presentan las condiciones del suelo ejerciendo de esta manera según los suelos estudiados bajo condición buena y estable dentro de las parcelas por la baja presencia de manchas.

Tabla 3. Evaluación visual de suelo de las parcelas en estudio para la propiedad física.

Aspecto del suelo	puntaje máximo	Arenales				Piedra Larga				
		P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9
Estructura	6	6	6	6	3	3	3	6	3	3
Porosidad	4	2	2	2	2	2	0	4	2	4
Coloración	4	2	2	4	2	2	2	2	4	4
Color de moteado	2	1	1	1	1	1	2	1	1	1
Compactación	2	1	1	1	1	2	2	1	0	2
Profundidad	6	3	3	3	3	3	3	3	3	6
Total	24	7	15	17	12	13	12	17	13	20

La densidad aparente es una propiedad del suelo ampliamente utilizada en la agricultura, relacionada principalmente con las prácticas de manejo de los suelos. Asimismo, influye sobre la productividad de los cultivos, debido a su estrecha relación con otras propiedades encontradas en el suelo (Jiménez, 2006) de igual manera (Ahmad, 1983) resalta que los cambios en la densidad aparente reflejan cambios en la estructura del suelo, debido a la relación existente con la porosidad total. En relación a la Tabla 4, se muestra la variación de

densidad aparente, así como la textura del suelo. Las variaciones en las parcelas se dan entre los valores de 1.24 a 1.38 Mg m⁻³ teniendo en cuenta lo que afirma (Alvarado, 2004) que los suelos con alta cantidad de arena en su mayoría se manejan bajo un rango de 1,29-1,51 Mg m⁻³, esto es coincidente con los resultados del presente estudio, ya que corresponde a suelos con alto contenido de arena.

Así mismo la densidad aparente depende en su mayoría de la textura, estando la mayoría de las parcelas clasificadas como suelo franco arenoso y franco, suelos considerados buenos para el establecimiento de cultivos. Al respecto, los datos se corresponden con lo indicado por (USDA, 2015), quien establece que para suelos franco arenosos y francos la densidad aparente debe ser menor a 1.4, valores que se encuentran en los resultados del presente estudio.

Tabla 4. Valores de referencia entre Densidad Aparente y condiciones de textura

Productores	D.A (mg/m³)	Arena %	Limo %	Arcilla %	Condición de la textura
Denis Antonio Alanís	1.26	37.52	37.28	25.20	Franco
José Ronaldo Villareyna	1.38	57.52	31.28	11.20	Franco arenoso
Mauricio Siles Rugama	1.29	57.16	29.28	13.26	Franco arenoso
Santiago fajardo	1.28	61.16	12.64	1.20	Franco arenoso
Marcelino Calderón	1.18	49.16	26.92	23.92	Franco
Joel Fajardo	1.24	55.52	25.28	19.20	Franco arenoso
Daniel Fajardo	1.27	45.52	31.28	23.20	Franco
William Fajardo	1.28	55.52	27.28	17.20	Franco arenoso
Eddy Barreto	1.35	39.52	39.28	21.20	Franco

5.1.2. Comportamiento de la humedad del suelo

En la Figura 1 se puede observar que dos parcelas alcanzaron los valores más altos respecto de la humedad gravimétrica con 24,25 % y 22,68 % parcelas ubicadas en Piedra Larga Arriba

y Arenales respectivamente. Esto se explica con las actividades desarrolladas, debido a las prácticas de conservación que dichos productores han realizado, especialmente con la implementación de barrera muerta y manejo de cobertura de rastrojo. Los valores fluctuaron de manera general desde 2.42% como valor mínimo hasta 95.97% como el más alto, ambos datos registrados en la comunidad de Arenales.

Estos valores se pueden explicar a partir de las precipitaciones, cuando las lluvias han sido más intensas, su valor fue más alto, sobre todo en la comunidad de Piedra Larga Arriba. También, las prácticas pueden influir en la humedad del suelo ya que dos productores ambos de Piedra Larga Arriba, presentaron dificultades con el establecimiento de las prácticas debido a que se manejó el rastrojo un poco más tarde en comparación a los otros por lo que se realizó una prueba de kolmogorov-Smirno (anexo 10) para determinar la significancia en cuanto a la variación de humedad. Otro factor es la condición del suelo, porque son suelos con alto contenido de arena, lo que dificulta la retención de humedad.

La capacidad de retención de agua del suelo depende de la profundidad y tipo de suelo, así como el volumen de los poros o espacios y la proporción de los vacíos que retienen agua contra el empuje de la fuerza de gravedad. En un suelo arenoso hay, por lo general, un volumen total relativamente grande de poros o espacios entre las partículas minerales grandes, pero la mayoría de los poros son tan grandes que el agua de lluvia drena a través de ellos y relativamente poca es retenida dentro del perfil (Simone, 2005).

Por ende el suelo desde el punto de vista agrícola, constituye la principal reserva de agua para el crecimiento de las plantas y es el almacenamiento regulador del ciclo hidrológico a nivel de cultivo por lo que su disponibilidad es indispensable para la captación de las plantas para su crecimiento (Fagro, 2013).

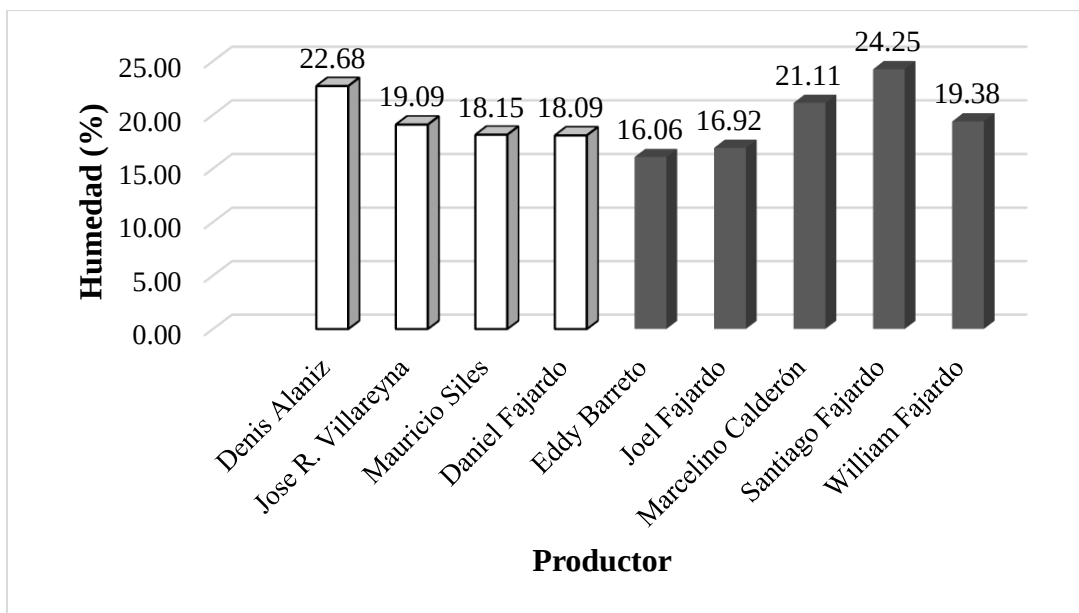


Figura1. Humedad gravimétrica por productor (análisis de suelo)

En la Tabla 5, se observa que los datos para las parcelas ASA en cada productor son en la mayoría de los casos más altos que los de la parcela testigo, sobre todo para los últimos meses. Se observa también que en productores que tuvieron sus inicios más temprano en el proyecto, esa tendencia inició más temprano, mientras que aquellos que entraron más tarde, tienen un comportamiento más irregular.

Respecto de la prueba T-Students se encontró que los valores de humedad gravimétrica para ambos tipos de parcelas, en lo general, no son diferentes estadísticamente; evidenciándose diferencias solamente en un mes para cuatro productores y un productor con dos meses.

Otro factor que puede influir se debe al clima, en zonas del trópico seco, las temperaturas influyen, mientras más seca y caliente esté la atmósfera comparada con la superficie del suelo, mayor será la velocidad de evaporación desde el suelo, lo que influye en la eficiencia y disponibilidad de humedad en el suelo, entrando en juego la realización de prácticas de conservación para aumentar dichos rangos en estas comunidades (Lòpez,1999). Pero como se ha explicado anteriormente, puede que las prácticas implementadas todavía no logran un beneficio marcado para la parcela de estudio por que el tiempo es aún poco para definir estadísticamente esa diferencia.

Tabla 5. Prueba T de Student para humedad gravimétrica (%) por parcela para cada productor y por mes

Productor	Parcela	2016				2017		
		Mayo	Julio	Sept.	Dic.	Feb.	Abril	Junio
Denis Alaníz	ASA		38.3500	25.1900	46.6400	10.7200	11.8800	29.5400
	Testigo	32.9000	10.8900	6.2100	18.5300	35.5500	12.6000	16.3700
	p Valor		0.5694	0.0469	0.0611	0.9199	0.7206	0.0414
José	ASA		10.6700	6.8700	15.4000	42.8000	14.9700	21.7400
R.Villarreyrna	Testigo	32.8800	10.0600	10.6500	18.2200	32.1700	17.5000	14.2100
	p Valor		0.0233	0.5576	0.6095	0.2349	0.2452	0.3620
Mauricio	ASA		12.7700	11.6300	12.3100	8.2300	8.6300	28.1600
Siles	Testigo	30.4000	14.0100	19.5600	16.8400	30.6100	24.8000	18.0100
	p Valor		0.0352	0.1993	0.2548	0.6930	0.4131	0.3297
Santiago	ASA		9.6600	13.5800	29.3300	24.8600	44.2600	28.6000
Fajardo	Testigo	51.7900	22.5100	19.2800	19.1800	16.6200	7.7700	27.7700
	p Valor		0.9779	0.0808	0.1864	0.2291	0.0701	0.0992
Marcelino	ASA		8.4800	4.8400	23.2800	24.8600	24.0100	23.6400
Calderón	Testigo	52.0600	19.1700	6.6200	15.4300	16.6200	11.6600	43.7800
	p Valor		0.7403	0.9660	0.3725	0.2291	0.0213	0.3596
Joel Fajardo	ASA		8.9400	9.6100	16.0300	13.0600	13.2800	20.2500
	Testigo	14.2000	11.7200	24.6000	28.0900	21.7900	11.1000	27.2600
	p Valor		0.6898	0.8581	0.2327	0.9552	0.4950	0.2302
Daniel	ASA		8.5300	7.2200	28.0500	17.9700	10.3700	21.6000
Fajardo	Testigo	29.6000	12.6000	5.9800	26.5800	16.3200	16.2900	34.0100
	p Valor		0.9469	0.0384	0.4516	0.8054	0.3697	0.1233
William	ASA		14.0800	13.9400	23.4500	14.9900	18.8100	27.3400
Fajardo	Testigo	37.6300	9.4700	6.8300	26.7800	10.0100	20.3300	28.3300
	p Valor		0.2999	0.0714	0.6445	0.5394	0.1906	0.2490
Eddy Barreto	ASA		10.2900	9.7800	19.3100	16.0400	16.6700	17.7600
	Testigo	14.2800	6.8000	8.2900	36.3300	12.8700	8.3100	32.1000
	p Valor		0.9469	0.7168	0.3228	0.7501	0.8676	0.9133

De acuerdo a los registros de precipitación comprendida desde el mes de septiembre 2016 hasta junio 2017 se contabilizó una medida total de 1024 ml. Se estableció que en el mes de diciembre las lluvias disminuyeron en comparación con los otros meses, debido a las estaciones en dicha zona, sin embargo, en los meses de abril y mayo 2017 las lluvias aumentaron presentando los meses con mayor precipitación con efectos positivos para la siembra de maíz y frijol. Pero dependerá de las condiciones del suelo, en suelos desnudos el escurrimiento puede ser mayor, con efectos negativos en la capa arable y fértil del suelo.

Ruiz & Hernandez, (2009) plantea que la humedad en el suelo depende en su mayoría de la capacidad de filtración, de igual manera del tipo de suelo. En la agricultura de secano se tienen grandes pérdidas de humedad por esorrentía y evaporación, especialmente en las zonas agroecológicas tropicales y subtropicales con lluvias limitadas, irregulares o marcadamente estacionales, donde las precipitaciones anuales oscilan entre 400 y 1 000 mm, pero además en áreas donde la escasez de lluvias estacionales puede limitar la productividad del cultivo. Ante esto se hace necesario prestar mayor atención a la captura eficiente de la precipitación y mejorar el contenido de humedad del suelo en la zona radical.

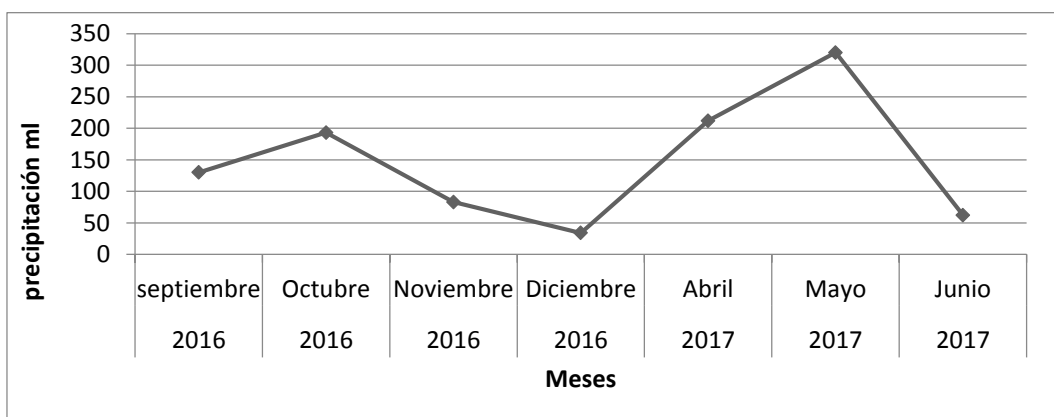


Figura 2. Precipitación mensual en la zona estudiada 2016-2017

5.1.3. Propiedades químicas del suelo

Con relación a macro y micro nutrientes, en la tabla 6 se muestran los valores encontrados, partiendo que el Potasio presentan valores altos (3,357 meq/100ml) en todas las parcelas. Una de las razones es que, en esta zona, desde hace muchos años la fertilización utilizada ha

incluido aplicaciones de este elemento. Asimismo, el Boro presentó un valor medio de (0,4 a 0,6 ppm), pero en la mayoría de las parcelas están en niveles adecuados sin embargo el Zinc presento un valores bajo que asilan de (0.2 a 1.9 ppm) por lo que hay deficiencia de dicho micronutriente, de igual manera el Cobre presento baja disponibilidad con un (0.6 a 2.8 ppm) y por último el Azufre con valores bajos de (5.5 a 10.5 ppm) por lo que es necesario hacer aplicaciones de dichos elementos para mejorar los rendimientos en los cultivos.

