

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE NICARAGUA, MANAGUA

Facultad Regional Multidisciplinaria de Matagalpa

Departamento de Ciencias, Tecnología y Salud



Monografía para optar al título de Ingeniero Agrónomo.

Efecto de cobertura sobre captura y secuestro de carbono orgánico, en cultivo de maíz (*Zea maíz L.*) en parcelas de la comunidad de Moyúa, Darío, Matagalpa, siembra de postrera 2017

Autores:

Br. Helen Iliana Dávila Tercero

Br. Yader Alexander Polanco Vallecillo

Tutor:

PhD. Francisco Javier Chavarría

Matagalpa, Agosto 2018

Efecto de cobertura sobre captura y secuestro de carbono orgánico, en cultivo de maíz (*Zea maíz L.*) en parcelas de la comunidad de Moyúa, Darío, Matagalpa, siembra de postrema 2017

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE NICARAGUA, MANAGUA

Facultad Regional Multidisciplinaria de Matagalpa

Departamento de Ciencias, Tecnología y Salud



Monografía para optar al título de Ingeniero Agrónomo.

Efecto de cobertura sobre captura y secuestro de carbono orgánico, en cultivo de maíz (*Zea maíz L.*) en parcelas de la comunidad de Moyúa, Darío, Matagalpa, siembra de postrera 2017

Autores:

Br. Helen Iliana Dávila Tercero

Br. Yader Alexander Polanco Vallecillo

Tutor:

PhD. Francisco Javier Chavarría

Matagalpa, Agosto 2018

Dedicatoria

El esfuerzo puesto durante mis cinco años de estudio y la culminación de mi carrera quiero dedicarla

A Dios porque gracias a Él he podido lograr este triunfo, quien me regalo la vida, la inteligencia y sabiduría para culminar con éxito mi carrera universitaria.

A mi hijo Harving Mateo Leiva Dávila quien es el motor de mi vida, esa personita que me impulsa a seguir a adelante y quien es también mi fuente de inspiración.

A mi esposo Harving Javier Leiva López, por su apoyo incondicional en cada etapa de mi carrera y porque a pesar de todas las dificultades siempre estuvo ahí dispuesto a ayudarme y brindarme su amor.

Br. Helen Iliana Dávila Tercero

Dedicatoria

El éxito en el fin de esta etapa de mi vida la dedico a Dios todo poderoso, por permitirme concluir una meta, y le agradezco por todas las bendiciones que me ha regalado.

A mi familia, en especial mis padres Víctor Hugo Polanco y Ana Rosa Vallecillo Molina por su amor y apoyo incondicional a lo largo de mi vida, por esos consejos que me han formado como una persona de bien, porque han luchado y me han dado un ejemplo de la persona que quiero llegar a ser.

A mi novia Jacqueline Membreño Hernández que en los últimos 4 años transcurridos de mi vida me ha brindado su cariño y apoyo.

Y a todos mis compañeros con los cuales compartí esta etapa de mi vida, y con su amistad hicieron de mis estudios universitarios agradables e inolvidables recuerdos.

Br. Yader Alexander Polanco Vallecillo

Agradecimiento

Al culminar mis estudios universitarios quiero agradecer a todas aquellas personas que de una u otra manera me ayudaron a lograr esta meta, en especial:

A mi familia sobre todo a mis padres Héctor Santana Dávila Martínez y Maribel Tercero Rodríguez porque a pesar de todas las dificultades siempre me apoyaron y animaron para salir adelante, también por el amor recibido, la dedicación y la paciencia con la que cada día se preocupaban por mí, a mi abuelita María del Socorro Martínez Castro, quien fue aquella persona preocupada y que siempre me ponía en oración para que todo saliera bien.

A los docentes que a lo largo de los 5 años me brindaron el conocimiento necesario para lograr formarme como ingeniera, en especial al profesor PhD Francisco Javier Chavarría Aráuz por aceptar ser el tutor de nuestra tesis y animarnos cada día y a la profesora PhD Evelyn Calvo Reyes por su apoyo en los momentos que más lo necesite.

A mis compañeros Hamilthon Joel Soza Espinoza y Omnar Antonio Jiménez Alvarado por su disposición a ayudarnos cada vez que lo necesitábamos.

A los productores de la comunidad de Moyúa por su disponibilidad a trabajar con nosotros y por la amabilidad que nos ofrecieron en cada gira a sus respectivas parcelas.

Br. Helen Iliana Dávila Tercero

Agradecimiento

A Dios por regalarme la vida, fuerza y sabiduría para concluir este trabajo monográfico y con ello mis estudios en la universidad.

A los docentes de la universidad por su esfuerzo y paciencia al compartir sus conocimientos, en especial al Phd Francisco Javier Chavarría Aráuz quien con mucha dedicación tuteló el trabajo de campo y la elaboración de este documento.

A los productores de la comunidad de Moyúa, principalmente a Narciso Moreno (q.e.p.d) quien nos recibió amablemente, nos apoyaba en las pruebas de campo y brindaba información necesaria para realización de este trabajo.

A mis compañeras de clases Tatiana Massiel Laguna Sevilla y mi compañera de este trabajo Helen Iliana Dávila Tercero, por su compañerismo a lo largo de estos cinco años.

A mis colegas Hamilthon Joel Soza Espinoza y Omnar Antonio Jiménez Alvarado quienes apoyaron generosamente en la medición de cada indicador y Brenda Walkiria Lumbí Aldana por su cooperación en la medición de los indicadores de crecimiento y desarrollo del cultivo.

Un especial agradecimiento a Tania Aráuz, Diógene Leytón, Jairo Álvarez y Olnier Bucardo por su amistad y apoyo en esta etapa universitaria y los buenos momentos en nuestro grupo.

Br. Yader Alexander Polanco Vallecillo

Carta Aval del Tutor

Sirva la presente, para emitir valoración sobre el trabajo de tesis para optar al título de Ingeniero Agrónomo de los Egresados Helen Iliana Dávila Tercero y Yader Alexander Polanco Vallecillo, con el título “Efecto de cobertura sobre captura y secuestro de carbono orgánico en cultivo de maíz (*Zea may L*) en parcelas de la comunidad de Moyúa, Darío, Matagalpa, siembra de postrera, 2017”.

El trabajo en mención cumple con estipulado por la UNAN Managua en el Reglamento de Régimen Académico. Existe coherencia entre su título, planteamiento del problema, sus objetivos, hipótesis, resultados, conclusiones y recomendaciones.

El trabajo realizado por los jóvenes Dávila y Polanco, a mi criterio representa un valioso aporte a la conservación y gestión integrada del recurso suelo y una excelente estrategia para la reducción de emisiones de Carbono a la atmósfera.

Para la realización del estudio se contó con el importante apoyo del Programa Agricultura-Suelos y Agua, con recursos de CRS en Convenio con nuestra Universidad. Agradecemos a CRS al igual que a cada uno de los productores (as) quienes hicieron que este estudio llegará a su feliz término.

Deseamos las mejores bendiciones de parte de nuestro Dios para que estos colegas, continúen alcanzando sus metas.

Francisco Javier Chavarría Aráuz

Tutor

Resumen

La investigación se llevó a cabo en la comunidad de Moyúa, ciudad Darío, tuvo un diseño cuasi experimental, el objetivo principal fue describir el efecto que tiene la cobertura en la captura y secuestro de carbono orgánico en cultivo de maíz. Las variables que se evaluaron fueron: las condiciones climáticas del lugar, el crecimiento y desarrollo del cultivo, el contenido de carbono orgánico en el suelo, el porcentaje y peso de la biomasa seca (cobertura) sobre las parcelas y los beneficios en las propiedades físicas del suelo que trae consigo la captura de carbono orgánico. Se concluyó que en este ciclo no se obtuvo diferencia significativa en el crecimiento y desarrollo de las plantas. Por otra parte, se verificó que en los primeros 10cm del suelo existe mayor cantidad de carbono orgánico (en comparación a los 20 y 30 cm), las parcelas con cobertura tuvieron mayor concentración de carbono orgánico y se contribuyó a mejorar las propiedades físicas del suelo, como la humedad del suelo, la infiltración básica y la densidad aparente.

Índice

Dedicatoria	i
Agradecimiento	iii
Carta Aval del Tutor	v
Resumen	vi
Capítulo I	1
1.1 Introducción.....	1
1.2 Planteamiento del problema	3
1.3. Justificación.....	6
1.4 Objetivos	7
Capítulo II	8
2.1 Antecedentes	8
2.2 Marco Teórico	12
2.2.1 Condiciones edafo climáticas	12
2.2.1.1 Condiciones climáticas	12
2.2.1.1.1 Temperatura atmosférica	12
2.2.1.1.2 Humedad relativa.....	13
2.2.1.1.3 Precipitación	13
2.2.1.1.4 Velocidad de viento.....	14
2.2.1.1.5 Evapotranspiración	14
2.2.1.2 Suelo.....	15
2.2.1.2.1 Propiedades físicas del suelo	15
2.2.1.2.1.1 Textura.....	15
2.2.1.2.1.2 Capacidad de campo	17
2.2.1.2.1.3 Punto de marchitez	17
2.2.1.2.1.4 Agua disponible	17
2.2.1.2.1.5 Densidad aparente.....	18
2.2.1.2.1.6 Infiltración Básica.....	18
2.2.1.2.1.7 Porosidad.....	19
2.2.2 Cultivo de maíz	20
2.2.2.1 Descripción de la planta de maíz	20

2.2.2.1.1	Altura de la planta	20
2.2.2.1.2	Área Foliar	21
2.2.2.2	Manejo agronómico	21
2.2.2.2.1	Sistema de siembra	21
2.2.2.2.2	Fertilización.....	22
2.2.2.2.3	Plagas en el cultivo de maíz	23
2.2.3	Carbono (C)	23
2.2.3.1	Carbono Orgánico.....	24
2.2.3.2	Función del carbono orgánico en el suelo	24
2.2.3.3	Ciclo del carbono	25
2.2.4	Cobertura de suelo	26
2.2.4.3	Beneficios de la cobertura del suelo	26
2.3	Marco Legal	28
2.3.1	Internacional	28
2.3.1.1	Sitios Ramsar.....	28
2.3.2	Nacional.....	28
2.3.2.1	Ley General Del Medio Ambiente Y Los Recursos Naturales.....	28
2.3.3	Local	30
2.3.3.1	Plan de gestión en Moyúa	30
2.4	Hipótesis de la investigación	32
Capítulo III	33
3.1.	Diseño Metodológico.....	33
3.1.1.	Ubicación de la investigación.....	33
3.1.2.	Enfoque de la investigación	34
3.1.3.	Amplitud de la investigación	34
3.1.4.	Profundidad de la investigación	34
3.1.5.	Diseño de la investigación	35
3.1.6.	Población y muestra	38
3.1.7.	Operacionalización de variables	39
3.1.8.	Procesamiento y análisis de información	40
Capítulo IV	41
4.1	Análisis y discusión de resultados.....	41

4.1.1	Condiciones edafo climáticas	41
4.1.1.1	Condiciones climáticas	41
4.1.1.1.1	Temperatura atmosférica	41
4.1.1.1.2	Humedad relativa	43
4.1.1.1.3	Precipitación	45
4.1.1.1.4	Velocidad de viento	46
4.1.1.1.5	Evapotranspiración	48
4.1.1.2	Suelo	49
4.1.1.2.1	Textura	50
4.1.1.2.2	Capacidad de campo	51
4.1.1.2.3	Punto de marchitez permanente	52
4.1.1.2.4	Agua disponible	53
4.1.1.2.5	Densidad aparente	55
4.1.1.2.6	Infiltración básica	56
4.1.1.2.7	Porosidad	60
4.1.2	Cultivo de maíz	62
4.1.2.1	Análisis estadístico del crecimiento y desarrollo del cultivo	62
4.1.2.1.1	Crecimiento	63
4.1.2.1.2	Área foliar	68
4.1.2.2	Manejo agronómico	74
4.1.2.2.1	Sistema de siembra	74
4.1.2.2.2	Fertilización	74
4.1.2.2.3	Plagas en el cultivo de maíz	75
4.1.3	Carbono	77
4.1.3.1	Carbono Orgánico	77
4.1.3.1.1	Función del carbono orgánico en el suelo	81
1.1.4	Cobertura de suelo	83
4.1.4	Beneficios de cobertura de suelo	86
Capítulo V	88
5.1	Conclusiones	88
5.2	Sugerencias	89
5.3	Bibliografía	90

Índice de tablas

Tabla 1. Composición de la textura en las parcelas evaluadas	50
Tabla 2. Capacidad de Campo en las parcelas evaluadas	51
Tabla 3. Punto de Marchitez Permanente en las parcelas evaluadas	53
Tabla 4. Agua disponible en las parcelas evaluadas	54
Tabla 5. Densidad aparente en las parcelas evaluadas	56
Tabla 6. Porosidad en las parcelas de estudio	61
Tabla 7. Clasificación de porosidad	61
Tabla 8. Análisis de varianza del crecimiento de las plantas cada parcela del Productor 1	65
Tabla 9. Análisis de varianza del crecimiento de las plantas de cada parcela del Productor 2.....	67
Tabla 10. ANDEVA de área foliar de las plantas de las parcelas del Productor 1	71
Tabla 11. ANDEVA de área foliar de las plantas de las parcelas del Productor 2	73
Tabla 12. Carbono orgánico en las parcelas evaluadas	77

Índice de gráficos

Gráfico 1. Temperatura de la micro cuenca de Moyúa.....	42
Gráfico 2. Humedad relativa en la micro cuenca de Moyúa	44
Gráfico 3. Pluviometría año 2017 en la micro cuenca de Moyúa	45
Gráfico 4. Velocidad del viento en la micro cuenca de Moyúa	47
Gráfico 5. Balance de evapotranspiración y precipitación efectiva en la localidad de Moyúa.....	48
Gráfico 6. Infiltración Básica en las parcelas del Productor 1	58
Gráfico 7. Velocidad de infiltración Básica en las parcelas del Productor 2	59
Gráfico 8. Crecimiento de las plantas en las parcelas del Productor 1	64
Gráfico 9. Crecimiento de las plantas en las parcelas del Productor 2	66
Gráfico 10. Área foliar de las plantas en las parcelas del Productor 1	69
Gráfico 11. Área foliar de las plantas en las parcelas del Productor 2	72
Gráfico 13. Contenido de carbono orgánico en las parcelas del Productor 1	78
Gráfico 14. Contenido de carbono orgánico en las parcelas del Productor 2.....	79
Gráfico 15. Resultados de materia orgánica (%) en tres profundidades del suelo	82
Gráfico 16. Biomasa seca en las parcelas del Productor 1	84
Gráfico 17. Biomasa seca en las parcelas del Productor 2	85

Índice de Figura

Figura 1. Localización de la Zona de Estudio	33
Figura 2. Diseño de la investigación	35
Figura 3. Medición de velocidad de infiltración Básica	57
Figura 4. Toma de datos del crecimiento de las plantas	63
Figura 5. Cobertura viva de Canavalia (<i>Canavalia ensiformis</i>) en las parcelas del Productor 1	70
Figura 6. Afectación de cogollero (<i>Spodoptera frugiperda</i>) en las parcelas	76

Capítulo I

1.1 Introducción

El cambio climático dificulta cada vez más la agricultura. Este rubro ocupa el segundo lugar en las emisiones de gases de efecto invernadero, ocasionado por el uso descontrolado de agroquímicos.

Otro factor que dificulta la agricultura, es el uso de malas prácticas agrícolas tales como la no rotación de cultivos, los suelos descubiertos, la quema, entre otras, que provocan la pérdida de fertilidad del suelo.

Según el Gobierno de Nicaragua, en el ciclo 2015/2016, tenía un área sembrada de granos básicos de 1, 142,611 manzanas, 1.5% superior a la registrada en el ciclo anterior. El área cosechada fue de 872,894 manzanas, 8% menor al área cosechada en el ciclo anterior. Específicamente en el cultivo de maíz se cosechó un área de 384,033 manzanas, y se obtuvo una producción de 6,423,879 quintales, 19% menor al ciclo anterior (GRUN, 2016).

La cobertura de suelo ha sido promovida como una práctica agrícola que incrementa la sustentabilidad del uso del suelo mejorando las propiedades biológicas, físicas y químicas del suelo además de su potencial para la captura de carbono y mejorar la resiliencia de las unidades productivas.

Con la realización de la investigación se logró el objetivo de determinar el efecto de la cobertura sobre la captura y secuestro de carbono orgánico en cultivo de maíz, para ello se abordó el análisis de condiciones edafoclimáticas, el crecimiento y desarrollo del cultivo, el contenido de carbono orgánico en las parcelas ASA (parcela con cobertura) y Testigo (parcelas sin cobertura). De esta manera se valoraron los beneficios sobre las propiedades físicas del suelo que trae consigo la captura y secuestro de carbono.

El documento de la presente investigación está estructurado en capítulos. El capítulo I contiene la introducción, planteamiento de problema, justificación y los objetivos del trabajo; en el capítulo II se muestran las investigaciones realizadas sobre el tema de investigación, se desarrolla el marco teórico, marco legal y se planteó la hipótesis de la investigación; el capítulo III contiene el diseño metodológico; en el capítulo IV donde se analizaron los resultados y por último el capítulo V donde están las conclusiones, recomendaciones y la bibliografía.

1.2 Planteamiento del problema

Los esfuerzos humanos para producir cantidades cada vez mayores de alimentos dejan su marca en el ambiente. El uso de la labranza extensiva, especialmente cuando se combinan con el retiro o quema de los residuos del cultivo, han magnificado las pérdidas por persistencia de prácticas agrícolas convencionales, lo que ha causado que el recurso suelo se vaya degradando constantemente. Otra consecuencia directa del uso persistente de prácticas de producción tradicionales por los agricultores es el rápido incremento de los costos de producción; los costos de los insumos tales como: variedades mejoradas y fertilizantes, continúan incrementándose y los agricultores hacen un uso indiscriminado de estos (Verhultst, François , & Govaerts, 2015).