El contenido de los suelos cultivados depende tanto del material disponible, como de los aportes de fertilizantes como se muestra en el (anexo 9), sin olvidar la posible acción de la contaminación atmosférica, que puede motivar incrementos significativos de la concentración de determinados elementos. Las raíces de las plantas absorben nutrientes de la solución del suelo y como consecuencia debe mantener un equilibrio entre los macro y micronutrientes. En caso de los micro se requieren en pequeñas cantidades sin embargo su insuficiencia da lugar a una carencia, y su exceso a una toxicidad, en cambio los macros se requieren en grandes cantidades por la demanda que estos tienen (Guitian, 2001).

Tabla 6. Macro y micronutriente de cada productor (análisis de suelo).

parcela	Macronutrientes			Micronutrientes						
	K (meq/100 ml)	P (meq/100 ml)	Ca (meq/100 ml)	Zn (ppm)	Cu (ppm)	Fe (ppm)	S (ppm)	B (ppm)	Ca (ppm)	Mg (ppm)
p1	3,357 A	74,1 A	24 A	7,3 M	4,2 M	43,5 M	36,3 A	0,6 M	32,935 A	8,313 M
p2	0,966 A	23,2 A	19,6 M	0,2 B	0,6 B	78,6 M	9,9 B	0,5 M	26,66 A	10,89 M
p3	1,56 A	17,4 M	22,3 A	0,8 B	3,1 M	61,0 M	10,5 B	0,5 M	24,31 A	6,94 M
p4	1,106 A	15,4 M	21 A	0 B	1,6 B	61,4 M	6,6 B	0,4 M	33,25 A	12,61A
p5	1,92 A	27,4 A	28 A	1,9 B	2,8 B	64,5 M	9,9 B	0,5 M	33,66 A	13,327 A
p6	1,712 A	73,3 A	32,7 A	4,5 M	2,1 B	59,2 M	14,4 B	0,4 M	34,42 A	13,034 A
p7	1,136 A	11,1 M	26 A	0,6 B	3,9 M	59,8 M	5,5 B	0,5 M	30,78 A	9,098 M
p8	2,083 A	27,9 A	18,9 M	1,2 B	2,0 B	65,8 M	10,4 B	0,4 M	35,88 A	12,348 A
p9	1,688 A	43,2 A	24,6 A	3,4 M	3,6 M	62,2 M	10,4 B	0,4 M	25,97 A	7,293 M

Fuente: Laboratorio Laquisa p1..p8: productores Rango: A: alta M: media B: bajo

pH

Otro aspecto analizado fue el pH el cual controla muchas de las actividades químicas y biológicas que ocurren en el suelo y tiene una influencia indirecta en el desarrollo de las plantas por la interacción directa sobre los elementos. Dentro del análisis realizado se muestran datos que están indicados en la Tabla 7 que estima pH de 6.5 a 7.3, que representan

suelo alcalino y neutro. De igual manera presentaron suelos neutros en 6 parcelas de ambas comunidades que viene siendo una condición adecuada para la asimilación ya que se encuentran de forma abundante en cuanto a nutrientes se refiere así mismo influyendo directamente en el desarrollo de las plantas.

Según (Rojas, 2006) determina en un estudio que la alcalinización se genera por una pérdida de cationes básicos de (calcio, magnesio, potasio y sodio) y por una acumulación de cationes ácido como es aluminio e hidrógeno. Por otra parte (Champillo & sadzawka, 2009) opina que la acidificación se debe también a manejo y a los fertilizantes aplicados como amoniacales (nitrato de amonio, fosfato de amonio) y urea que induce una acidificación en el proceso de nitrificación del amonio o bien directamente en el caso de los amoniacales antes mencionados.

Intercambio catiónico

El intercambio de cationes es el sistema natural mediante el cual las raíces de las plantas obtienen los elementos nutritivos como el calcio, el cual se encuentra absorbido por las superficies cargadas negativamente de los coloides del suelo. Por otra parte, los iones hidrógeno liberados a la solución del suelo, por parte de las raíces, lo cual se intercambian con iones de calcio quedan en la solución de suelo donde puede ser absorbida por las raíces (Champillo & sadzawka, 2009). De esta manera el suelo se va acidificando ocasionando un empobrecimiento en cuanto a la fertilidad manifestándose problemas de toxicidad.

Tabla 7. pH en H₂O y pH en KCl por parcela (Resultados análisis de suelo)

Productor	pH en agua	pH en KCL 1N
p1	6,7 A	6,2
p2	6,6 A	5,5
p3	6,5 M	5,9
p4	7,3 A	6,5
p5	6,8 A	6
p6	6,5 M	5,7

Productor	pH en agua	pH en KCL 1N
p7	6,5 M	5,7
p8	6,7 A	6,1
p9	6,6 A	5,8

A: alto M: medio

La materia orgánica puede construir una estructura superficial e interna más fuerte en el perfil del suelo que permite la fácil entrada del agua (agua de infiltración) y su almacenamiento (agua de retención) en forma disponible para la planta. Además, puede ser la protección contra el sellado de la superficie por las gotas de agua de lluvia. La materia orgánica acciona como un adhesivo para permitir la formación de la estructura de las partículas del suelo junto con los poros.

A partir de un análisis de suelo realizado a cada uno de los productores de ambas comunidades se indica en la Figura 3 el porcentaje de materia orgánica disponible en el suelo. En cuanto a esto se observa que una parcela presentó un valor de 7.58 % teniendo en cuenta que es un suelo fértil lo que puede generarse a partir del manejo de cobertura, de igual manera el hecho que no introducen maquinaria y no pastorean ganado en la parcela permite disponer un suelo con mejores condiciones.

Sin embargo, otra parcela presentó un valor de 0.96 % teniendo en cuenta que es un valor muy bajo explicado por las practicas realizadas como fue el uso de pastoreo e introducción de maquinarias pesada a la parcela, de igual manera no se realizó prácticas de conservación a pesar de la pendiente que el terreno presenta, ya que en periodos de lluvia se manifiesta arrastre de suelo.

El método de Egerszegi que consiste en la aplicación profunda del estiércol en forma de capa delgada, a diferentes profundidades (45-70 cm), con las características de enmienda, por cuanto mejora las propiedades físicas del suelo, cumple también la función de acumular agua local y nutrientes para los cultivos; las raíces que penetran en la capa regeneran

permanentemente el material orgánico de la misma (FAO, 1997). Esto facilita un aumento de la actividad microbiana y por consiguiente el continuo suministro de nutrientes.

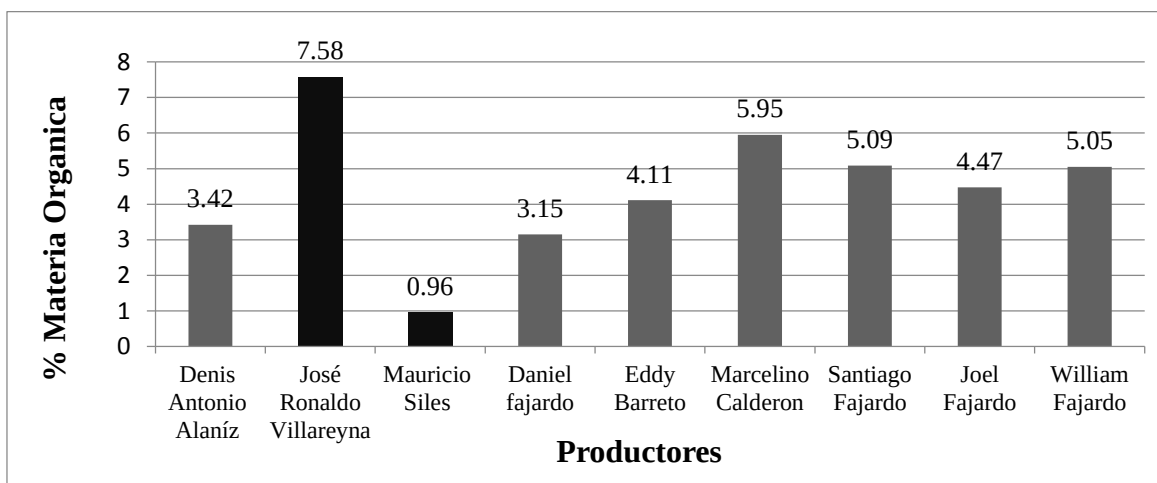


Figura3. Materia orgánica por productor en porcentaje

5.1.4. Propiedades biológicas del suelo

Silva, (1992) destacó mediante una investigación que el aporte de materia orgánica supone una adición de fuente de alimento y energía para los microorganismos presentes en el suelo que permite el desarrollo de cada una y más incremento en la descomposición de la cobertura de rastrojo y fauna responsable de llevar a cabo los ciclos bioquímicos en la naturaleza, así mismo mostró cada uno de los efectos directos e indirectos sobre la disponibilidad de nutrientes para el crecimiento vegetal y mejor desarrollo radicular proporcionaron mejor desarrollo en el cultivo, sirviendo como fuente de N, P y S a través de su mineralización que generan los microorganismos del suelo.

Conforme a los datos de la Tabla 8, se constató que, si existió mayor aporte de macro fauna en dichas parcelas, debido al aporte de nitrógeno en el suelo, de igual manera se mostró disponibilidad de lombrices a pesar del periodo corto que el productor asumió prácticas de conservación; en el año 2016 presentaron similitud en ambas parcelas con baja disponibilidad de lombrices ya que no se habían establecido las prácticas de conservación. Sin embargo, en el año 2017 se mostraron diferencias estadísticas tal como se expresa el valor 1.38201 dando a conocer que durante un año de suelo mejoró la presencia de lombrices en el suelo.

Sin embargo, en la Tabla 8, se presentan valores según el peso de cada especie teniendo en cuenta que se encontró similitud en cuanto al peso entre la especie de lombriz 1 (*Eisenia andrei*) y la especie 2 (*Lumbricus castaneus*) donde se determinó que no existe diferencia estadística en cuando a ambas parcelas mostrando un equilibrio en ambos pesos en la parcela ASA y testigo según la desviación estándar, debido que no hay evidencias significativas en cuanto al aumento de peso.

Tabla 8. Estadístico descriptivo para la variable Peso de especie de lombriz por parcela

	Peso Sp1 (kg/m ³)		Peso Sp2 (kg/m ³)	
	ASA	Testigo	ASA	Testigo
Media	0.0268	0.0284	0.0011	0.0015
Mínimo	0.0000	0.0200	0.0000	0.0000
Máximo	0.0500	0.0500	0.0000	0.0000
DE	0.0117	0.0125	0.0005	0.0006

Según (Ramert, 2000) mostró mediante una investigación que las lombrices como todo organismo vivo están estrechamente vinculadas al medio ambiente donde se desarrollan en un habitat natural para generar el proceso de descomposición de material presente en el suelo; para crecer y poder multiplicarse las especies requieren de un alto porcentaje de humedad, temperaturas adecuadas y alimentación, por ende la materia orgánica y el uso de cubiertas vegetales, favorece la presencia y el desarrollo de las lombrices.

De acuerdo a la Tabla 9 no hubo diferencia estadística en el peso de las especies lo que indica que las practicas realizadas por el productor durante el periodo de un año por lo que aún no se ven reflejadas los cambios estadísticos en cuanto al aumento significativo de las poblaciones en ambas parcelas. Así mismo Pérez, Cluzeau, Curmi, & Hallaire, (1998) resaltaron que el material vegetal es indispensable para otorgar el alimento que las lombrices necesitan día a día para desarrollarse, reproducirse y generar el proceso de descomposición. En general dicho autor reporta que aplicaciones de materia orgánica al suelo, no solamente incrementaron la biomasa de lombrices y su diversidad.

Tabla 9. Prueba de Mann Whitney para la variable macrofauna (Sp1)

	Sp1 lombriz	Sp1 cantidad (kg/m3)
U de Mann-Whitney	233.500	264.000
W de Wilcoxon	668.500	454.000
Z	-.904	-.252
Sig. asintótica (bilateral)	.366	.801

Determinación del peso de la Sp1 y Sp2 de lombriz en ambas parcelas

Fraile, (1986) detalló que las densidades de lombrices varían mucho en los distintos suelos bajo diferentes usos agrícolas y manejo que se le da en periodos de cosecha, donde los resultados de muestreos realizados por dicho autor entre 1983-1986, afirmó que en Costa Rica las cantidades de lombrices de tierra oscilan desde 0, hasta más de 200 individuos/m² lo que corresponde a más de 100 gramos de peso fresco/ m² en cultivos poco degradados que son parcialmente manejados mediante diferentes prácticas que se realizan al suelo.