Verhultst, François , & Govaerts (2015), indican que la asimilación del carbono en los cultivos se presenta por medio de la fotosíntesis y entra en el suelo como un residuo de biomasa aérea y biomasa de raíz. El material orgánico muerto es colonizado por diversos organismos del suelo, los cuales sacan energía para el crecimiento de la descomposición oxidativa de moléculas orgánicas complejas. Como resultado de la descomposición, aproximadamente la mitad del carbono es mineralizado y liberado como dióxido de Carbono (CO₂).

Para acumular Carbono Orgánico en el suelo, se requiere el incremento en el aporte de carbono, la reducción de la descomposición, o ambos. El aporte de carbono puede incrementarse al:

- Intensificar las rotaciones de cultivo.
- Reducir la labranza y retener los residuos del cultivo.
- Optimizar los insumos agronómicos tales como fertilizantes, riego, plaguicidas y encalado.

La cobertura de suelo sirve como medio para la acumulación de carbono orgánico en el suelo.

El incremento del Carbono Orgánico del Suelo (COS) va a depender del aporte y características del material orgánico agregado al suelo y su descomposición por los microorganismos.

La cobertura del suelo ha sido promovida como una práctica agrícola que incrementa la sustentabilidad agrícola y está asociada con el potencial de reducir las emisiones de gases con efecto invernadero. Sin embargo, hay informes contrastantes sobre el potencial la cobertura del suelo para la captura de carbono, es decir, el proceso de sustraer el dióxido de carbono (CO₂), de la atmósfera y depositarlo en el suelo (Verhulst, François, & Govaerts, 2015).

En la comunidad de Moyúa, la agricultura que se practica recae en retirar los rastrojos y mantener desnudo el suelo durante todo el ciclo productivo; lo que provoca degradación acelerada de los suelos, porque en lugar de aportar materia orgánica, esta se extrae de los suelos, además los procesos erosivos se intensifican y como consecuencia, se incrementa la tasa de degradación de suelo, a la vez que se reducen rendimientos en los cultivos.

Ante lo expuesto, surgen las siguientes preguntas:

Pregunta General

¿Qué efecto tiene la cobertura sobre la captura y secuestro de carbono orgánico, en cultivo de maíz (*Zea maíz L.*) en parcelas de la comunidad de Moyúa, Darío, Matagalpa, siembra de postrera 2017?

Preguntas Específicas

- 1 ¿Qué características edafo climáticas posee la comunidad de Moyúa?
- 2 ¿Qué efectos tiene la cobertura de suelos sobre variables de crecimiento y desarrollo del cultivo de maíz?
- 3 ¿Cuál es la cantidad de carbono orgánico existente en los suelos agrícolas de Moyúa?
- 4 ¿Qué beneficios tendrá el secuestro de carbono orgánico en las propiedades físicas de los suelos de la comunidad de Moyúa?

1.3. Justificación

Se decidió recopilar información acerca del efecto que tiene la cobertura sobre la captura y secuestro de carbono orgánico, puesto que una de las problemáticas a nivel mundial es la degradación de los suelos, a causa de las malas prácticas de producción que realizan los productores sobre este, causando así una disminución en la producción. Es por tal razón que se necesitan implementar actividades que ayuden a mejorar las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo, una de estas actividades puede ser la implementación de cobertura sobre las unidades productivas.

Este documento brindará datos de los beneficios que tiene el uso de la cobertura tanto en la parte productiva como en el aspecto ambiental al demostrar la diferencia de carbono orgánico en suelos cultivados tradicionalmente con respecto a suelos trabajados con cobertura y por otra parte los beneficios que aporta el carbono orgánico en las propiedades físicas del suelo.

Con esta investigación resultan beneficiados directamente los productores de Moyúa al incrementar su producción en las unidades agrícolas, disminuir costos y mejorar la calidad de sus suelos a la vez que reduce la concentración de CO₂ en la atmósfera. Otro segmento de beneficiarios son los investigadores, que al llevar esta investigación ampliarán los conocimientos sobre una agricultura amigable al medio ambiente, al mismo tiempo que les permite obtener título de ingenieros agrónomos. Los resultados obtenidos a través de la presente investigación, sirven como fuente de información a toda persona interesada en la temática.

1.4 Objetivos

Objetivo General:

Describir el efecto que tiene la cobertura en la captura y secuestro de carbono orgánico, en cultivo de maíz (*Zea maíz L.*) en parcelas de la comunidad de Moyúa, Darío, Matagalpa, siembra de postrema 2017.

Objetivos Específicos:

1. Analizar las condiciones edafo climáticas de la comunidad de Moyúa-Ciudad Darío.
2. Determinar el efecto de la cobertura de suelo en crecimiento y desarrollo del cultivo de maíz.
3. Comparar la concentración de carbono orgánico en las parcelas ASA y Testigo.
4. Valorar los beneficios que trae consigo la captura y secuestro de carbono orgánico, sobre las propiedades físicas del suelo.

Capítulo II

2.1 Antecedentes

En Galicia, España, Macías, Campos & Rodríguez (2005) realizaron una revisión de la capacidad de secuestro de Carbono por los suelos y biomasa, discutiendo posibles alternativas y poniendo de manifiesto su importancia ambiental y económica, llegando a la conclusión de que la utilización de los suelos y la biomasa como sumidero de carbono es una realidad admitida por la mayor parte de los investigadores, aunque todavía no se hayan incluido todos los procesos de secuestro existentes en los diferentes sistemas o tipos de utilización del suelo.

En Mérida, México, Zambrano, Franquis e Infante (2004), estudiaron la emisión y captura de carbono en los suelos en ecosistemas forestales en donde se hace mención del papel de las plantaciones forestales para la fijación de carbono, la potencialidad de suelos de pastoreo como sumideros, influencia en la fertilidad del suelo en el secuestro de carbono y por último se diserta sobre el uso de la biomasa como sustituto energético.

En Ucayali (Perú), Sales (2006), realizó un estudio basado en la caracterización de la materia orgánica de suelos representativos de ecosistemas amazónicos del Perú e influencia de su uso y manejo en el secuestro de carbono, llegando a la conclusión de que las características edáficas y determinadas prácticas de manejo agrícola y agroforestal indican una acumulación y estabilización de materia orgánica en los suelos estudiados representativos de ecosistemas de la amazonia Peruana. Estos sistemas favorecen la acumulación de formas estables de carbono en el subsuelo, probablemente mediante una preservación selectiva de lípidos complejos de plantas y microorganismos facilitados por las condiciones ambientales en dichos horizontes profundos, como la humedad que es más elevada en los suelos aluviales.

En Xalapa (Mexico) Ordóñez, Jong, & Maser (2001) en su investigación “Almacenamiento de carbono en un bosque de *Pinus pseudostrobus* en Nuevo San Juan, Michoacán” que tuvo como objetivo estimar el potencial de captura de carbono en un bosque templado utilizando el modelo de simulación CO₂Fix; el modelo está basado en una simulación del ciclo del carbono para rodales con el modelo se puede calcular el carbono total capturado a nivel de una plantación, se concluyó que al término del turno (50 años) la captura potencial de carbono para el bosque de Nuevo San Juan es de 1.5 millones de toneladas de Carbono, para una superficie de 8,870 ha del género *Pinus*. En el largo plazo (250 años) esta captura se estabiliza en 1.9 millones de tC, equivalentes a 217 tC/ha.

En Nariño (Colombia), Acosta & Tupaz (2007) cuantificaron la captura de carbono por la biomasa aérea de aliso (*Alnus jorullensis*) en dos arreglos agroforestales de la granja experimental botana Universidad de Nariño. Se determinó que el arreglo cultivo en callejones presentó mayor cantidad de biomasa seca aérea total con 2,4 ton/ha y carbono almacenado 1.20 ton C/ha en árboles de *Alnus jorullensis*, frente a 0,647 ton/ha de biomasa y carbono almacenado 0.323 ton C/ha en el arreglo árboles dispersos.

En La Habana (Cuba), Lok, Fraga, & García (2013) investigaron el “Almacenamiento de carbono en el suelo de tres sistemas ganaderos tropicales en explotación con ganado vacuno” determinaron el almacenamiento de carbono en el suelo de tres sistemas a) silvopastoril basado en *Panicum maximum* y *Leucaena leucocephala*; b) monocultivo de *Panicum maximum* y c) asociación de gramíneas con una mezcla de leguminosas rastreras. En todos los sistemas, el mayor depósito de carbono ocurrió de 0 a 15 cm de profundidad. Los contenidos de carbono almacenado en el suelo están en función del uso y manejo del suelo y directamente relacionados con el contenido de materia orgánica. El sistema silvopastoril y el de mezcla de leguminosas rastreras mostró incremento paulatino en el carbono almacenado en el suelo con el tiempo de explotación, lo que los convierte en alternativas viables para la captura de carbono en agro ecosistemas de pastizales.

En Guanacaste (Costa Rica), Rojas, Muhammad & Andrade (2009), trabajaron acerca del secuestro de carbono y uso de agua en sistemas silvopastoril con especies maderables nativas en el trópico seco, estimaron el secuestro de carbono y uso de agua en seis sistemas silvopastoril basados en la combinación de *Brachiaria Brizantha* (*B. Brizantha*) e *Hyparrhenia rufa* (*H. rufa*) con especies maderables nativas en el trópico seco concluyendo que la concentración de raíces finas en los primeros 20 cm del perfil del suelo en *Pithecellobium saman* en asocio con *B. brizantha* se obtuvo 1,1 t C/ha y *Dyphisa robinoides* en asocio con *B. brizantha* 0,8 t C/ha. La producción de biomasa aérea de las pasturas fue mayor en *B. brizantha* que en *H. rufa*; El contenido de carbono orgánico en los sistemas silvopastoril evaluados se encuentran concentrados en los primeros 20 cm de suelo.

En Waslala (Nicaragua), Poveda, Orozco, Medina y otros (2013), llevaron a cabo un estudio sobre almacenamiento de carbono en sistemas agroforestales de cacao, en donde se estimó el carbono almacenado en 50 sistemas agroforestales concluyendo que el potencial para capturar carbono por los SAF-cacao es limitado debido a la baja diversidad arbórea encontrada.

En Managua (Nicaragua), Conolly & Corea (2007) realizaron un estudio sobre la cuantificación de la captura y almacenamiento de carbono en sistema agroforestal y forestal en seis sitios de cuatro municipios de Nicaragua, llegando a la conclusión de que el sistema pino fija mayor cantidad de carbono en su biomasa aérea, siguiéndole el sistema de bosque seco con manejo de regeneración natural, luego la plantación energética y por último el sistema café Ecoforestal.

La mayoría de las investigaciones realizadas sobre la captura y secuestro de carbono orgánico se han hecho en sistemas forestales y agroforestales, siendo estos sistemas estudiados por la numerosa biomasa aérea que poseen.

Otras investigaciones toman en cuenta los sistemas de producción pecuarios, por las grandes emisiones de metano que produce el ganado, aparte se ha estudiado

la influencia de las propiedades físicas y químicas del suelo en la captura y secuestro de carbono orgánico, sin embargo, no existen investigaciones a nivel nacional que evalúen la cuantificación del carbono orgánico en suelo y biomasa terrestre con el uso de prácticas de la agricultura de conservación como la cobertura con rastrojos y leguminosas.

Se realizó una revisión bibliográfica en la biblioteca de la Facultad Regional Multidisciplinaria FAREM Matagalpa, no encontrándose ninguna investigación sobre la misma.

2.2 Marco Teórico

La necesidad de alimentos a nivel mundial es cada vez mayor, debido a esto se ha usado el suelo indiscriminadamente con malas prácticas agrícolas lo que llevado a degradarlo y volver cada vez más difícil la obtención de alimentos.

La agricultura puede satisfacer la demanda de alimentos sin afectar la fertilidad del suelo; el uso de buenas prácticas agrícolas mejora las propiedades del suelo, reduce la incidencia de plagas, arvenses y disminuye el riesgo de erosión hídrica y eólica.

2.2.1 Condiciones edafo climáticas

2.2.1.1 Condiciones climáticas

Las condiciones climáticas son importantes en el desarrollo de las plantas, puesto que es uno de los factores esenciales para que estas puedan crecer en óptimas condiciones, por lo contrario, cuando las condiciones climáticas son adversas tales como incremento de la temperatura y la falta de agua o el exceso de esta por el cambio climático, se necesitan tomar acciones para poder cosechar.

2.2.1.1.1 Temperatura atmosférica

La temperatura atmosférica, es la cantidad de calor que posee el aire en un momento y lugar determinado. Su origen se encuentra fundamentalmente en la influencia de los rayos solares sobre la atmósfera. Esta temperatura es inversamente proporcional a la altitud; es decir, a mayor altitud menor temperatura y viceversa. La influencia de la altitud sobre la temperatura determina la existencia, en la zona geotérmica intertropical, de pisos térmicos y sus correspondientes pisos bióticos, en los cuales se desarrollan ciertas especies vegetales y animales que se adaptan a estas temperatura (DEFINISTA, 2015).

En base a lo anterior se puede decir que la temperatura es el nivel de calor o frío que existe en un determinado lugar, esto va a depender directamente de la altura que se encuentre un sitio específico, es por tal razón que un mismo país posee temperaturas muy diferentes, ya que existen zonas altas y bajas.

2.2.1.1.2 Humedad relativa

La humedad relativa es la cantidad de vapor de agua que contiene el aire. Esa cantidad no es constante, sino que dependerá de diversos factores, como si ha llovido recientemente, si estamos cerca del mar, si hay plantas, etc. También depende de la temperatura a la que esté el aire. Es decir, conforme el aire desciende su temperatura es capaz de albergar menos vapor de agua (Portillo, 2017).

Resulta racional decir que la humedad relativa es el agua existente en el aire y las zonas calientes son capaces de albergar mayor vapor de agua; cuando la humedad relativa es muy alta se nos hace difícil respirar ya que el aire se vuelve denso, en el mismo caso una alta humedad relativa dispone el ambiente idóneo para la propagación de enfermedades fungosas.

2.2.1.1.3 Precipitación

Se conoce como precipitación a la cantidad de agua que cae a la superficie terrestre y proviene de la humedad atmosférica, ya sea en estado líquido (llovizna y lluvia) o en estado sólido (escarcha, nieve, granizo). La precipitación es uno de los procesos meteorológicos más importantes para la Hidrología, y junto a la evaporación constituyen la forma mediante la cual la atmósfera interactúa con el agua superficial en el ciclo hidrológico del agua. El instrumento que se suele utilizar para medir la precipitación caída en un lugar y durante un tiempo determinado se denomina pluviómetro (Sánchez, 2008).

Con respecto a lo anterior la precipitación es la cantidad de agua que cae al suelo, generalmente medida en mm en una unidad de tiempo (mm/año por ejemplo). La precipitación juega un papel muy importante ya que de acuerdo a estos datos el productor puede tomar decisiones más acertadas en la planificación del manejo de un determinado cultivo.

2.2.1.1.4 Velocidad de viento

Es la velocidad con la que el aire de la atmósfera se mueve sobre la superficie de la tierra. La velocidad y el vector (dirección en la que el viento se desplaza) del viento tienen un gran impacto en el clima de la tierra y en la civilización. Una escala de velocidad del viento, la Escala de Viento de Beaufort, clasifica el viento de acuerdo con sus diferentes velocidades. El instrumento más utilizado es el anemómetro de cazoletas, la unidad de medida es el km/h o el m/s (García, 2015).

De lo citado anteriormente se deduce que la velocidad del viento no es más que la dirección y la rapidez con que se desplaza el viento, es importante saber qué velocidad existe para poder establecer un cultivo de manera que este factor ambiental no lo afecte, ya que incide en la transpiración porque a mayor velocidad de viento mayor transpiración. Por lo tanto, en sitios donde el viento tiene gran velocidad es necesario implementar obras tales como cortinas rompe vientos para disminuir el impacto de este en la zona.

2.2.1.1.5 Evapotranspiración

La evapotranspiración es el proceso por el cual el agua pasa de fase líquida a fase de vapor, desde la superficie a la atmósfera. El agua puede evaporarse desde una gran variedad de superficies tales como suelo, lagos, ríos y vegetación húmeda. La evapotranspiración es la tasa de transferencia de agua a la atmósfera que tiene el cultivo en un momento determinado (Castro, 2006).

En base a lo anterior la evapotranspiración es la pérdida de agua de la tierra a través de la evaporación de los suelos y de los mantos acuíferos también por la transpiración de las plantas. Es necesario diferenciar entre evapotranspiración real que es la pérdida de agua real y la evapotranspiración potencial es la cantidad máxima de agua que se puede perder con el clima y condiciones que puedan existir en ese momento.