De acuerdo a los datos obtenidos en el estudio, como se muestra en la Tabla 10 se mostró diferencia entre peso de lombrices tanto en la parcela ASA y testigo, determinando una diferencia estadística en ambas parcelas respecto al peso, obteniendo un peso mayor en la sp1 con 15.931 kg/m³ en cambio en la sp2 su valor estadístico fue menor presentando 14.196 kg/m³. Por tanto, la cantidad radica en el manejo que se le dé al suelo entre más utilización de rastrojo con presencia de humedad mayor será la presencia de dichos organismos en el suelo.

Tabla 10. Prueba T para estadístico descriptivo para la variable de macrofauna (peso de Sp1)

Valor de prueba = 0						
	T	Gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
					Inferior	Superior
Peso Sp1 (kg/m ³)	15.931	47	.000	.027	.024	.030
Peso Sp2(kg/m ³)	14.196	47	.000	.001	.001	.001

5.2 Comparación de las parcelas para humedad del suelo y macrofauna

Según Yanin, (2001) el incremento de macrofauna esta combinada por animales invertebrados, el cual estos generalmente pasan toda o una parte de su vida dentro del suelo, logrando realizar la descomposición de materia orgánica del suelo sobre la superficie inmediata de éste; en la hojarasca superficial que está presente en los suelos y los troncos caídos se realiza un proceso que genera mejores aportes al mismo con ayuda de las especies de lombriz y demás microorganismos.

Posteriormente Tian, Brussaard, & Kang,(1993) demostraron que el número de lombrices disminuyeron y existe una relación baja de Nitrógeno en el suelo, debido al poco manejo del mismo. De igual forma (Buckerfield, 1993) aportó en un ensayo que las poblaciones son más abundantes en el sistema de granos básicos, por el mantillo que se incorpora después de la cosecha ya sea de maíz y frijol obteniendo mayor aporte de materia orgánica que favorece su actividad en el suelo, con ayuda de los diferentes microorganismos que realizan su proceso microbiano con aporte de sus heces para la descomposición de la materia y generar más aporte de materia orgánica. Según (Calegari, 1988) detalló que la humedad del suelo es esencialmente uno de los factores más importantes que define la presencia de las lombrices de tierra en el suelo, debido al aumento que esta proporciona en el mismo.

Es indudable que en un suelo con alto porcentaje de humedad permite el incremento y desarrollo de las diferentes especies de lombrices como se muestra en la tabla 13, donde se refleja que a mayor cantidad de agua disponible en el suelo aumenta significativamente la disponibilidad de lombriz en el suelo. Por ello se resalta que la humedad es un indicador que influye de una manera muy importante en la diversidad de especies, cabe destacar que es por ello que se muestra una correlación entre la influencia que garantiza el porcentaje de humedad sobre el contenido de macrofauna.

Tabla 11. Correlación no paramétrica entre las variables Humedad Gravimétrica y Macrofauna de Sp1 y Sp2

Variable		% Humedad Gravimétrica	Macrofauna Sp1	Macrofauna Sp2
% Humedad Gravimétrica	C.C	1.000	.204*	0.223
	Sig.		0.184	0.146
	C.C	.204*	1.000	.281*
	Sig.	0.184		0.065

5.3 Producción de biomasa

Cabe destacar que, los cultivos de cobertura mejoran la estabilidad y manejo del sistema de AC, el cual no solo en la mejora de las propiedades del suelo, sino también por su capacidad de promover una biodiversidad aumentada en el agro-ecosistema y coberturas de suelos. Esto es confirmado que la materia seca, tanto por residuos como por cultivos agrícolas protege el suelo contra radiación solar, lluvias y vientos, temperaturas extremas y degradación de nutrientes que presenta el suelo, así mismo alimenta a los organismos del suelo. Por ende para la parte protectora es importante que los residuos de cultivos permanezcan en la superficie del mismo preferiblemente dejarlos en forma entera, Alvarado, (2004) para ayudar a la contribución lenta del proceso de generación de materia orgánica y degradación de nutrientes que genera el mismo.

Cabe destacar que Martines, (2004) afirmó en general que cada cosecha en las parcelas agrícolas necesito de mantillo de cobertura de materia seca para mejora la estabilidad del sistema de agricultura de conservación así mismo la fertilidad y las propiedades para mejorar la diversidad de macrofauna en ambas parcelas. El porcentaje de materia seca presente en las parcelas ASA y testigo de acuerdo a la Tabla 12 se muestran diferencias significativa en cuanto a la p-valor menor de 0.05 mejoró un poco los componentes y nutrientes requeridos en el habitat de las parcelas donde la Tabla 12, debido al bajo incremento de los restos de cosecha al suelo por el productor.

Con los resultados obtenidos de la prueba de Mann Whitney en comparación a los datos obtenidos de Lara, (2010) en los estudios realizados, se recomendó a los productores a mejorar las prácticas de conservación e incorporación de restos de cosecha al suelo que proporcionó un mejor incremento de cobertura, que mejoro rendimientos y así mismo se logró mejorar la producción de materia seca y producción de raíces.

Tabla 12.Prueba de Mann Whitney para la variable de materia seca en porcentaje

	Materia seca
U de Mann-Whitney	168.00
W de Wilcoxon	603.00
Z	-2.27
Sig. asintótica (bilateral)	0.02

Con lo que respecta a la disponibilidad de raíz, se encarga de la adquisición de agua y nutrientes del suelo para generar mejores condiciones en el mismo. Así mismo Valencia, (2012) confirmó con estudios realizados en Colombia, que el sistema radicular de una planta y número de raíces absorbentes (más delgadas, finas y delicadas) son generalmente responsables de la absorción de los nutrientes requeridos por el suelo y el cultivo, de la absorción de agua en un 85-90% para la planta, y se encuentran en los primeros 30 cm de profundidad en el suelo.

De acuerdo a la prueba de Kruskal Wallis Tabla 13, realizada mostro que los datos obtenidos indican que, en cuanto al contenido de materia seca y peso de raíz presente en las parcelas, en el que ambos conforman una sola cobertura disponible en el suelo presentaron datos estadísticamente similares en las parcelas según los grados de libertad con una relación de 1/1 por lo que la presencia de raíz y material seco por las cosechas mantuvieron uniformidad en el suelo.

Tabla 13. Análisis de Kruskal Wallis para la Variable de Materia Seca y Peso de Raíz por parcela.

	Materia Seca	Peso Raíz (kg/m ³)
Chi-cuadrado	5,185	10,960
Gl	1	1
Sig. asintótica	,023	,001

5.3.1. Cobertura de rastrojo

Mediante la evaluación visual de suelo determinada a simple vista, podemos concretar que muchos de los suelos se encontraban pobres con lo que respecta a rastrojo o bien cobertura vegetal, de igual manera se determinó que la mayoría de los suelos no existió gran presencia de lombrices debido al déficit de agua de igual manera un mal uso con lo que respecta al suelo por la sobreexplotado sin realizar métodos que ayuden a mejorar significativamente el suelo como es la agricultura de conservación.

Debido a esto la cobertura vegetal es importante en los suelos porque comprende la vegetación que ocupa un espacio determinado dentro de un ecosistema delimitado, así mismo cumple funciones de gran importancia como es la captación y almacenamiento de energía, refugio de la fauna, agente anti erosivo del suelo, medio regulador del clima local, atenuador y reductor de la contaminación atmosférica debido a los gases de efecto invernadero, (CRC, 2006). Con respecto a la relación del contenido de cobertura vegetal, como se muestra la Figura 4, el mayor porcentaje de cobertura vegetal se presentó en la comunidad de Piedra

Larga Arriba en la parcela de Santiago Fajardo debido a la incorporación de los residuos de cosecha de primera y postrera. Una de las razones que dicho productor utilizó la incorporación de rastrojo fue para reducir la pérdida de agua por escorrentía y lixiviación, factor determinante en la pérdida de nutrientes.

Los valores más bajos de cobertura vegetal en el año 2016 en las parcelas manejada en la comunidad de Arenales se deben a que se optó por retirarla de la parcela y el uso de herbicida para evitar el desarrollo de la misma. Por esto se recomendó a cada uno de los productores a mejorar el incremento de cobertura vegetal al suelo y así mismo dejarlo en periodo de descanso, para favorecer la humedad y la capa fértil al suelo; observándose que en el 2017 se logró un aumento en la cobertura.

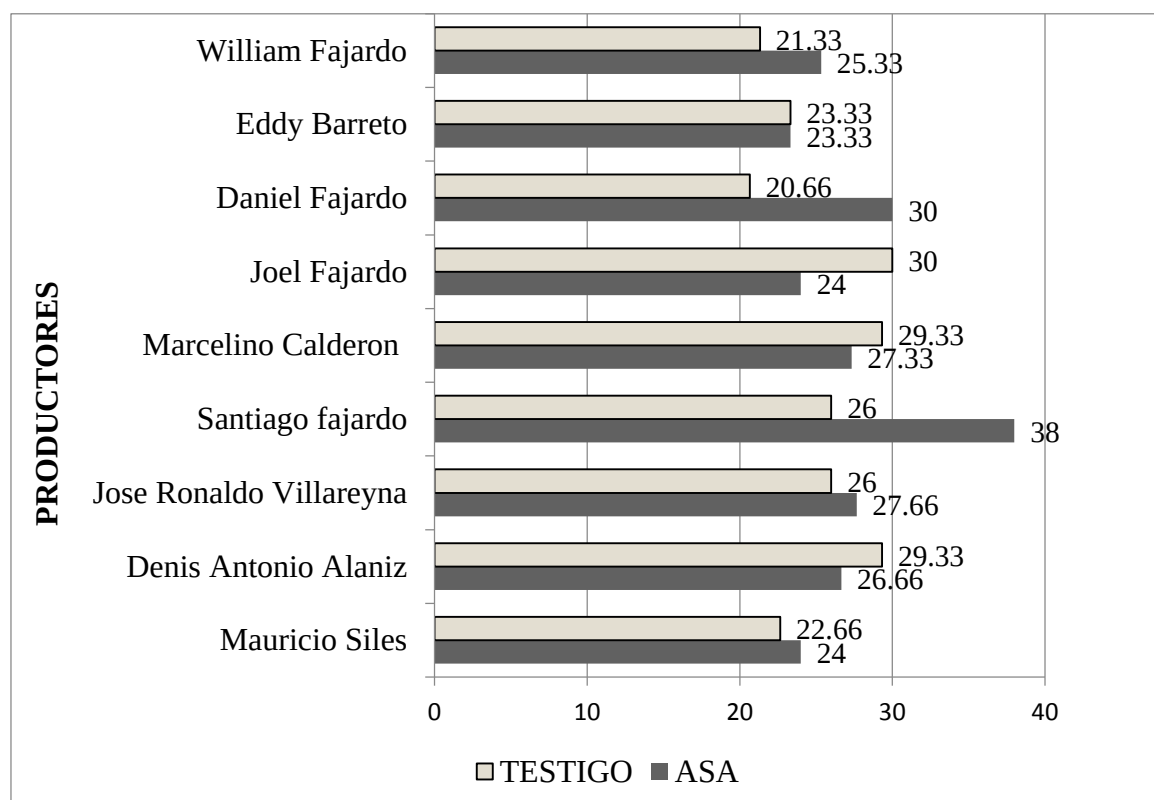


Figura 4. Porcentaje de cobertura vegetal para la parcela ASA y testigo.

5.4 Rendimientos en parcelas de conservación y parcela de manejo tradicional.

Parte de las estrategias de CRS fue evitar el pastoreo del ganado en la parcela de estudio para evitar pisoteo o compactación ya que es un factor clave de degradación en el suelo, y el manejo de rastrojo como cobertura. (Simone, 2005) opina que la compactación por pastoreo de ganado reduce los poros grandes y continuos del suelo conduciendo a una pobre infiltración del agua, un bajo drenaje y una limitada aireación que afecta el crecimiento saludable de las raíces y la absorción de nutrientes, por ende, el rendimiento del cultivo se limita.

5.4.1. Rendimiento del cultivo de maíz a partir de la implementación de obras de conservación

Teniendo en cuenta que el maíz es uno de los rubros más importantes destinada básicamente para el consumo familiar, se implementaron diversas estrategias. Con el uso de una variedad certificada (Pioner) resistente a sequía, enfermedades y a factores adversos, implementado en la parcela ASA, uso de fertilizante a través del plan de fertilización manejando una aportación de 12-30-10, 15-15-15, metalosato multimineral.

Se observa en la Tabla 14, la diferencia estadística en cuanto a la parcela estudiada ya que su media presento un valor de 388,92 Kg, en comparación con la testigo que obtuvo una media de 362,37 Kg, obteniendo mayor producción en la parcela ASA, respecto a la parcela testigo los rendimientos no fueron los óptimos.

Loomis M. L., (1986) Afirma que el incremento de los rendimientos depende del uso de fertilizantes, de híbridos o variedades mejoradas, que dan a la planta mayor resistencia a plagas y enfermedades de igual manera la dependencia de la calidad, cantidad y tamaño de los granos, sobre todo cuando está fuertemente influenciado por adecuadas dosis de nitrógeno. De esta manera se comparó con la parcela testigo en cuanto a rendimiento donde el productor ha laborado por varios años, utilizando variedades criollas y la misma

fertilización obteniendo bajos rendimientos que solo lo utiliza para el consumo hasta la siguiente temporada.

En torno a esto Ruiz & Hernández, (2009) comenta con un estudio que las prácticas conservacionistas pueden llegar a tener importancia en el incremento de los rendimientos de los cultivos y para demostrarlo se hace necesario llevar a cabo otras investigaciones bajo agricultura de conservación con distintos niveles de manejo para valorar su incidencia en la producción que en este caso fue complementada con dicha investigación.

Tabla 14. Porcentaje de rendimiento de maíz en parcelas ASA y testigo.