2.2.1.2 Suelo

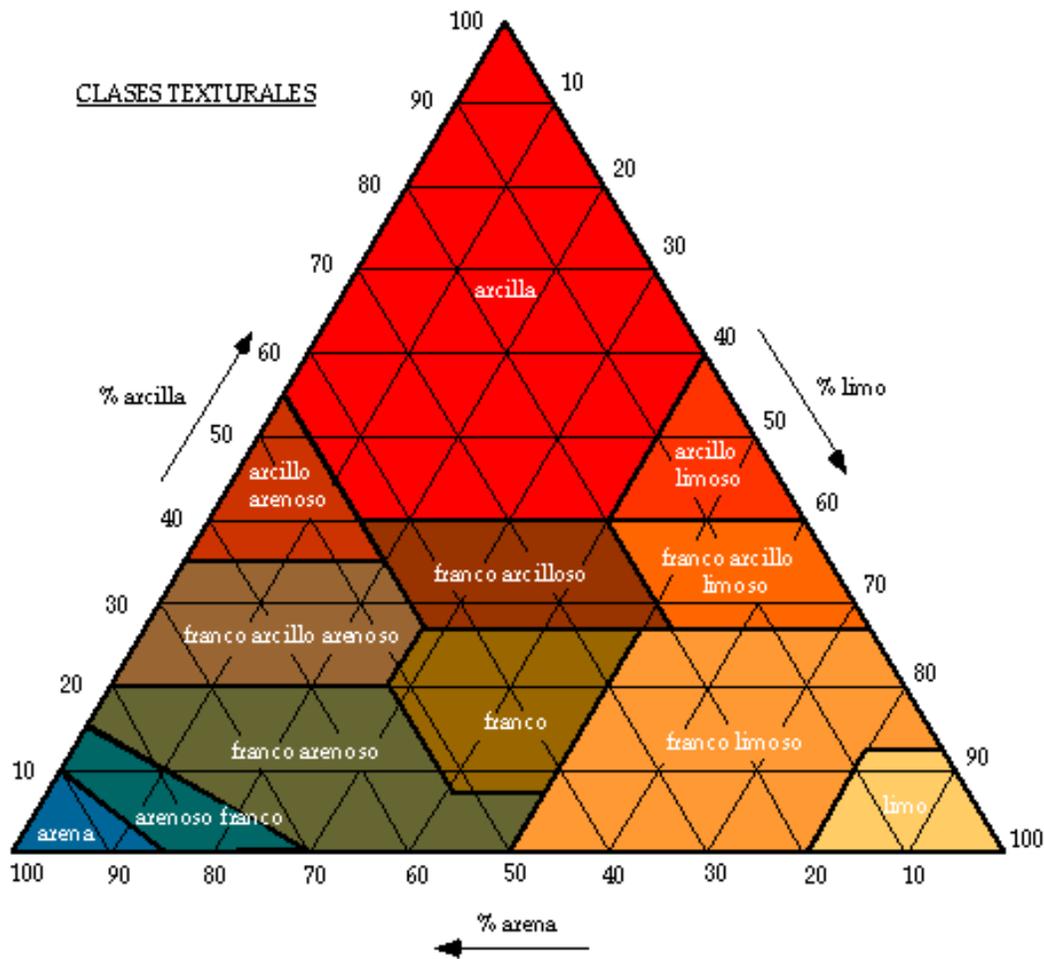
El suelo, debe de otorgar sostén a las plantas y todos los nutrientes que esta necesita, sin embargo, el uso intensivo de este a través del tiempo ha hecho que el suelo pierda su fertilidad; consecuente a ello el trabajar el suelo se ha hecho más complicado. Sin embargo, el uso de buenas prácticas agrícolas como por ejemplo el uso de coberturas, puede formar suelo más rápidamente en comparación a como se forma naturalmente.

2.2.1.2.1 Propiedades físicas del suelo

Las propiedades físicas de los suelos, determinan en gran medida, la capacidad de muchos de los usos a los que el hombre los sujeta. Las condiciones físicas permiten conocer si el suelo tiene buena capacidad de retención de agua, de penetración de las raíces, aireación, capacidad de drenaje, entre otros.

2.2.1.2.1.1 Textura

La textura se refiere a las proporciones porcentuales de las agrupaciones por tamaños de los granos individuales en una masa de suelo. Se refiere específicamente a los porcentajes de arcilla, del limo y de las arenas de menos de 2 mm de diámetro (Cisneros, 2003).



Fuente: Cabalceta (2009)

El nombre de la clase textural se obtiene con los porcentajes de las partículas en el triángulo de textura, primeramente se ubica el porcentaje de arcilla ubicadonse al lado izquierdo del triángulo, se une con el porcentaje de arena que está en la parte inferior del triángulo y por ultimo con el porcentaje de limo, en la parte derecha. Si las partículas mayores de 2 mm están presentes en cantidades significativas, al nombre de la textura se le agregará el adjetivo de gravoso o pedregoso según sea el caso

La textura es la relación que existe entre las partículas del suelo ya sean limo que son las partículas más finas, arena siendo estas las partículas más gruesas y arcillas

las partículas más cohesivas. La textura del suelo este definida por las proporciones de estas partículas en el suelo.

2.2.1.2.1.2 Capacidad de campo

IMFIA (2009) señala que capacidad de campo es el grado de humedad de un suelo luego que ha perdido su agua de saturación, corresponde al agua higroscópica y al agua capilar.

La capacidad de campo es la cantidad exacta de agua que el suelo puede retener, sin que este se encharque o el cultivo llegue a mostrar síntomas de estrés hídrico.

2.2.1.2.1.3 Punto de marchitez

Es el grado de humedad del suelo que rodea la zona radicular de la vegetación, tal que la fuerza de succión de las raíces es menor que las de retención del agua por el terreno (fuerzas capilares de los poros más pequeños). Cuando la planta no puede absorber toda la demanda de agua se alcanza el punto de marchitez temporal, cuando ya no puede absorber agua del suelo alcanza el punto de marchitez permanente (IMFIA, 2009).

En concreto punto de marchitez permanente es el estado del suelo donde el agua que retienen las partículas no puede ser absorbida por las plantas, o sea es cuando solo existe el agua higroscópica en el suelo. Este tipo de humedad esta retenida a más de 15 atm.

2.2.1.2.1.4 Agua disponible

Según la Facultad de Agronomía de la Universidad de la República de Uruguay (SF), agua disponible se define como la máxima cantidad de agua que la planta puede disponer para su absorción en determinado perfil.

Con base a lo anterior el agua disponible es el agua utilizable por la planta. Se puede decir que es la diferencia entre la capacidad de campo y el punto de marchitez permanente. Es lo mismo decir que la capacidad de agua disponible es la diferencia del agua capilar y el agua higroscópica, que es agua que las partículas de suelo puede retener o sea que el agua que está disponible en el suelo para las plantas es el agua capilar.

2.2.1.2.1.5 Densidad aparente

Rojas (2012), establece que la densidad aparente se define como la masa de suelo por unidad de volumen (g/cm^3 o t/m^3). La fórmula de calcular la densidad aparente del suelo (D_{ap}), está dada por la ecuación $D_{ap} = \text{PSS (gr)}/V (\text{cm}^3)$, donde PSS corresponde al peso de suelo seco. Este peso del suelo se obtiene al someter la muestra (Peso de suelo húmedo) a una temperatura de 105-110° C durante 24 horas.

Respecto a lo mencionado, la densidad del suelo está estrechamente relacionada a la textura, por otra parte, la densidad aparente se ve afectada por la compactación la cual aumenta el valor de este indicador. Keller y Hakansson (2010) describe la compactación del suelo, representando la relación entre sólidos y espacio poroso.

2.2.1.2.1.6 Infiltración Básica

Brouwe, Prins, Kay, Heibloem, (1988) citado por CIMMYT (2013), describe que el agua se infiltra con rapidez en suelos secos; esta velocidad se conoce como la velocidad de infiltración inicial, a medida que el agua sustituye al aire que se encuentra en los poros, el agua de la superficie se infiltra a una velocidad menor y finalmente, cuando el suelo se satura de agua, alcanza una velocidad constante, que es la velocidad de infiltración básica.

Lo citado anteriormente hace énfasis en que la cantidad de agua que se infiltra en un suelo en una unidad de tiempo, bajo condiciones de campo, es máxima al comenzar la aplicación del agua en el suelo y disminuye conforme aumenta la cantidad de agua que ya ha entrado en él, por ende la infiltración básica es la lámina de agua que se infiltra en el suelo en un tiempo determinado cuando este llega al máximo de su capacidad de campo, es lo mismo decir el paso del agua a través del suelo saturado.

2.2.1.2.1.7 Porosidad

La porosidad es la porción de suelo no ocupado por partículas sólidas (minerales u orgánicas). Los espacios porosos están ocupados por aire y agua. El arreglo de las partículas sólidas del suelo determina la cantidad de espacio poroso. La relación de la textura con la porosidad es alta; en suelos arenosos, se tienen poros grandes y continuos, en suelos arcillosos, se tienen poros muy pequeños, pero más abundantes, por lo mismo, los suelos arcillosos tienen una mayor porosidad total (Cisneros, 2003).

Es conveniente decir que los poros en el suelo permiten un buen desarrollo del sistema radicular no obstante un alto valor en esta propiedad resulta inconveniente, por lo que las plantas no se sujetan adecuadamente y caen, resulta oportuno destacar que por la estrecha relación que tiene la porosidad con la textura del suelo se puede tomar valores próximos del porcentaje de porosidad según su textura.

Según Delgadillo (2010), la porosidad se obtiene mediante la ecuación siguiente: $P(\%) = 1 - (D_{ap}/D_r) * 100$; donde D_r corresponde a densidad real, que para efectos de este estudio la consideramos en 2.65 gr/cm^3

2.2.2 Cultivo de maíz

INTA (2010), señala que el maíz es un cultivo que se puede sembrar todo el año, en cinco épocas de siembra primera (mayo-junio), postrerón (julio), postrera (agosto-septiembre), apante (noviembre-febrero) y riego (noviembre-febrero). Es el cereal nutritivo básico en la alimentación humana, debido al aporte en calorías y proteínas.

El cultivo del maíz es uno de los principales cultivos que se establecen en Nicaragua, forma parte de la alimentación básica de toda la población, ya que a partir de este se elaboran diferentes productos los cuales pueden ser considerados tradicionales, es por esto la importancia de la siembra de este en el país.