Variable	n	Media	D.E.	W*	p(Unilateral D)
Rendimiento kg (qq/mz)	36	375,64	149,84	0,97	0,7991
prueba t					
	n	Media	P-valor		
ASA	18	388,92	0,6823		
Testigo	18	362,37			

5.4.2. Rendimiento del cultivo de frijol a partir de la implementación de obras de conservación

Al realizarse el análisis estadístico en cuanto al rendimiento de frijol en la parcela ASA utilizando la variedad Inta sequía, los resultados obtenidos en la Tabla 15 indican diferencia estadística entre ambas parcelas. Teniendo en cuenta la baja producción en la parcela ASA en cuanto a rendimiento, el factor clave de disminución se debió por la falta de agua de igual manera influyó el tiempo de siembra ya que dicho cultivo se sembró en postrera por ende la limitación de agua condujo a disminuir los rendimientos, de igual manera no todos los productores realizaron una prácticas de conservación de agua o bien la incorporación de residuos para mantener la humedad, de manera que la planta no se desarrolló en sus óptimas condiciones, otro factor que pudo haber influido fue la aplicación de los fertilizante ya que no se aplicaron en las dosis establecidas o indicadas.

Estos resultados concuerdan con estudios realizados por Peralta, (2001) donde consta que para lograr una productividad óptima del cultivo se necesita trabajar en condiciones ecológicas adecuadas para el crecimiento de las especies, disponer de semillas de alto potencial de rendimiento, preparar bien el suelo, establecer y mantener la densidad de población óptima, disponer de la humedad adecuada en el suelo, proveer a las plantas los nutrientes que necesitan y protegerlas contra los daños que ocasionan las malezas, insectos y otras plagas que hacen disminuir el rendimiento.

Tabla 15. Porcentaje de rendimiento de frijol en parcelas ASA y testigo

Shapiro-Wilks (modificado)					
Variable	n	Media	D.E.	W*	p(Unilateral D)
Rendimiento kg (qq/mz)	36	263,8	122,37	0,92	0,0572
prueba t					
	n	Media	P-valor		
ASA		245,82	0,3856		
Testigo		281,79			

5.4.3. Relación Beneficio/costo

Al realizar la ecuación beneficio/costo en cuanto a granos básicos (maíz y frijol) se puede observar que las variedades mejoradas, como INTA sequía en frijol y la variedad Pioner en maíz es rentable en cuanto a rendimiento influyendo el tipo de manejo desde la siembra hasta su cosecha, de igual manera las aplicaciones de fertilizantes adecuadas al cultivo.

Para las variedades criollas se adquiere menos rendimiento debido a la baja capacidad de producción ya que en su mayoría utilizan de la misma semilla para la siembra sin cambiarla, por lo que al usar este material los rendimientos bajan, así como el ingreso económico en comparación a las variedades mejoradas como se da a conocer en las Tabla 16.

Así como lo reporta Arias & Frank, (2015) en un estudio realizado en Nicaragua donde da a conocer que por cada dólar invertido en las variedades mejoradas las ganancias estarán en 2 dólares, influyendo así mismo factores ambientales que permitan desarrollarse en óptimas condiciones para sacar el máximo en rendimiento, así como las dosis de fertilizantes que el cultivo necesita por lo que implica a un análisis de suelo; por ende en dicho estudio se constata con los datos reflejados en las tablas, que las variedades mejoradas presentan mayores ganancias, por lo que se recomendó a los productores la importancia de utilizar dichas variedades en sus siembras, así como la utilización de fertilizantes en sus proporciones óptimas para mejorar significativamente los ingresos económicos.

Tabla 16. Relación beneficio/ costo en (\$-Mz) para el factor de variedad de Maíz (criollo, Pioner) y frijol (criollo-Inta sequia)

Rubro	Variedad	Costo \$	Ingresos \$	Relación B/C
Maíz	Criollo	1500	2160	1.44
	Pioner	1860	3780	2.03
Frijol	Criollo	1500	2880	1.22
	Inta Sequia	1800	4080	2.26

5.5 Planificación de actividades para el manejo de las parcelas agrícolas

Una vez conocidos los sistemas de agricultura, se logró determinar las principales problemáticas existentes, donde se diseñó un plan a largo plazo con el fin de mejorar la productividad en el cultivo. Cabe destacar que cada una de las diferentes actividades a desarrollar fue acorde a las diferentes necesidades del productor y al tipo de parcela que este maneja.

Tabla 17. Planificación de actividades por productor durante 5 años

Productor	1	2	3	4	5
Denis Alaníz	✓ Delimitación de área de la parcela. ✓ Introducción de variedades mejoradas de Maíz y frijol ✓ Resiembra de planta de maíz y frijol. ✓ Fertilización en maíz al momento de la siembra con 12-30-10 y en frijol al momento de la siembra con 15-15-15. ✓ Realizar primer corte de planta de maíz a los 30 cm del suelo, corte de la planta de frijol.	✓ Darle seguimiento constante al manejo de cobertura de rastrojo en el suelo. ✓ Implementación de barreras vivas con leucaena a orillas de la parcela. ✓ Realización de bancos de proteína de Nacadero y Maní Forrajero para alimentación del ganado. ✓ Mantenimiento de los cercos para evitar la introducción del ganado. ✓ Mantener densidad de siembra	✓ Realizar control de maleza para evitar aglomeración de plagas. ✓ Conformar ensayos para evaluar los niveles de fertilización del cultivo. ✓ Realización de plan de rendimiento de los cultivos para validar el porcentaje de granos básicos en primera y postrera. ✓ Utilización de abonos orgánicos como el compost para mantenimiento en el suelo.	✓ Manejo constante de las barreras vivas. ✓ Realizar podas a las barreras vivas e introducir los restos al suelo. ✓ Manejo de cobertura de rastrojo para la introducción al suelo de 1 ton/ha de restos de cultivo de frijol y 1.4 ton/ha de cultivo de maíz al suelo. ✓ Mantener densidad de siembra constantemente en los cultivos. ✓ Realizar ensayos para evaluar los niveles de fertilización de cada cultivo en el suelo.	✓ Dar seguimiento constante al manejo de cobertura de rastrojo en el suelo. ✓ Mantenimiento de los cercos para evitar la introducción del ganado. ✓ Implementación de lagunetas para captación de agua. ✓ Realización de bancos de proteína de Nacadero y Maní Forrajero para alimentación del ganado. ✓ Manejo constante para combatir la babosa del frijol con utilización de cebo sueltos.

Productor	1	2	3	4	5
	✓ Realizar periodo de descanso del manejo de rastrojo con un 80% de introducción al suelo de planta maíz y 100% de planta de frijol.	constantemente en los cultivos. ✓ Manejo constante para combatir la babosa del frijol con utilización de cebo sueltos.	✓ Realizar asociación de abonos verdes con el cultivo para mejorar el incremento MO.		✓ Realización constante de controles de plagas con trampas, atrayentes, etc.
José R. Villareyna	✓ Delimitación de área de la parcela. ✓ Introducción de variedades mejoradas de Maíz y frijol ✓ Resiembra de planta de maíz y frijol. ✓ Fertilización en maíz al momento de la siembra con 12-30-10 y en frijol al momento de la	✓ Realización de bancos de proteína de Nacadero y Maní Forrajero para alimentación del ganado. ✓ Conformar ensayos para evaluar los niveles de fertilización del cultivo. ✓ Darle seguimiento constante al manejo de cobertura de rastrojo en el suelo.	✓ Realizar de lagunetas para la captación de agua. ✓ Realización de reforestación con marango a orillas de lagunetas para mantenimiento de agua. ✓ Manejo de cobertura de rastrojo para la introducción al suelo de 1 ton/ha de restos de cultivo de frijol y	✓ Utilización de abonos orgánicos como el compost para mantenimiento en el suelo. ✓ Manejo del cultivo criollo constantemente para obtención de semillas de buena calidad. ✓ Realizar plan de rendimiento del cultivo para valorar el porcentaje de granos	✓ Manejo constante para combatir la babosa del frijol con utilización de cebo sueltos. ✓ Realización constante de controles de plagas con trampas, atrayentes, etc. ✓ Realizar podas a las barreras vivas e introducir los restos al suelo.

Productor	1	2	3	4	5
	siembra con 15-15-15. ✓ Realizar primer corte de planta de maíz a los 30 cm del suelo, corte de la planta de frijol. ✓ Realizar periodo de descanso del manejo de rastrojo con un 80% de introducción al suelo de planta maíz y 100% de planta de frijol.	✓ Realizar mantenimiento de la densidad de siembra en los cultivos. Realizar control de maleza fuera de la parcela para evitar aglomeración de plagas. ✓ Implementación de barreras vivas con leucaena a orillas de la parcela.	1.4 ton/ha de cultivo de maíz al suelo. ✓ Conformar ensayos para evaluar los niveles de fertilización del cultivo. ✓ Mantenimiento de los cercos para evitar la introducción del ganado.	básicos en primera y postrera. ✓ Realizar asociación de abonos verdes con el cultivo de maíz y frijol para mejorar el incremento de MO.	✓ Dar seguimiento del manejo de cobertura de rastrojo en la parcela. ✓ Fertilización en maíz al momento de la siembra con 12-30-10 y en frijol al momento de la siembra con 15-15-15. ✓ Mantenimiento de los cercos para evitar la introducción del ganado.
Mauricio Siles	✓ Delimitación de área de la parcela. ✓ Introducción de variedades mejoradas de Maíz y frijol	✓ Realizar ensayos para evaluar los niveles de fertilización de cada cultivo en el suelo. ✓ Realización de bancos de proteína de Nacadero y Maní	✓ Realizar control de maleza fuera de la parcela para evitar aglomeración de plagas. ✓ Dar seguimiento del manejo de cobertura	✓ Realizar barreras muertas de piedras a orillas de la parcela para evitar el arrastre del suelo. ✓ Manejo constante de las barreras vivas.	✓ Mantenimiento de los cercos para evitar la introducción del ganado. ✓ Realizar asociación de abonos verdes con el cultivo de maíz y frijol

Productor	1	2	3	4	5
	✓ Resiembra de planta de maíz y frijol. ✓ Fertilización en maíz al momento de la siembra con 12-30-10 y en frijol al momento de la siembra con 15-15-15. ✓ Realizar primer corte de planta de maíz a los 30 cm del suelo, corte de la planta de frijol. ✓ Realizar periodo de descanso del manejo de rastrojo con un 80% de introducción al suelo de planta	- Forrajero para alimentación del ganado. ✓ Manejo del cultivo criollo constantemente para obtención de semillas de buena calidad. ✓ Realización constante de controles de plagas con trampas, atrayentes, etc. ✓ Implementación de barreras vivas con leucaena a orillas de la parcela. ✓ Mantener densidad de siembra constantemente en los cultivos.	- de rastrojo en la parcela. ✓ Realización de plan de rendimiento de los cultivos para validar el porcentaje de granos básicos en primera y postrera. ✓ Realizar de lagunetas para la captación de agua. ✓ Conformar ensayos para evaluar los niveles de fertilización del cultivo. ✓ Manejo constante de las barreras vivas.	✓ Mantenimiento de lagunetas mediante la reforestación a orillas de la misma. ✓ Realizar podas a las barreras vivas e introducir los restos al suelo. ✓ Manejo de cobertura de rastrojo para la introducción al suelo de 1 ton/ha de restos de cultivo de frijol y 1.4 ton/ha de cultivo de maíz al suelo. ✓ Utilización de abonos orgánicos como el compost para mantenimiento en el suelo.	- para mejorar el incremento de MO. ✓ Manejo constante para combatir la babosa del frijol con utilización de cebo sueltos. ✓ Mantenimiento de los cercos para evitar la introducción del ganado. ✓ Mantenimiento de los cercos para evitar la introducción del ganado.

Productor	1	2	3	4	5
	maíz y 100% de planta de frijol.				
Santiago Fajardo	✓ Delimitación de área de la parcela. ✓ Introducción de variedades mejoradas de Maíz y frijol ✓ Fertilización en maíz al momento de la siembra con 12-30-10 y en frijol al momento de la siembra con 15-15-15. ✓ Realizar primer corte de planta de maíz a los 30 cm del suelo, corte de la planta de frijol. ✓ Realizar periodo de descanso del	✓ Realización de bancos de proteína de Nacadero y Maní Forrajero para alimentación del ganado. ✓ Mantener densidad de siembra constantemente en los cultivos. ✓ Manejo constante para combatir la babosa del frijol con utilización de cebo sueltos. ✓ Implementación de barreras vivas con leucaena a orillas de la parcela.	✓ Utilización de abonos orgánicos como el compost para mantenimiento en el suelo. ✓ Realización de barreras muertas de piedra para evitar el arrastre del suelo. ✓ Conformar ensayos para evaluar los niveles de fertilización del cultivo. ✓ Manejo constante para control de gusano alambre en maíz con la utilización de cebos y trampas.	✓ Realizar control de maleza para evitar aglomeración de plagas. ✓ Dar seguimiento del manejo de cobertura de rastrojo en la parcela. ✓ Realizar de plan de rendimiento de los cultivos para validar el porcentaje de granos básicos en primera y postrera. ✓ Manejo constante de las barreras vivas. ✓ Realizar podas a las barreras vivas e introducir los restos al suelo.	✓ Manejo constante de los bancos de proteína haciendo cercas para evitar daños por animales. ✓ Manejo de cobertura de rastrojo para la introducción al suelo de 1 ton/ha de restos de cultivo de frijol y 1.4 ton/ha de cultivo de maíz al suelo. ✓ Mantenimiento de los cercos para evitar la introducción del ganado. ✓ Realización constante de controles de plagas con trampas, atrayentes, etc.

Productor	1	2	3	4	5
	manejo de rastrojo con un 80% de introducción al suelo de planta maíz y 100% de planta de frijol.	✓ Dar seguimiento del manejo de cobertura de rastrojo en la parcela. ✓ Realizar de lagunetas para la captación de agua.			
Marcelino Calderón	✓ Delimitación de área de la parcela. ✓ Introducción de variedades mejoradas de Maíz, frijol ✓ Fertilización en maíz al momento de la siembra con 12-30-10 y en frijol al momento de la siembra con 15-15-15. ✓ Realizar periodo de descanso del manejo de rastrojo	✓ Dar seguimiento del manejo de cobertura de rastrojo en la parcela. ✓ Realización de siembras de árboles al contorno o en curvas a nivel. ✓ Realizar de lagunetas para la captación de agua. ✓ Realizar asociación de abonos verdes con el cultivo de maíz y frijol para mejorar el incremento de MO.	✓ Realizar podas a las barreras vivas e introducir los restos al suelo. ✓ Realizar mantenimiento constante de las terrazas individuales. ✓ Realizar control de maleza para evitar aglomeración de plagas. ✓ Realizar plan de acción contra incendios forestales y parcelas.	✓ Realizar mantenimiento de barreras vivas utilizando abonos orgánicos y manejo de podas. ✓ Manejo constante para combatir la babosa del frijol con utilización de cebo sueltos. ✓ Conformar ensayos para evaluar los niveles de fertilización del cultivo. ✓ Darle seguimiento constante al manejo de	✓ Realizar mantenimiento de lagunetas implementando reforestación a la orilla de la misma. ✓ Realizar plan de rendimiento del cultivo para valorar el porcentaje de granos básicos en primera y postrera. ✓ Dar seguimiento del manejo de cobertura de rastrojo en la parcela.

Productor	1	2	3	4	5
	con 80% de introducción al suelo de planta maíz y 100% de planta de frijol.	✓ Implementación de barreras vivas con leucaena o Taiwán a orillas de la parcela.	✓ Realizar barreras muertas de piedras para evitar arrastre del suelo.	cobertura de rastrojo en el suelo.	✓ Dar seguimiento constante al plan de rendimiento de los cultivos para verificar la mejora de los costos.
Joel Fajardo	✓ Delimitación de área de la parcela. ✓ Introducción de variedades mejoradas de Maíz y frijol. ✓ Resiembra de planta de maíz y frijol. ✓ Fertilización en maíz al momento de la siembra con 12-30-10 y en frijol al momento de la siembra con 15-15-15.	✓ Dar seguimiento del manejo de cobertura de rastrojo en la parcela. ✓ Implementación de barreras vivas con leucaena o Taiwán a orillas de la parcela. ✓ Dar seguimiento al plan de fertilización para valorar las dosis de aplicación adecuada. ✓ Realizar mantenimiento y hacer mejora de los cercos para evitar daños en la	✓ Conformar ensayos para evaluar los niveles de fertilización del cultivo. ✓ Dar mantenimiento y mejora a las barreras muertas de piedras. ✓ Realizar control de maleza para evitar aglomeración de plagas. ✓ Realizar de lagunetas para la captación de agua. ✓ Realizar terrazas individuales en la	✓ Realizar mantenimiento constante de las terrazas. ✓ Realizar asociación de abonos verdes con el cultivo de maíz y frijol para mejorar el incremento de MO. ✓ Manejo de cobertura de rastrojo para la introducción al suelo de 1 ton/ha de restos de cultivo de frijol y 1.4 ton/ha de cultivo de maíz al suelo.	✓ Realizar mantenimiento de barreras vivas utilizando abonos orgánicos y manejo de podas. ✓ Realizar podas a las barreras vivas e introducir los restos al suelo. ✓ Realización constante de controles de plagas con trampas, atrayentes, etc. ✓ Realizar plan de rendimiento del cultivo para valorar el

Productor	1	2	3	4	5
	✓ Realizar periodo de descanso del manejo de rastrojo con un 80% de introducción al suelo de planta maíz y 100% de planta de frijol.	- parcela e introducción del ganado. ✓ Realizar barreras muertas de piedras para evitar el arrastre del suelo. ✓	- implementación de barreras vivas en la parcela para generar mayor eficiencia del agua. ✓	✓ Dar seguimiento del manejo de cobertura de rastrojo en la parcela. ✓	- porcentaje de granos básicos en primera y postera. ✓
Daniel Fajardo	✓ Delimitación de área de la parcela. ✓ Introducción de variedades mejoradas de Maíz y frijol. ✓ Fertilización en maíz al momento de la siembra con 12-30-10 y en frijol al momento de la siembra con 15-15-15.	✓ Implementación de barreras vivas con leucaena o Taiwán a orillas de la parcela. ✓ Dar seguimiento del manejo de cobertura de rastrojo en la parcela. ✓ Realizar control de maleza para evitar aglomeración de plagas. ✓ Conformar ensayos para evaluar los niveles	✓ Mantener densidad de siembra constantemente en los cultivos. ✓ Utilización de abonos orgánicos como el compost para mantenimiento en el suelo. ✓ Realizar podas a las barreras vivas e introducir los restos al suelo.	✓ Realizar mantenimiento de barreras vivas utilizando abonos orgánicos y manejo de podas. ✓ Realizar barreras muertas de piedras para evitar el arrastre del suelo. ✓ Realización de siembras de árboles al contorno o en curvas a nivel.	✓ Realizar plan de rendimiento del cultivo para valorar el porcentaje de granos básicos en primera y postera. ✓ Manejo de cobertura de rastrojo para la introducción al suelo de 1 ton/ha de restos de cultivo de frijol y 1.4 ton/ha de cultivo de maíz al suelo.

Productor	1	2	3	4	5
	✓ Realizar periodo de descanso del manejo de rastrojo con un 80% de introducción al suelo de planta maíz y 100% de planta de frijol. ✓	- de fertilización del cultivo. ✓	✓ Realización constante de controles de plagas con trampas, atrayentes, etc. ✓	✓ Dar seguimiento del manejo de cobertura de rastrojo en la parcela. ✓	✓ Realizar asociación de abonos verdes con el cultivo de maíz y frijol para mejorar el incremento de MO. ✓ ✓
William Fajardo	✓ Delimitación de área de la parcela. ✓ Introducción de variedades mejoradas de Maíz y frijol. ✓ Resiembra de planta de maíz y frijol. ✓ Fertilización en maíz al momento de la siembra con 12-30-10 y en frijol	✓ Realización constante de controles de plagas con trampas, atrayentes, etc. ✓ Realizar mantenimiento y reforzar la cerca de las parcelas. ✓ Mantener constantemente la densidad de siembra de los cultivos.	✓ Utilización de abonos orgánicos como el compost para mantenimiento en el suelo. ✓ Realizar asociación de abonos verdes con el cultivo de maíz y frijol para mejorar el incremento de MO. ✓ Realizar de lagunetas para la captación de agua.	✓ Realizar mantenimiento de lagunetas implementando reforestación a la orilla de la misma. ✓ Manejo del cultivo criollo constantemente para obtención de semillas de buena calidad. ✓ Manejo constante para combatir la babosa del	✓ Realización de bancos de proteína de Nacadero y Maní Forrajero para alimentación del ganado. ✓ Realización constante de controles de plagas con trampas, atrayentes, etc. ✓ Realización de plan de rendimiento de los cultivos para validar el

Productor	1	2	3	4	5
	al momento de la siembra con 15-15-15. ✓ Realizar periodo de descanso del manejo de rastrojo con un 80% de introducción al suelo de planta maíz y 100% de planta de frijol.	✓ Conformar ensayos para evaluar los niveles de fertilización del cultivo. ✓ Realizar control de maleza para evitar aglomeración de plagas. ✓		frijol con utilización de cebo sueltos. ✓ Manejo de cobertura de rastrojo para la introducción al suelo de 1 ton/ha de restos de cultivo de frijol y 1.4 ton/ha de cultivo de maíz al suelo.	porcentaje de granos básicos en primera y postera. ✓
Eddy Barreto	✓ Delimitación de área de la parcela. ✓ Introducción de variedades mejoradas de Maíz y frijol. ✓ Resiembra de planta de maíz y frijol. ✓ Fertilización en maíz al momento	✓ Dar seguimiento del manejo de cobertura de rastrojo en la parcela. ✓ Realizar asociación de abonos verdes con el cultivo de maíz y frijol para mejorar el incremento de MO. ✓ Mantener densidad de siembra	✓ Manejo de cobertura de rastrojo para la introducción al suelo de 1 ton/ha de restos de cultivo de frijol y 1.4 ton/ha de cultivo de maíz al suelo. ✓ Mantenimiento de los cercos para evitar la introducción del ganado.	✓ Utilización de abonos orgánicos como el compost para mantenimiento en el suelo. ✓ Conformar ensayos para evaluar los niveles de fertilización del cultivo. ✓ Manejo constante para combatir la babosa del	✓ Realizar plan de rendimiento del cultivo para valorar el porcentaje de granos básicos en primera y postera. ✓ Realización de bancos de proteína de Nacadero y Maní Forrajero para

Productor	1	2	3	4	5
	de la siembra con 12-30-10 y en frijol al momento de la siembra con 15-15-15. ✓ Realizar primer corte de planta de maíz a los 30 cm del suelo y corte de la planta de frijol. ✓ Realizar periodo de descanso del manejo de rastrojo con un 80% de introducción al suelo de planta maíz y 100% de planta de frijol.	constantemente en los cultivos. ✓ Manejo constante para combatir la babosa del frijol con utilización de cebo sueltos. ✓ Realizar barreras muertas de piedras para evitar el arrastre del suelo. ✓	✓ Manejo constante para control de gusano alambre en maíz con la utilización de cebos y trampas. ✓ Dar mantenimiento y mejora a las barreras muertas de piedras. ✓	frijol con utilización de cebo sueltos. ✓ Implementación de barreras vivas con leucaena a orillas de la parcela. ✓	alimentación del ganado. ✓ Realizar de lagunetas para la captación de agua. ✓ Dar seguimiento del manejo de cobertura de rastrojo en la parcela. ✓ Realizar mantenimiento de barreras vivas utilizando abonos orgánicos y manejo de podas. ✓

VI. CONCLUSIONES

De acuerdo a las propiedades físicas, químicas y biológicas estudiadas en las parcelas, la estructura es la propiedad física mejor valorada en la mayoría de las parcelas, con suelos de textura franco arenosa y densidad aparente de 1.2 en su mayoría. Uno de los indicadores más predominantes en el suelo fue la humedad gravimétrica monitoreada durante un año, cuyo contenido se favoreció por el manejo de cobertura de restos de cosecha al suelo, mostrando valores por debajo del 25% en promedio; y sin diferencia estadística entre los dos tipos de parcelas estudiadas. Los suelos presentan fertilidad media, con bajos niveles para Cu y S, altos contenidos de Ca, P y K y valores de materia orgánica inferiores a 5. De manera general, la parcela ASA presenta mejores valores para propiedades debido al manejo que se le da a la parcela en comparación a la parcela Testigo.

Las prácticas de conservación y manejo de cobertura de rastrojos que optaron por implementar cada uno de los productores en ambas comunidades utilizando los criterios recomendados por UCATSE y CRS, facilitaron obtener excelentes porcentajes en cuanto a nivel de cobertura en el suelo en la parcela ASA, siendo mayor en las parcelas ASA de frijol y maíz, que logró generar mejores rangos de humedad y cambios en la macrofauna, observándose un incremento del número de individuos de lombrices en el suelo, no obstante fue similar para ambas parcelas. Se encontró correlación positiva baja pero significativa para humedad gravimétrica y macrofauna (lombrices).

Los rendimientos y la relación beneficio costo es mayor en las parcelas ASA de frijol y maíz, que fueron manejadas durante un año consecutivo. Se logró un incremento en la parcela ASA en cuanto a los rendimientos de granos básicos (maíz) hasta un 80% y en el cultivo de frijol disminuyeron los rendimientos debido a la densidad de siembra y poca fertilización. En comparación a la parcela testigo, los rendimientos son un poco bajos en el cultivo de maíz debido a su poco manejo y afectación por plagas. Se encontraron datos relevantes en cuanto a rendimiento y beneficio-costos en la parcela de cada uno de los productores.

De acuerdo a las condiciones de los sistemas de producción implementados en las parcelas de cada productor se planificaron diferentes actividades a desarrollar durante los próximos años, así se pretende la implementación de barreras vivas que ayudará a la protección de los cultivos, protección del viento para el mismo, también evitará la degradación de los suelos y aumentará en contenido de materia orgánica, humedad y microorganismos. Este plan consideró un plan de fertilización según necesidades y actividades de conservación de suelos que fue definido con los productores.

VII. RECOMENDACIÓN

Realizar mayor integración de cada uno de los productores para realizar contantemente y mantener equilibrio de las prácticas de conservación en las parcelas y dar excelentes aportes que mejoren los rendimientos del cultivo.

Realizar muestreos de las diferentes especies de macrofauna, para determinar si ha aumentado el contenido de cobertura de restos de cosecha, así mismo para identificar los diferentes factores que intervienen en el desarrollo de las lombrices y demás microorganismos.

Se recomienda a cada uno de los productores mantener constantemente la implementación de las prácticas de conservación dentro de cada una de las parcelas para mantener un equilibrio excelente de cobertura del suelo para mejorar los parámetros estudiados de acuerdo al plan propuesto.

Se recomienda a UCATSE a mejorar el seguimiento continuo en las parcelas de los productores, así mismo que la institución de seguimiento a cada una de las Escuelas de Campo para mejorar la integración de los productores para logra ayudar en la satisfacción de los mismos y mejorar la calidad de vida.