En muchas zonas del país dedicadas al cultivo de maíz, su siembra se realiza en época de primera, debido a que es cuando la estación lluviosa está presente, con respecto a la siembra de apante y riego no se realiza en todo el país sino en algunas zonas en donde tienen disponibilidad de agua.

2.2.2.1 Descripción de la planta de maíz

2.2.2.1.1 Altura de la planta

La altura de planta es una característica fisiológica de gran importancia en el crecimiento y desarrollo de la planta. Está determinada por la elongación del tallo al acumular en su interior los nutrientes producidos durante la fotosíntesis, los que a su vez son transferidos a la mazorca durante el llenado de grano y puede verse afectada por la acción conjunta de los cuatro factores fundamentales: luz, calor, humedad y nutrientes (Blessing & Hernandez, 2009).

Según INTA (2010) el maíz (*Zea mays L.*) es una gramínea anual, de crecimiento determinado, de 2.2 a 2.35 m de altura, un solo tallo dominante, en variedad NB 6.

En base a lo anterior se puede decir que la altura de la planta es un indicador del crecimiento de esta planta. El medir la altura de la planta en diferentes etapas nos mostrará el nivel de crecimiento que va teniendo a lo largo de los días, a través de la elongación del tallo se acumulan los nutrientes obtenidos de la fotosíntesis.

2.2.2.1.2 Área Foliar

El área foliar es una manifestación cuantitativa de las plantas que puede ser medida a través de parámetros como ancho de la hoja y longitud de la hoja contribuye a un aumento del rendimiento al incrementar los niveles de fotosíntesis (Blessing & Hernandez, 2009).

Camacho, Garrido, & Lima (1995), estudiaron 9 genotipos del cultivo de maíz y reportaron valores de 0.544, 0.665 y 0.674 m² de área foliar.

El área foliar es de gran importancia en una planta ya que esta determina también la disponibilidad de carbohidratos los cuales ayudarán a cumplir las funciones del mantenimiento de la planta y de igual manera al llenado de grano.

2.2.2.2 Manejo agronómico

Unos de los factores más importantes y determinantes del éxito de un proyecto agrícola es el conocimiento agronómico, el cual es necesario para conocer las condiciones óptimas en donde se puede desarrollar un determinado cultivo.

2.2.2.2.1 Sistema de siembra

Los sistemas de siembra más utilizados son: la tracción motriz se utiliza sembradoras tiradas por tractores en terrenos planos con buena fertilidad. La tracción animal se utiliza yunta de bueyes o caballos que tiran de sembradoras

sencillas y el sistema de siembra manual que se hace después del paso del arado se deposita sobre la raya 2 o 3 semillas por golpe luego es tapada con el pie. Al espeque la semilla se deposita al fondo del hoyo (INTA, 2010).

Cabe destacar que, en Nicaragua, el sistema de siembra más utilizado es el sistema de arado y de espeque, debido que este grano es cultivado por los pequeños productores los cuales no cuentan con los recursos necesarios para las maquinarias.

2.2.2.2.2 Fertilización

Según INTA (2010), al momento de la siembra se recomienda fertilizar con Completo 12-30-10 (2 qq/mz) mezclados con productos autorizados para control de plaga de suelo. El fertilizante tiene que ser depositado al fondo del surco. De los 35 a 40 días después de la siembra se debe efectuar una fertilización nitrogenada con urea 46% de forma fraccionada de 2 qq/mz.

En el mismo sentido en la siembra al espeque, la fertilización se realiza con 2 quintales de fertilizante completo al momento de la siembra y un quintal de urea 46% treinta días después de la siembra. Si usa compost aplicar entre 20 a 30 qq/mz. El fertilizante tiene que ser incorporado, no debe quedar destapado.

En base a lo anterior se puede decir que la fertilización es una de las actividades más importantes en el desarrollo del cultivo, ya que es a través de esta que se suplen las necesidades de los nutrientes que el cultivo necesita. Las dosis aplicadas en cada una de las plantas deben de estar determinadas por un análisis de suelo.

2.2.2.2.3 Plagas en el cultivo de maíz

2.2.2.2.3.1.1 Cogollero (*Spodoptera frugiperda*)

Menciona Jiménez & Rodríguez (2014) que el cogollero es una de las plagas más importantes del maíz. Puede atacar también al sorgo. Se presenta durante todo el año, pero la intensidad de sus poblaciones y daños varían de acuerdo a la época del año y zona del país donde se presenta. En el norte de Nicaragua su incidencia es relativamente baja; los daños no son tan intensos como el Pacífico. Cuando las larvas son pequeñas el insecto se alimenta de la superficie interior de las hojas tiernas del cogollo, causando agujeros característicos en forma de ventana a medida que se desarrolla hace perforaciones en las hojas y migra hacia el centro del cogollo permanece alimentándose causando lo que se conoce como corazón muerto.

2.2.3 Carbono (C)

Gardi, Angelini, Barceló, Comerma, Cruz, Rojas, Jones, Krasilnikov, Mendoza, Montanarella, Ugarte, Schad, Rodríguez, Vargas, (2014), señalan que el carbono es el cuarto elemento químico más abundante en el universo y forma parte de todas las moléculas orgánicas como la glucosa, las proteínas y los ácidos nucleicos. Este elemento se renueva en la atmósfera cada 20 años gracias a los mecanismos de respiración de las plantas y a la actividad de los microorganismos del suelo.

El carbono es un elemento indispensable para la vida, se puede encontrar en forma alotrópicas, forma parte de moléculas importantes en el suelo, las plantas hasta en los alimentos que consumimos, incluso forma parte de nuestro cuerpo; en piedras preciosas como el diamante, grafito; en la energía como combustible fósil, carbón, gas natural y petróleo.

2.2.3.1 Carbono Orgánico

Álvarez, Díaz, Barbero, Santanatoglia, & Blotta (1995) indican que el carbono orgánico es la cantidad de carbono que contienen los compuestos orgánicos del suelo. Es el principal elemento que forma parte de la materia orgánica del suelo (MOS). El carbono orgánico del suelo (COS) se encuentra en forma de residuos orgánicos poco alterados de vegetales, animales y microorganismos, hasta cadenas carbonadas muy transformadas y estables como los ácidos húmicos. En condiciones naturales, el COS resulta del balance entre la incorporación al suelo del material orgánico fresco y la salida de C del suelo en forma de CO₂ a la atmósfera, erosión y lixiviación.

Con base a lo anterior el carbono orgánico está presente en el suelo, presente en toda la forma de la materia orgánica sin descomponer hasta fase final, el humus. Posee distintas funciones en las propiedades del suelo e incluso es fuente de energía para los microorganismos.

2.2.3.2 Función del carbono orgánico en el suelo

Según UNCCD (2015), el carbono orgánico previene la pérdida de suelo, conlleva un escape menor de carbono a la atmósfera, lo que contribuye significativamente a cerrar la brecha de emisiones y alcanzar así el objetivo de 2 °C ; aumenta la humedad, la fertilidad y la productividad del suelo, lo que produce mejores resultados en las tierras agrícolas y una mayor seguridad alimentaria; mejora la productividad supone un mayor almacenaje de carbono en las plantas y, por último, en el suelo, cuando se descomponen los residuos. Sostiene la producción de la tierra reduce la presión por conversión de tierras, protegiendo las reservas de carbono, los servicios del entorno y el hábitat natural.

De lo expuesto anteriormente se puede afirmar que la existencia de carbono orgánico en el suelo de suma importancia ya que mejora todas las propiedades de

este, además, que aumenta la biodiversidad existente en el suelo lo que a su vez conlleva a una mejor productividad. Otro aspecto importante a señalar es que, al mejorar las propiedades del suelo, disminuye la erosión una de las maneras en las que se emite el CO₂ a la atmósfera el cual forma parte de los principales gases de efecto invernadero.

2.2.3.3 Ciclo del carbono

El carbono entra en ciclo biológico a través de la fotosíntesis realizada por organismos fotoautótrofos. La mayor parte del carbono se encuentra en los ecosistemas terrestres, formando parte de materia orgánica no viva como restos leñosos, turba o detritos. El carbono es devuelto a la atmósfera mediante la respiración. La biota marina, aunque contiene poca cantidad de carbono juega un papel fundamental en el ciclo ya que actúa como bomba biológica recirculando el dióxido de carbono de la superficie oceánica. Este equilibrio entre hidrósfera, litósfera, biósfera y atmósfera se ha mantenido durante millones de años, haciendo que no todo el carbono se encuentre exclusivamente en la atmósfera o en la litósfera (García, 2014).

El ciclo del carbono está en un constante intercambio entre la atmósfera con la litósfera y la hidrósfera, el carbono es capturado por la vegetación, de la atmósfera, en forma de dióxido de carbono (CO₂) y en el suelo pasa a formar parte de la materia orgánica luego regresa a la atmósfera por el proceso de mineralización.