VIII. BIBLIOGRAFIA

- ABREU, C. e. (1996). Efficiency of nutrients extractants for determinate of availability copper. Communication in Soil Science and Plant Analysis.
- Addiscott, T. (2004). Nitrate, agriculture and the environment.
- AGUILERA, P. (2000). Efecto del cultivar, Momento de cosecha y almacenamiento. Australia.
- Ahmad, N. (1983). Vertisols. In: L.P. Wilding, N.E. Smeck, G.F. Hall (eds.). Pedogenesis and Soil Taxonomy. II.
- Allison, F. (1973). Soil organic matter and its role in crop production. Washington.
- Alvarado, A. (2004). VARIACIÓN DE LA DENSIDAD APARENTE EN ORDENES DE SUELO DE COSTA RICA. Costa Rica: AGRONOMICA COSTARRICENSE.
- Anderson, J. M. (1994). Functional attributes of biodiversity in land use systems. In Greenland, D.J.; Szabolcs, I. (Eds.). . Obtenido de Proceedings of a Symposium held in Budapest, including the Second Workshop on the Ecological Foundations of Sustainable Agriculture. (.
- Anderson, M. J. (1994). Functional attributes of biodiversity in land use systems. In Greenland, D.J.; Szabolcs, I.
- Anonimo. (04 de agosto de 2009). Obtenido de <http://anpoliten.blogspot.com/2009/08/sistemas-de-labranza-minima.html>
- Anonimo, A. (04 de agosto de 2009). Sistemas de labranza de conservacion. Obtenido de <http://anpoliten.blogspot.com/2009/08/sistemas-de-labranza-minima.html>
- ARTIGAS LAPITZ., G. C. (2012). EFECTO DEL CULTIVO DE COBERTURA CON Y SIN PASTOREO SOBRE.
- Barreto, D. H. (1996). Atlas digital de Nicaragua. Centro Internacional de Agricultura. Laderas en proyectos, Tegucigalpa, Honduras. P5.
- Barzegar, A. A. (2002). The effect of addition of different amounts and types of organic materials .
- Bellows, B. (2001). Nutrient cycling in pasture. Livestock Systems Guide. ATTRA. 64p.
- Benavides, J. (1994). Árboles y arbustos forrajeros en América Central. . CATIE. Serie Técnica. Informe Técnico No. 236.

- Bernal J y Espinosa J. (2003). Manual de nutrición y fertilización de pastos. Potash and phosphate Institute of Canada 94 p.
- Bernal, E. (2003). Pastos y Forrajes Tropicales Producción y Manejo. Ed. Bogotá, Colombia. 700 p.
- Betancourt, H. (2007). Impacto bioeconómico de la degradación de pasturas en fincas de doble propósito en el Chal, Petén, Guatemala. Pastos y forrajes 30(1):169-177. Guatemala.
- Betancur, O. (2012).
- Betancur, O. (2012). Descomposición de rastrojo de cultivos en siembra sin laboreo: trigo ,maiz,soja y trigo.
- Betancur, O. (01 de 06 de 2012). Descomposición de rastrojo de cultivos en siembra sin laboreo:trigo ,maiz,soja y trigo.
- Betancur, O. (2012). Descomposición de rastrojo de cultivos en siembra sin laboreo:trigo ,maiz,soja y trigo.
- Betancur, O. (01 de 06 de 2012). Descomposición de rastrojo de cultivos en siembra sin laboreo:trigo ,maiz,soja y trigo.
- Brink G. (2006). A quick lesson in plant structure, growth and regrowth for pasture-based dairy systems. US Dairy forage Research Center, USDA. Madison, Wisconsin.
- Brown. (2001). Diversidad y rol funcional de la macrofauna edáfica en los ecosistemas tropicales.
- Brown, G. (2001). Diversidad y rol funcional de la macrofauna edáfica en los ecosistemas tropicales mexicanos. Acta Zoológica Mexicana, Número espe. Mexico.
- BROWN, G., & RODRIGUEZ, C. (2001). Diversidad y rol funcional de la macrofauna edáfica en los ecosistemas troicales mexicanos.Zoologia Mexicana.
- Buckerfield, J. (1993). Pastures in crops rotations enhance earthworm populations in southern Australia. In International Grassland Congress.
- Buol, S. e. (1997). Soil Genesis and Classification. . Iowa U. S. A. 527 p.: Ed. Iowa State University Press.
- Buol, S. e. (1997). Soil Genesis and Classification. 4ª. Ed. Iowa State University Press. Iowa U. S. A. . 527 p.
- Cabalceta, G. (1999). Fertilización y nutrición de forrajes de altura. XI Congreso Agronómico Nacional, III congreso de suelos. UCR. San Jose, Costa Rica.

- Calegari, A. M. (1988). Towards sustainable agriculture with no-tillage system.
- Campos B, e. a. (1995). Estabilidade estrutural de um Latossolo Vermelho-Escuro distrófico após sete anos de rotação de culturas e sistemas de manejo de solo. 19(1):1. Rev. Bras. Ciência do Solo (Campinas).
- CATIE, S. (1986). Silvicultura de especies promisorias para la producción de leña en América Central. Serie Técnica. Informe Técnico No 86. Turrialba. Costa Rica.
- Cerdas, R. (2010). Fertilización de forrajes. Sede de Guanacaste, Universidad de Costa Rica, 8p.
- Champillo, R., & sadzawka, A. (12 de 01 de 2009). La acidificación de los suelos, origen y mecanismos involucrados. Obtenido de file:///I:/NR33853.pdf
- CRC. (2006). COBERTURA Y USO ACTUAL DE LA TIERRA. Conocimiento Ambiental.
- CSA. (12 de 2013). Conservación de suelos y agua (CSA) Conservación de suelos y agua (CSA) Conservación de suelos y agua (CSA).
- Cuevas Rodriguez, E. (03 de abril de 2011). Análisis del enfoque de cadenas productivas en México. . Obtenido de Revista textual: análisis del medio rural latinoamericano.: <<http://www.chapingo.mx/.../12c07ec2cdf5abe44b25507953adaeeb.pdf>>.
- Cuevas, E. R. (03 de abril de 2011). Análisis del enfoque de cadenas productivas en México. Revista textual: análisis del medio rural latinoamericano. Obtenido de <<http://www.chapingo.mx/.../12c07ec2cdf5abe44b25507953adaeeb.pdf>>.
- Curry, J. (1987). The invertebrate fauna of grassland and its influence on productivity.
- Curt, D. (2008). Nutrición Mineral y Fertilización.
- De Aquino A, e. a. (2008). Diversidade da macrofauna edáfica no Brasil. Em: Biodiversidade do solo em Ecossistemas Brasileiros. (Eds. Fátima M.S. Moreira, J.O. Siqueira y Lijbert Brussaard). . Lavras, Brasil. p. 143: Ed. UFLA.
- DEFOSSEZ, P. y. (2002.). Models of soil compaction due to traffic and their evaluation. Soil and Tillage Research. pp 67: 41-64.
- Doran, J. W., & Sarrantonio, M. L. (1996). Soil health and sustainability.
- ECAP. (13 de Abril de 2005). Porosidad del suelo. Obtenido de <http://www.eweb.unex.es/eweb/edafo/ECAP/ECAL5PFPorosidad.htm>
- ESCUELA SUPERIOR DE INFORMATICA. (15 de 10 de 2010). ANÁLISIS DESCRIPTIVO CON SPSS. Obtenido de

https://previa.uclm.es/profesorado/raulmmartin/Estadistica/PracticasSPSS/ANALISIS_DESCRIPTIVO_CON_SPSS.pdf

- Espinoza, Y. (2010). Efecto de la labranza sobre la materia organica y tamaño de agregados en el suelo.
- FAO. (25 de 08 de 1997). El reciclaje de materias organicas en la agricultura de America Latina. Obtenido de file:///I:/ar127s.pdf
- FAO. (2001). Lecture Notes on the Major Soils of the World. .Roma, June (2001). ISBN 925- 104637-9.
- FAO. (2002). Agricultura de conservación y manejo ode suelos en América Latina y África. Boletín N° 78. .
- FAO. (2002). Agricultura de conservación y manejo ode suelos en América Latina y África. Boletín N° 78.
- FAO. (23 de Abril de 2008). Agricultura de Conservacion. Obtenido de <http://www.fao.org/ag/ca/es/>
- FAO. (10 de 03 de 2009). GUIA PARA LA DESCRIPCION DE SUELO. Obtenido de <http://www.fao.org/3/a-a0541s.pdf>
- FAO. (2010). Conservación de los recursos naturales para la agricutura sostenible.
- FAO. (21 de Diciembre de 2011). . Practica de conservacion de suelo y agua para la adaptabilidad productiva a la variabilidad climatica. Obtenido de Obtenido de <http://www.fao.org/3/a-as431s.pdf>
- FAO. (21 de Diciembre de 2011). . Practica de conservacion de suelo y agua para la adaptabilidad productiva a la variabilidad climatica. . Obtenido de Obtenido de <http://www.fao.org/3/a-as431s.pdf>
- FAO. (21 de Diciembre de 2011). Práctica de conservación de suelo y agua para la adaptabilidad productiva a la variabilidad climática. Obtenido de Obtenido de <http://www.fao.org/3/a-as431s.pdf>
- FAO. (21 de Diciembre de 2011). Práctica de conservación de suelo y agua para la adaptabilidad productiva a la variabilidad climática.
- Fertilab. (2014). El Color del Suelo como Indicador de su Fertilidad-Fertilab. Obtenido de <https://www.fertilab.com.mx/Sitio/Vista/El-Color-del-Suelo-como-Indicador-de-su-Fertilidad.php>
- Foth, H. (2005). Fertilizaciones Quimicas. Buenos Aires: Sanprieto.

- Fraile, J. (1986). Las lombrices de tierra contribuyen al aprovechamiento de los recursos naturales. LAS LOMBRICES DE TIERRA EN COSTA RICA, IMPORTANCIA AGROECOLOGICA.
- Franco , Q. (2005). Evaluación de tecnologías por métodos participativos para la implementación desistemas ganaderos sostenibles en el norte del departamento del Valle del Cauca. CIAT. Universidad Nacional de Colombia, sede Palmira 27p.
- Fuentes, J. (2009). El suelo y los fertilizantes.Madrid.
- Galaritni, J. a. (2008). Soil organic matterfractions.
- Giraldo , L. (1966). Efecto de tres Densidades de Arboles en el Potencial Forrajero de un Sistema Silvopastoril Natural. IN: Memorias Seminario Internacional Sistemas Silvopastoriles: Casos Exitosos y su Potencial en Colombia. Santafé de Bogotá, La Dorada.
- Gonzales, R. D. (2004). Propiedades físicas del suelo. Obtenido de <http://bibliofagro.pbworks.com/f/propiedades+fisicas+del+suelo.pdf>
- Gonzales, R. D. (2004). Propiedades físicas del suelo.
- Gonzales, R. D. (2004). Propiedades físicas del suelo.
- Gonzalez, P. O. (1997). . Efecto del laboreo sobre la materia orgánica y las propiedades químicas del suelo. (eds.),. Obtenido de Agricultura de Conservación AEAC/SV, Córdoba, pp. 41- 49.
- González, P. O. (1997). Efecto del laboreo sobre la materia orgánica y las propiedades químicas del suelo. (eds.),.
- González., P. (1997). Efecto del laboreo sobre la materia orgánica y las propiedades químicas del suelo. (eds.).
- Google maps. (2016). Obtenido de <https://www.google.nl/maps/place/Piedra+Larga+Arriba,+Nicaragua/@13.3235235,-86.3718765,3118m/data=!3m1!1e3!4m5!3m4!1s0x8f71f0e7a5c639bd:0x26bdcbbfd371fc39!8m2!3d13.295991!4d-86.3598525>
- Guerrero, R. (1993). Fertilización de pastos mejorados. Fertilización de cultivos de clima frio. 2ed. monomeros. Colombo, Venezolanos, p 157-175.

- Guitian, M. U. (14 de Marzo de 2001). Disponibilidad de macro- y micronutrientes en un suelo de cultivo de Mabegondo. Obtenido de file:///I:/MACRO%20Y%20MICRO%20NUTRIENTES.pdf
- HANDEH, N. (2003). Compaction and Subsoiling Effect on Corn Growth and Soil Bulk Density. Soil Sci. Soc. Of Am. J. 67: 1213-1219.
- Havlin, J., Beaton, J. T., & Nelson, W. (2005). an introduction to nutrient management. New Jersey: Soil fertility and fertilizers.
- Heckadon, M. (1999). La cuenca del Canal. Deforestacion, Urbanizacion y contaminacion PMCC. Smithsonian Tropical Research.
- Hillel, D. (1998). Environmental soil physics. Academic Press. San Diego. U.S.A. . pp 771.
- Hoogertkamp, M. R. (1983). Effect of earthworms on grassland on recently reclaimed polde solls in the Netherlands. LAS LOMBRICES DE TIERRA EN COSTA RICA, IMPORTANCIA AGROECOLOGICA.
- IITA. (2000). Manual de practicas integradas de manejo y conservacion de suelo. Roma. Investigacion, M. d. (s.f.). Obtenido de <http://metodologia02.blogspot.com/p/operacionalizacion-de-variables.html>
- Investigacion, M. d. (s.f.). Obtenido de <http://metodologia02.blogspot.com/p/operacionalizacion-de-variables.html>
- IPNI. (2008). Micronutrientes en la Fisiologia.
- Iraola, J. (2008). Intercalamiento de maíz (Zea mays) en un sistema silvopastoril de Brachiaria híbrido vc. Mulato y Leucaena leucocephala vc. Perú. San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba.
- Jimenez, A. S. (2006). La densidad aparente y su relación con propiedades en suelo de la zona cafetalera de Colombia. colombia.
- Kabir E, e. a. (2009). Can homegardens conserve biodiversity in Bangladesh? Biotropica 40:95.
- Kang, B. (1994.). Cultivos en callejones: Logros y perspectivas. Agroforestería en Desarrollo. Centro de Agroforestería para el Desarrollo Sostenible. UACH. Chapingo. Mexico. pp.61-82.
- King, L. (1990). Soil nutrient management. Sustainable agricultural systems.
- Lapitz, A. (2012). Efecto del cultivo de cobertura con y sin pastoreo.

- Lapitz, A. (2012). EFECTO DEL CULTIVO DE COBERTURA CON Y SIN PASTOREO SOBRE SUELOS LABOREADOS.
- Lara, O. H. (2010). Manual de Agricultura de Conservacion.
- Lavelle, B. (1989). Soil Macrofauna and land management in Peruvian Amazonia. Yurimaguas, Loreto. Pedobiologia 33:283.
- Lavelle, P. E. (1992). Impact of soil fauna on the properties of soil in the humid tropics.
- Lavelle, P. M. (1994). The relationship between soil macrofauna and tropical soil fertility.
- León, J. P. (13 de 06 de 2004). propiedades fisicas del suelo. Obtenido de <http://bibliofagro.pbworks.com/f/propiedades+fisicas+del+suelo.pdf>
- Loomis, M. L. (1986). Nitrogen influences on yield determination on maize. La Habana.
- López, H. (1999). Cambio de uso del suelo y crecimiento urbano en la ciudad de Morelia. Michoacan: Facultad de Biología. Universidad Michoacana San Nicolás de Hidalgo.
- López, J. (1999). Cambio de uso del suelo y crecimiento urbano en la ciudad de Morelia. Tesis de Maestría en Ciencias en Manejo Conservación de Recursos Naturales. Facultad de Biología.
- lópez, J. H. (1999). Cambio de uso del suelo y crecimiento urbano en la ciudad de Morelia. Michoacan: Facultad de Biología. Universidad Michoacana San Nicolás de Hidalgo.
- López, J. H. (1999). Cambio de uso del suelo y crecimiento urbano en la ciudad de Morelia. Universidad Michoacana San Nicolás de Hidalgo. Michoacan: Facultad de Biología. Universidad Michoacana San Nicolás de Hidalgo.
- Lopez, J. H. (13 de JUNIO de 1999). Cambio de uso del suelo y crecimiento urbano en la ciudad de Morelia. Tesis de Maestría en Ciencias en Manejo Conservación de Recursos Naturales. Facultad de Biología. Universidad Michoacana San Nicolás de Hidalgo. 134 p. San Nicolas .
- López, J. H. (1999). Cambio de uso del suelo y crecimiento urbano en la ciudad de Morelia. Tesis de Maestría en Ciencias en Manejo Conservación de Recursos Naturales. Facultad de Biología. Universidad Michoacana San Nicolás de Hidalgo. 134 p.
- Lòpez, J. H. (1999). Cambio del uso del suelo y crecimiento urbano en a ciudad de morelia. Michoacan: Facultad de Biologia. Universidad Michoacana San Nicolas de Hidalgo.
- Lopez, J. H. (1999). Cambio del uso del suelo y crecimiento urbano en la ciudad de Morelia.
- M, D., & Madonni, R. R. (2003). Bases ecofisiologicas de la nutricion en los cultivos. produccion. Bases funcionales para su manejo.

- Macedo. (2000). Labranza minima de conservacion con coberturas de suelo en agricultura.
- Malagón, D. a. (1995). Origen, evolución, Clasificación, distribución y uso. Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC). . Suelos de Colombia, Bogotá., 632 p.
- Martines, A. C. (2004). Uso, Manejo y Consvacion de suelos, ED. Asociacion Cubana de Tecnicos Agricola y Forestal.
- Martínez, E. (2014). Propiedades biológicas del suelo.
- Medeiros, B. H. (30 de 09 de 1985). Infiltrabilität von Latosolo-Roxo-Böden in Nordparaná, Brasilien, in Feldversuchen zur Erosionskontrolle mit verschiedenen Bodenbearbeitungs-systemen und Rotationen. Göttinger Bodenkundliche Berichte, 83, 1-104.
- Miranda, L. (1992). Memoria Curso Taller: Conservación de Suelos Agrícolas y Productividad. Cooperación Técnica Suiza (COTESU). 54 p. Cochabamba, Bolivia.
- Montenegro, D. (1990). Propiedades físicas de los suelos. Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC). Bogotá. 813 p.
- Moreira, F., & J.O. (2002). Transformacoes bioquimicas e ciclos dos elementos do solo. Microbiologia e bioquimica do solo.
- Mozo, T. (1999). Ecologia y Conservacion de Recursos Renovables. Santa Fe Bogota .
- Navarro, S., & Navarro, G. (2003). El Suelo y los elementos quimicos esenciales para la vida vegetal.
- Ortega, C. (1997). Conservacion de suelo, Tecnologia de Conservacion.
- Ostonen I, P. U. (2007). Specific root length as an indicator of environmental change.
- Paladines, O. (2007). Metodologia para trabajar en fincas y proyectos de desarrollo agropecuario. Colombia.
- Peralta, C. G. (2001). Texto básico de fertilización. managua.
- Peres, G. D. (1998). Earthworm activity and soil structure changes due to organic enrichments in vineyard systems.
- Pezo , M. (1996). Sistemas silvopastoriles: una opción para el uso sostenible de la tierra en sistemas ganaderos In: FIRA. 1er Foro Internacional sobre “Pastoreo Intensivo en Zonas Tropicales”. Veracruz, México.
- Pezo D, e. a. (1998). Sistemas silvopastoriles. Módulo de Enseñanza Agroforestal No. 2. ColecciónMódulos de Enseñanza Agroforestal. CATIE. . Turrialba, Costa Rica. 258 p.

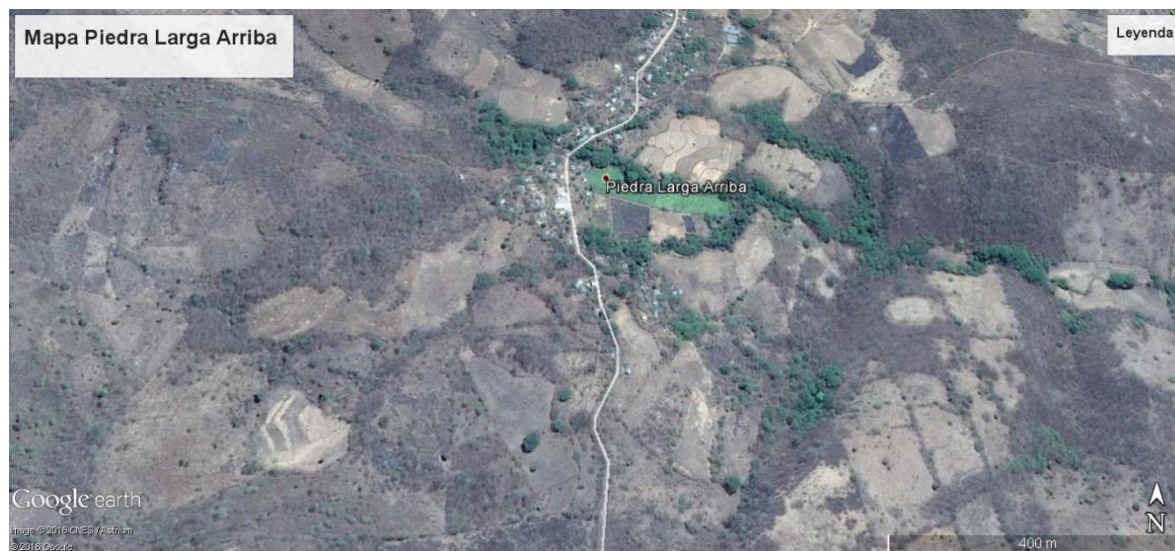
- Porta, J. e. (1994). Edafología para la agricultura y el medio ambiente. Madrid. 807: Ediciones Mundi Prensa.
- Primavesi A, e. a. (2006). En Brasil, optimizandolas interacciones entre el clima, el suelo, los pastizales y el ganado LEISA . Revista de Agroecología, 18(1).
- Ramert, B. R. (2000). Influence of *Lombricus terrestris* inoculation on green manure disappearance and decomposer community in walnut orchard.
- Rodriguez, A. O. (2004). Agricultura de Conservacion en cultivos leñosos (olivar): cubiertas vegetales. Cualidades y Tipos principales. Tecnicas de Agricultura de Conservacion. Madrid.
- Rojas, L. C. (2006). Manual de técnicas de análisis de suelos aplicadas a la remediación de sitios contaminados. Mexico.
- Ruiz, D. M., & Hernandez, B. T. (2009). COMPORTAMIENTO DE VARIABLES DE CRECIMIENTO Y RENDIMIENTO EN MAÍZ (*Zea mays* L.) VAR. NB-6 BAJO PRÁCTICAS DE FERTILIZACIÓN ORGÁNICA Y CONVENCIONAL EN LA FINCA EL PLANTEL. 2007-2008. MANAGUA.
- Saturnino, H. (1997). O meio am-ambiente e o plantio direto. 18p. Ed. APDC (Goiânia).
- Shepherd.T.G, G. (2000). Evaluación visual del suelo (EVS). Obtenido de <https://es.scribd.com/doc/315016588/Evaluacion-Visual-Del-Suelo>
- Silva, A. P. (1992). Efecto de la aplicacion de efluentes organicos de tambo sobre la produccion de verdeos y propiedades fisico-quimicas del suelo.
- Simone. (18 de octubre de 2005). Conservación de los recursos naturales para la agricultura sostenible. Obtenido de Manejo de la humedad del suelo.
- Siqueira R, e. a. (1993). Sistemas de preparo e coberturas vegetais em um solo de baixa aptidão agricola. In : I Encontro Latino Americano de Plantio Direto na Pequena Propriedade. Ponta Grossa. Brasil. Anais, p 221-237.
- Souza de Abreu, M. e. (2000). Caracterización del componente arbóreo en los sistemas ganaderos de la Fortuna de San Carlos, Costa Rica. Agroforestería en las Américas 7(26):5356. San Carlos, Costa Rica.
- Staff, S. S. (2006). Keys to Soil Taxonomy, Tenth ed. . United States Department of Agriculture, Washington.
- Syers, J. S. (1984). Farthworms and soil fertility. Las lombrices de tierra en Costa Rica, Importancia Agroecologica.

- Szott, L. (2000). The hamburger connection hangover: cattle, pasture land degradation and alternative land use in Central America. CATIEDANIDA-GTZ,. Turrialba, Costa Rica. 71 p.
- Tapia, T. (2006). Rol fisiológico de los nutrientes en la vida de las plantas.
- TECA., FAO. (2008). Cobertura de suelos con rastrojos y restos de cosecha. Obtenido de <http://teca.fao.org/es/read/3657>
- Tian, G., Brussaard, L., & Kang, B. (1993). Biological effects of plant residues with contrasting chemical compositions under humid tropical conditions: effects on soil fauna. Soil Biology and Biochemistry.
- Torres, M. (2004). Fertilización sustentable.
- Trujillo, F. J. (2014 de Agosto de 2014). Propiedades del Suelo: Físicas, Químicas y Biológicas. Obtenido de <http://biologiadesuelo.blogspot.com/2014/08/caracteristicas-biologicas-del-suelo.htm>
- UCC, A. (16 de Noviembre de 2016). suelo. Obtenido de <http://referentealsuelo.blogspot.com/2013/04/macronutrientes-del-suelo.html>
- Urbano Terrón, P. (1998). Fertilidad y ciclos de nutrientes en el suelo. Agricultura Sostenible.
- USDA. (2015). Densidad aparente del suelo y su importancia en la aireación y humedad del suelo.
- USR. (2006). Nutrientes del suelo.
- Valencia, G. (2012). Fisiología, nutrición y Fertilización en suelo.
- Worthen, E. (1949). Suelos agrícolas: Su conservación y fertilización. . México. 463 p.
- Worthen, E. M. (1949). Suelos agrícolas: Su conservación y fertilización. U.T.E.H.A. 463 p.
- Yamamoto, W. (2004). Effects of Silvopastoral Areas on Dual-purpose Cattle Production at the Semi-humid Old Agricultural Frontier in Central Nicaragua. Tesis Phd Philosophy. Turrialba, CR, CATIE. 306p.
- Zamora, S. e. (2001). Como utilizar los frutos de Guanacaste (*Enterolobium cyclocarpum*), guácimo (*Guazuma ulmifolia*), genízaro (*Pithecellobium saman*) y jicaro (*Crescentia alata*) en alimentación animal.
- Zeledón M. (2007). Adaptación y productividad de seis gramíneas forrajeras en Puerto Díaz,, . Chontales, Nicaragua.

- Zerbino S, e. a. (2008). E valuación de la macrofauna del suelo en sistemas de producción en siembra directa y con pastoreo. . Agrociencia, 12 (1): 44- 55. 34.
- Zerbino, S. e. (2008). Evaluación de la macrofauna del suelo en sistemas de producción en siembra directa y con pastoreo. Agrociencia,.

IX. ANEXOS

Anexo 1. Comunidad Piedra Larga Arriba de Google maps, (2016).



Anexo 2. Comunidad San Pedro de Arenales extraído de Google maps, (2016).