Este ciclo se ha intervenido de manera adversa por el ser humano, ya que con las actividades que este realiza emiten dióxido de carbono a la atmósfera, uno de los principales gases de efecto invernadero. En el sector agropecuario el uso inadecuado del suelo, provoca la degradación del mismo, al remover el suelo para dar mayor aireación favorecen la descomposición del carbono orgánico, es decir pasa a CO₂; en el mismo sentido las quemadas eliminan los organismos encargados

de capturar el CO₂ atmosférico. Por otra parte, son muy pocas las actividades realizadas por el hombre para intervenir de manera positiva en el ciclo del carbono.

2.2.4 Cobertura de suelo

Según Taboada, (2011), la cobertura de suelo está representada por la cobertura vegetal de las plantas en desarrollo (periodo vegetativo) y por su residuos, las que varían de especie a especie en función de sus características fenológicas y vegetativas (Ministerio de agricultura y riego, 2014).

La cobertura es la presencia del material vegetativo en el suelo ya sea cobertura viva o mulch. La cual sirve como protección al suelo, también mejora la fertilidad porque sirve como medio de nutrición para el suelo.

Según Gonzalez (S.F), con este sistema se pretende reducir la erosión y controlar las malas hierbas. Se trata de formar una cubierta vegetal con especies concretas o con la vegetación espontánea.

Es decir, que siempre debe de existir cobertura en el suelo ya sea por los rastrojos de cosechas, del manejo de hierbas o de incorporaciones externas. Esta capa vegetal brinda protección al suelo de las radiaciones solar, además lo protege de la erosión, y mejora la capacidad de infiltración y retención de aguas así mismo aumenta la biodiversidad en el suelo. Pueden ser usados para el control de malezas y plagas.

2.2.4.3 Beneficios de la cobertura del suelo

SOCO (2009), expone que al reducirse la pérdida de suelo y nutrientes y sumarse este hecho a la degradación más rápida de los plaguicidas y a una mayor capacidad de absorción (debida al mayor contenido de materia orgánica y a la mayor actividad biológica), mejora la calidad del agua. Además, se produce una disminución de las

emisiones de dióxido de carbono (CO₂) al utilizarse menos maquinaria y fijarse más carbono orgánico. Las técnicas de cobertura de suelo podrían capturar anualmente entre 50 y 100 millones de toneladas de carbono.

Resulta oportuno destacar que con el uso de cobertura de suelo existen menos emisiones de dióxido de carbono, además, que con estas prácticas es posible tomar el dióxido de carbono de la atmósfera y aprovisionarlo en el suelo donde este como parte de la materia orgánica tiene múltiples beneficios.

Según Lumbi & Muñoz (2017), los beneficios de encontrar cubiertos los suelos, es por su abundante follaje y sistemas radical al mejorar la fertilidad, el contenido de carbono orgánico, las propiedades físicas-químicas de los suelos, aumentando los contenidos de materia orgánica, la capacidad de retención de humedad y la reducción de la erosión hídrica lo cual es un buen indicador para los suelos con buena condición de cobertura.

La cobertura de los suelos es una práctica sencilla de utilizar en las unidades productivas, es de gran importancia porque mejora los parámetros del suelo, aumenta el contenido de carbono orgánico y reduce la erosión del suelo.

2.3 Marco Legal

2.3.1 Internacional

2.3.1.1 Sitios Ramsar

La Convención Ramsar ha designado a las Playitas, Moyúa-Tecomapa como el noveno Humedal de Importancia Internacional del país, desde el 29 de junio de 2011. El Sistema Lacustre Playitas, Moyúa-Tecomapa cuenta con 1,161 hectáreas, y su centro se localiza en las coordenadas 12°35'47"N y 86°02'48"W, en la región centro occidental de Matagalpa, sitio Ramsar N° 1980 (Ramsar, 2011).

Es relevante el mencionar la importancia ecológica de la zona, que acoge gran biodiversidad de mamíferos, reptiles peces y aves, lo que genera un atractivo turístico.

2.3.2 Nacional

2.3.2.1 Ley General Del Medio Ambiente Y Los Recursos Naturales

Según la Ley 217 (1996) en el artículo 1 declara: La presente Ley General del Medio Ambiente y los Recursos Naturales tienen por objeto establecer las normas para la conservación, protección, mejoramiento y restauración del Medio Ambiente y los Recursos Naturales que lo integran, asegurando su uso racional y sostenible, de acuerdo a lo señalado en la Constitución Política.

Conforme a lo anterior, se observa que desde 1996, existe una ley en Nicaragua que procura la conservación y mejoramiento de los recursos naturales en el territorio nacional, a través de las autoridades asignadas para velar con el cumplimiento de los mandatos de esta ley, quienes estarán regulando las actividades que implique el medio ambiente y los recursos naturales.

En la sección VII, arto. 42 se exonera del pago de Impuesto a los Bienes Inmuebles, a aquellas propiedades destinadas a Programas de Reforestación, Conservación de Suelos y de Biodiversidad (Ley N° 217, 1996).

Esta investigación pretende mostrar que la siembra de granos básicos, en este caso Maíz, puede realizarse con prácticas culturales, como lo es mantener el suelo siempre cubierto, que mantienen un equilibrio en el ecosistema; además de capturar dióxido de carbono de la atmosfera y retener carbono orgánico en el suelo lo que conlleva a la conservación y mejoramiento de los suelos.

En el Arto. 95 inciso 2 de la Ley N° 217 (1996), se refiere que para el uso de los suelos se debe evitar prácticas que provoquen erosión, degradación o modificación de las características topográficas y geomorfológicas con efectos negativos.

Este artículo mandata que el uso de suelos se debe de realizar de manera sostenible, es decir, que el recurso suelo debe de mantener su fertilidad, para ello se debe de laborar con obras y prácticas que vayan en pro del mejoramiento del suelo.

En el artículo 96 de la ley N° 217 (1996), en terrenos con pendientes iguales o superiores a 35%, los propietarios, tenedores o usuarios, deberán mantener la cobertura vegetal del suelo e introducir cultivos y tecnologías aptas para prevenir o corregir la degradación del mismo.

Este artículo estipula una práctica de conservación de suelo para los terrenos con pendiente alta, que, por tal razón, están propenso a la erosión; la cobertura del suelo disminuye la erosión al servir de cubierta para las gotas de agua, además ayuda a la infiltración y retención de agua, así como para la captura y secuestro de carbono.

2.3.3 Local

2.3.3.1 Plan de gestión en Moyúa

Como humedal de importancia internacional es necesario contar con un plan de gestión el cual fue formulado por Salvatierra (2003). Fue propuesto ante la municipalidad de Ciudad Darío, siendo reconocido mediante la Ordenanza No. 58.

Salvatierra (2003), señala que como parte de la estrategia agropecuaria debe fomentarse una producción orgánica en la que desaparezcan los agroquímicos (insecticidas y fertilizantes) y promover el control biológico de plagas y la fertilización del suelo con productos orgánicos.

Conforme a la propuesta de esta autora, el uso de cobertura en las parcelas agrícolas de los productores de Moyúa es uno de muchos caminos a una agricultura orgánica, debidos que la cobertura en el suelo además de mejorar las propiedades físicas del suelo como la infiltración y retención del agua, enriquece el suelo biológicamente y aportando materia orgánica al mismo.

Según Salvatierra (2003), en el plan de gestión de Moyúa, la mejoría económica en el territorio y por consiguiente la disminución de la pobreza será a través de la utilización correcta de los recursos existentes en la zona. Las actividades agrícolas sin un manejo sostenible de los recursos traen como consecuencia el deterioro ambiental y el incremento de la pobreza, la solución a estos problemas será la conservación y protección de los recursos que se están perdiendo poco a poco en el territorio. La venta de servicios y reproducción de biodiversidad serían alternativas de solución para mejorar las condiciones socioeconómicas del lugar.

En el mismo sentido el uso de cobertura en las unidades productivas trae consigo un impacto ambiental positivo, debido que sirve para capturar el dióxido de carbono atmosférico y retenerlo en el suelo en forma de carbono orgánico. En otras palabras,

el uso de cobertura es una práctica cultural que ayuda a mitigar los gases de efecto invernadero y según la ley general del medio ambiente (Ley N° 217, 1996) el estado establecerá y ejecutará una política de incentivos y beneficios económicos dirigidos a quienes contribuyan a través de sus inversiones a la protección, mejoramiento y restauración del ambiente.

El plan de gestión en Moyúa formulado por Salvatierra (2003) refiere el grave daño causado a suelos de laderas, consiste en pérdida de cobertura vegetal, fractura y consecuente erosión y pérdida de materia orgánica y nutriente.

Como se menciona anteriormente los suelos agrícolas en la comunidad de Moyúa se encuentran degradando y este problema se continúa agravando con las prácticas agrícolas que los productores ejercen, con suelos desnudos y sin utilizar obras de conservación de suelos en general sin tomar en cuenta la pendiente por tanto los procesos erosivos son mayores y por consecuente la agricultura menos sustentable.

2.4 Hipótesis de la investigación

La concentración de carbono orgánico en el suelo será mayor en las parcelas con cobertura (ASA) después de la cosecha de maíz, gracias al aporte al suelo del material orgánico de la cobertura.