Anexo 3 . Base de datos para Biomasa y cobertura de suelo

GRAMA AGRICULTURA, SUELO Y AGUA (F																														
PRODUCTORES PARCELAS CON 4 INDIC																														
					Datos seso de Biomasa de Rastrojo (Ton/Ha), 75 °C durante 24 horas. *									3. Materia Seca (Ton/Ha)				Datos de Cobertura de Suelo con Rastrojo					4. Cobertura de Suelo con Rastrojo (%)							
					Muestra humeda va al horno de secado																									
No.	Nombre completo	Comunidad	Tipo de Parcela	Fecha	eso Humedo (kg) en 1 m			eso Humedo (kg) mues			Peso Seco (kg) muestra			Materia Seca				Numero de Nudos en contacto con					Numero de Nudos en contacto con el					% Cobertu ra suelo (prom		
					1.	2.	3.	1.	2.	3.	1.	2.	3.	1.	2.	3.	Prom edio	Mues treo 1	Mues treo 2	Mues treo 3	Mues treo 4	Mues treo 5	% Cobertu ra	% Cobert ura	% Cobert ura	% Cobert ura	% Cobert ura			
					Parte Alta	Parte Media	Parte Baja	Parte Alta	Parte Media	Parte Baja	Parte Alta	Parte Media	Parte Baja	Parte Alta	Parte Media	Parte Baja	Parte Alta	Parte Media	Parte Baja	Prom edio	Mues treo 1	Mues treo 2	Mues treo 3	Mues treo 4	Mues treo 5	% Cobertu ra	% Cobert ura		% Cobert ura	% Cobert ura
1															0.00	0.00	0.00	0.00							0	0	0	0	0	0
2															0.00	0.00	0.00	0.00							0	0	0	0	0	0
3															0.00	0.00	0.00	0.00							0	0	0	0	0	0
4															0.00	0.00	0.00	0.00							0	0	0	0	0	0
5															0.00	0.00	0.00	0.00							0	0	0	0	0	0

Anexo 4. Base de dato para Humedad y Densidad aparente.

PROGRAMA AGRICULTURA, SUELO Y AGUA (ASA)					Vol. Cilin: 3.1416*r ² *h																				
LISTA DE PRODUCTORES PARCELAS CON 14 INDICADORES					Datos para Humedad y Densidad Aparente												1. % Humedad Gravimetrica (%HG)				2. Densidad Aparente				
No.	Nombre completo	Comunidad	Tipo de Parcela	Fecha	Tara o Peso Cilindro (gr)	Vol. Cilindro (cm ³)	Peso Suelo Humedo (PSH), en gr			Peso Suelo Seco (PSS), en gr						%HG				Da (gr/cm ³)					
							PSH+Tara			PSS+Tara			PSS-Tara			%HG				Da (gr/cm ³)					
							1. Parte Alta	2. Parte Media	3. Parte Baja	1. Parte Alta	2. Parte Media	3. Parte Baja	1. Parte Alta	2. Parte Media	3. Parte Baja	1. Parte Alta	2. Parte Media	3. Parte Baja	%HG Prom.	1. Parte Alta	2. Parte Media	3. Parte Baja	Da Prom.		
1																									
2																									
3																									
4																									
5																									
6																									
7																									
8																									

Anexo 5. Base de datos para Macro fauna del suelo

PROGRAMA AGRICULTURA, SUELO Y AGUA (ASA)																												
LISTA DE PRODUCTORES PARCELAS CON 4 INDICADORES.																												
No.	Nombre completo	Comunidad	Tipo de Parcela	Fecha	7. Macrofauna mayor de 2 mm																							
					1. Parte Alta						2. Parte Media						3. Parte Baja											
					Sp 1: Lombrices			Sp2:			Peso de Raíces (gr)		Sp 1: Lombrices			Sp2:			Peso de Raíces (gr)		Sp 1: Lombrices			Sp2:			Peso de Raíces (gr)	
					Cant.	Peso (gr)	Peso (kg/m ³)	Cant.	Peso (gr)	Peso (kg/m ³)	gr	kg/m ³	Cant.	Peso (gr)	Peso (kg/m ³)	Cant.	Peso (gr)	Peso (kg/m ³)	gr	kg/m ³	Cant.	Peso (gr)	Peso (kg/m ³)	Cant.	Peso (gr)	Peso (kg/m ³)	gr	kg/m ³
1							0.00			0.00		0	0	0.00			0.00			0.00			0.00		0.00			
2							0.00			0.00				0.00			0.00			0.00			0.00		0.00			
3							0.00			0.00				0.00			0.00			0.00			0.00		0.00			
4							0.00			0.00				0.00			0.00			0.00			0.00		0.00			
5							0.00			0.00				0.00			0.00			0.00			0.00		0.00			

Anexo 6 . Hoja de campo. Evaluación visual de suelo

Evaluación Visual del Suelo Tarjeta de Calificación Indicadores de Calidad del Suelo			
Nombre del Productor:			
Uso del Suelo:			
Comunidad: Las Delicias			Municipio:
Finca / Lote:			Fecha:
Tipo de suelo: Franco			
Textura	Arenoso	Arcilloso	Franco:
Humedad	Seco:	Ligeramente húmedo:	Húmedo
Clima	Invierno:	Verano	Canícula
Indicadores Visuales	Calificación	Factor	Valor por indicador
	0 = condición pobre		
	1 = condición moderada		
	2 = condición buena		
Estructura y Consistencia		X 3	
Porosidad		X 2	
Coloración		X 2	
Número y color de moteado		X 1	
Conteo de lombrices		X 2	
Compactación		X 1	
Cobertura		X 3	
Profundidad		X 3	
Suma de Indicadores			
Interpretación: Calidad del suelo			Puntos
Suelo Pobre			<10
Suelo Moderado			10 a 25
Suelo Bueno:			> 25

Anexo 7. Rendimiento del cultivo agrícola

MULTIMEDIA AGRICULTURA SUELO Y AGUA																						
Hoja de toma de información de rendimiento																						
No	Nombre del producto	Cedula	Comunidad	Municipio	Departamento	Socio	Nombre de Trasmientos en Urea/ASA/CCN	Línea	Epooca Siembra Año	Distancia entre surcos (metros)					Longitud de surco (metros)					Numero de Parcela ASA		
										Parcela ASA	Parcela ASA	Parcela ASA	Parcela ASA	Parcela ASA	Parcela ASA	Parcela ASA	Parcela ASA	Parcela ASA	Parcela ASA	Parcela ASA	Parcela ASA	Parcela ASA
1	Melón de leche	941.220885.0004	Caraguasén	Líncaga	Líncaga	FINER	ASA + ASA		Primera 20	0.5	0.45	0.4	0.5	0.4	0.45	5	5	5	5	5	5	5
2																						
3																						
4																						
5																						
6																						
7																						
8																						
9																						
10																						
11																						
12																						
13																						
14																						
15																						
16																						
17																						
18																						
19																						
20																						
21																						
22																						
23																						
24																						
25																						
26																						
27																						
28																						
29																						
30																						

Anexo 8. Toma de información de la finca y del sistema productivo

CRS/UCATSE/ Proyecto ASA

GUIA

DIAGNOSTICO RETROSPECTIVO ULTIMOS CINCO AÑOS

(Productores con quien se establecerán los ensayos)

I. DATOS GENERALES DEL PRODUCTOR

- a. Nombre del productor(a): _____ Sexo: _____
- b. Número de cédula(a) (# Identificación oficial de país): _____
- c. Estado civil: _____
- d. Nivel de estudio: _____
- e. Número de teléfono: _____
- f. Fecha de nacimiento: _____
- g. Comunidad, caserío / sector: _____
- h. Municipio: _____
- i. Departamento: _____
- j. País: _____ - _____
- k. Coordenadas (WorldMercator): X: _____; Y: _____; Altura (Z): _____
- l. Está organizado: Cooperativa: _____ Asociación de productores: _____
Privado: _____ Otros: _____

II. DATOS GENERALES DE LA FINCA

- a. Tenencia de la finca: Propia: _____ Alquilada: _____ A medias: _____ Comunal: _____
- b. Si es alquilada la tierra el tiempo en: Meses: _____
- c. Propiedad de la tierra o responsable del arrendamiento: Hombre _____, Mujer _____
- d. Área total : _____ has (colectar la información en las unidades de medida expresadas por el productor para tener el registro y luego hacer la conversión a has)
 - Agrícola : _____ has
 - Pecuaría : _____ has
 - Forestal : _____ has
 - Otros : _____ has
- Observación (anotar la relación de conversión entre la medida expresada por el productor y la hectárea): _____
- e. Topografía

Escarpada : _____Arriba de 40% del área de la finca

Ondulada : _____Hasta 10 a 40%% del área de la finca

Plana : _____Hasta 0 a 10% del área de la finca

f. Tipo de suelo (textura) (¿con base al análisis o por observación?)

Fino : _____

Medio : _____

Grueso : _____

Observaciones: _____

g. Profundidad efectiva del suelo:

i. _____00-10 cms

ii. _____10-20 cms

iii. _____20-30 cms

iv. _____30-40 cms

v. _____>40 cms

DATOS DE PRODUCCIÓN E INGRESOS (por cultivos)

h. Calendario de cultivos

Cultivo	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Maíz												
Frijol												
Maicillo												
Café												
Abonos verdes												
Cacao												

Arreglos de cultivos (fotos dentro de las posibilidades)

Relevo : _____, _____, _____, _____

Asociados : _____, _____, _____, _____

Escalonado : _____, _____, _____, _____

Otros : _____, _____, _____, _____

Anexo 9. Escala de referencia para la interpretación de análisis químico en el suelo.

NOMBRE	SÍMBOLOS	UNIDADES	MIN.	MEDIO	MAX.
pH	pH	pH	5,5	5,5-6,5	6,6
MATERIA ORGÁNICA	M.O.	%	1,8	1,9-4,2	4,3
FOSFORO	P	ppm	10	11-20	21
POTASIO	K	meq/100ml	0,2	0,3-0,6	0,6
CALCIO	Ca	meq/100ml	4	4,1-20	20
MAGNESIO	Mg	meq/100ml	2	2,1-10	10
hierro	Fe	ppm	10	11-100	100
Cobre	Cu	ppm	2	3-20	20
ZINC	Zn	ppm	3	3,1-10	10
MANGANESE	Mn	ppm	5	6-50	50
AZUFRE	S	ppm	20	21-36	36
BORO	B	ppm	0,2	0,3-0,6	0,6
MOLIBDENO	Mo	ppm		<0,1	0,5
Ca+Mg+K			10	10,1-40	40
Ca+Mg			2	2,1-5	5
Ca+K			5	5,1-25	25
Mg+K			2,5	2,6-15	15

Anexo 10. Prueba de Kolmogorov-Smirnov para la variable Humedad gravimétrica.

% humedad gravimétrica		
N		351
	Media	19.5252
Parámetros normales ^{a,b}	Desviación típica	15.21815
	Absoluta	.149
Diferencias más extremas	Positiva	.149
	Negativa	-.144
Z de Kolmogorov-Smirnov		2.797
Sig. asintót. (bilateral)		.000

a. La distribución de contraste es la Normal.

b. Se han calculado a partir de los datos.

Anexo 11. Clasificación del moteado del suelo dentro de la evaluación visual de suelo

Clasificación de la abundancia de moteados

		%
N	Ninguno	0
V	Muy pocos	0–2
F	Pocos	2–5
C	Común	5–15
M	Muchos	15–40
A	Abundante	> 40

Fuente:(FAO, 2009)

Anexo 12. Fertilización aplicada en la parcela ASA

Cultivo del Maíz										
Productor	Nutriente	Primera aplicación			Segunda			Tercera		
		Dosis	Fuente	ddc	Dosis	Fuente	ddc	Dosis	Fuente	Ddc
Joel Fajardo	N (lb)	47,33	Urea	25	47,33	Urea	40	47,33	Urea	55
	Mg (lt)	0,25	Me(lt)	25	0,25	M (lt)	40	0		55
Marcelino calderón	N (lb)	0,00	Urea	25	0,00	Urea	40	0	Urea	55
	Mg (lt)	0,00	M (lt)	25	0,00	M (lt)	40	0		55
Denis Alaníz	N (lb)	52,33	Urea	25	52,33	Urea	40	52,33	Urea	55
	Mg (lt)	0,25	M (lt)	25	0,25	M (lt)	40	0		55
José Villareyna	N (lb)	53,33	Urea	25	53,33	Urea	40	53,33	Urea	55
	Mg (lt)	0,25	M (lt)	25	0,25	M (lt)	40	0		55
William Fajardo	N (lb)	51,00	Urea	25	51,00	Urea	40	51,00	Urea	55
	Mg (lt)	0,25	M (lt)	25	0,25	M (lt)	40	0,00		55
Santiago Fajardo	N (lb)	48,00	Urea	25	48,00	Urea	40	48,00	Urea	55
	Mg(lt)	0,25	M (lt)	25	0,25	M (lt)	40	0		
Daniel Fajardo	N (lb)	90,00	Urea	25	90,00	Urea	40	0		55
	Zinc (lt)	0,25	M (lt)	25	0,25	M (lt)	40	0	Met(lt)	
	Mg (lt)	0,25	M (lt)	25	0,00	M (lt)	40	0		
Mauricio Siles	N (lb)	44,00	Urea	25	44,00	Urea	40	44,00		55
	Mg(lt)	0,25	M (lt)	25	0,25	M (lt)	40	0		
Eddy Barreto	N (lb)	90,00	Urea	25	90,00	Urea	40	0		55
	Mg (lt)	0,25	M (lt)	25	0,25	M (lt)	40	0		

Anexo 13 . Fotografías de campo



Parcela de Santiago Fajardo, comunidad Piedra Larga en el año 2016 y 2017



Toma de rendimiento del cultivo en el año 2016, parcela de Santiago Fajardo, comunidad Piedra Larga



Toma de datos de rendimiento 2016 en parcela ASA de William Fajardo, comunidad Piedra Larga



Cultivo de maíz con cobertura en la parcela ASA en el año 2017, de William Fajardo, comunidad Piedra Larga



Presencia de cobertura de rastrojo en frijol en el año 2017, Eddy Barreto, comunidad Piedra Larga



Recolección de muestra de suelo con Monolito, parcela ASA, productor José Ronaldo Villarreyna, comunidad Arenales



Peso de muestras de suelo con el Monolito



Recolección de lombriz en el año 2016 y año 2017, parcela de Mauricio Siles, comunidad Arenales



Parcela ASA y Testigo de Mauricio Siles, comunidad Arenales 2017