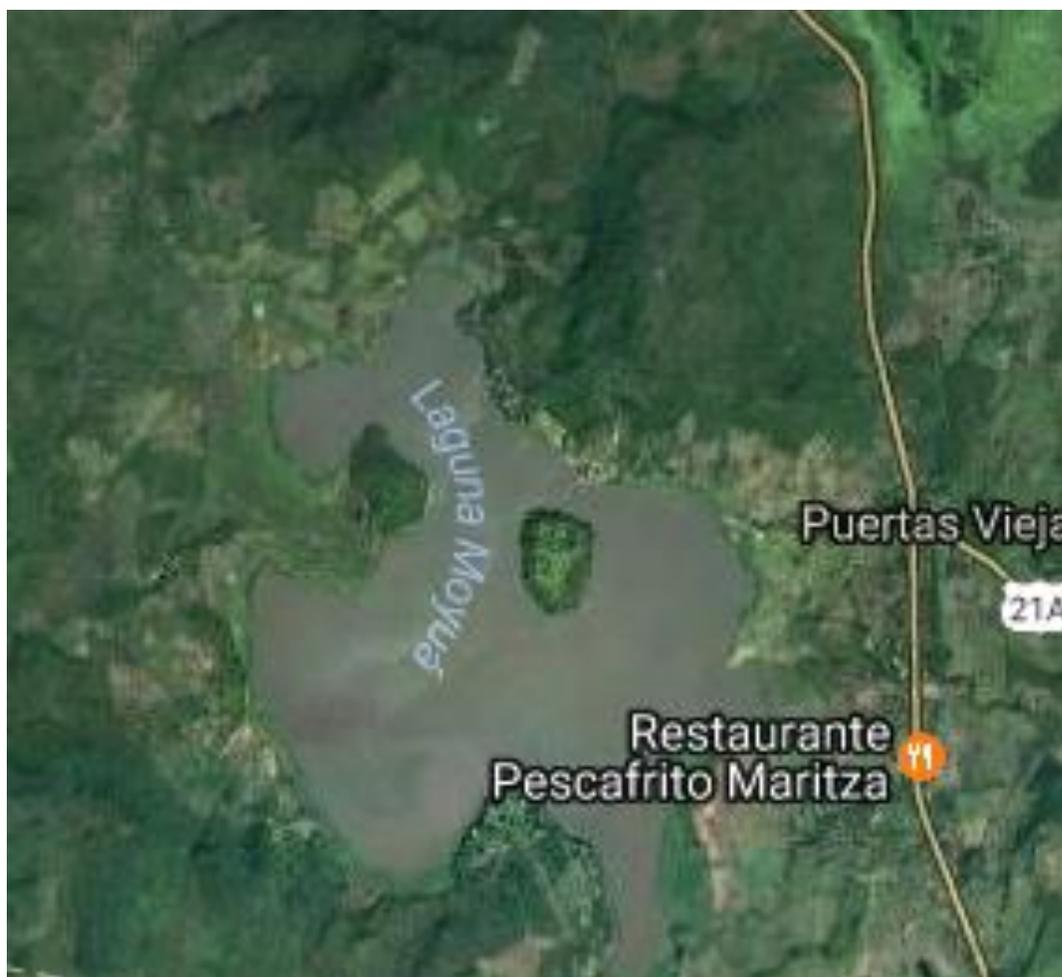
Capítulo III

3.1. Diseño Metodológico

3.1.1. Ubicación de la investigación

Esta investigación se llevó a cabo en la micro cuenca de Moyúa la cual se encuentra ubicada a 70 kilómetros de Managua, este territorio pertenece al municipio de Ciudad Darío del departamento de Matagalpa.

Figura 1. Localización de la Zona de Estudio



Fuente (GoogleEarth, 2017)

3.1.2. Enfoque de la investigación

Johnson & Onwuegbuzie (2004), definieron los diseños mixtos como el tipo de estudio donde el investigador mezcla o combina técnicas de investigación, métodos, enfoques, conceptos o lenguaje cuantitativo o cualitativo en un solo estudio (Educare, 2011).

Según el enfoque, la investigación es mixta, ya que contiene aspecto cuantitativos tales como la cantidad de carbono orgánico capturado por la cobertura del suelo, además se tomó en cuenta el crecimiento y desarrollo del cultivo de maíz (*Zea mays L.*) de las parcelas estudiadas. Por otro lado tiene aspectos cualitativos porque se describieron las condiciones climáticas de la micro cuenca de Moyúa y los beneficios que conlleva la cobertura de rastrojo de cultivos y leguminosas en la captura de carbono orgánico, y las ventajas del COS.

3.1.3. Amplitud de la investigación

En un estudio transversal, las variables son identificadas en un punto en el tiempo y las relaciones entre las mismas son determinadas (Souza, Driessnack, & Costa, 2007).

Esta investigación tuvo un diseño de corte transversal ya que la toma de datos se realizó en la siembra de postrera del ciclo productivo 2017.

3.1.4. Profundidad de la investigación

La investigación es descriptiva dado que se midió la captura de carbono orgánico y se evaluó el crecimiento y desarrollo del cultivo de maíz. De acuerdo a Hernández, Fernández, & Baptista (2003), los estudios descriptivos pretenden medir o recoger información de manera independiente o conjunta sobre los conceptos o las variables a los que se refieren. Desde luego pueden integrar las mediciones o información de

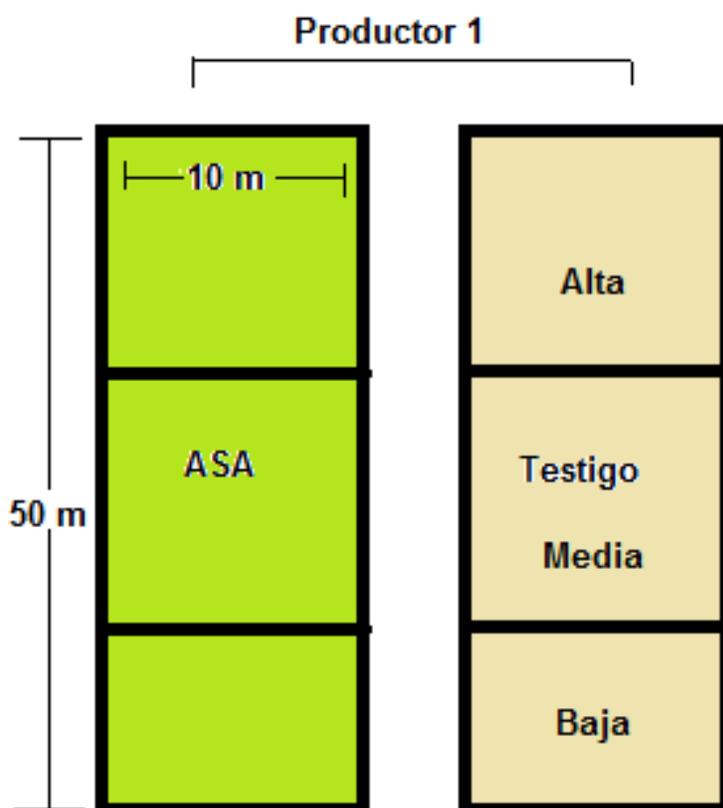
cada una de dichas variables para decir como es y cómo se manifiesta el fenómeno de interés.

3.1.5. Diseño de la investigación

La investigación tuvo un diseño cuasi experimental. Un diseño cuasi experimental carece, por definición, de distribución aleatoria. La asignación a las condiciones se lleva a cabo por autoselección, por la selección efectuada por los administradores o por ambas vías (White & Sabarwal, 2014).

Cada parcela evaluada tuvo 10 m de ancho y 50 m de largo, que es igual a 500 m² por cada parcela, por lo tanto suma un área de 1000 m² por cada productor. El diseño de la investigación se representa en la figura 2.

Figura 2. Diseño de la investigación



Fuente: Elaboración propia.

La investigación se basó en dos variables independientes las cuales fueron: 1) la cobertura con rastrojos y leguminosas, a las parcelas con cobertura se les llamó ASA mientras que a las que no tenían cobertura fueron Testigo, y 2) las condiciones climáticas de la micro cuenca de Moyúa.

Las variables dependientes fueron las propiedades físicas del suelo, el crecimiento y desarrollo del cultivo de maíz, la captura de carbono orgánico en el suelo.

Las variables se midieron con los siguientes indicadores:

a) Condiciones climáticas

Las condiciones climáticas (temperatura, humedad relativa y velocidad del viento) se trabajó con el promedio del historial, la pluviometría que se registró fue la del año 2017, la cual fue medida con pluviómetro ubicado a menos de 500 metros de las parcelas de estudio.

b) Cobertura del suelo

Para medir el porcentaje de cobertura se utilizó el método de transepto (ver anexo 1) que consiste en:

- Hacer una división con maskingtape o nudo cada 50 cm en un mecate de 5 metros
- Tirar la cuerda o mecate aleatoriamente en el campo
- Constatar que cada nudo o maskingtape hace contacto con el suelo desnudo o la cobertura del suelo (puede ser residuo, material de planta verde o piedra)
- Contar el número de nudo o maskingtape que está en contacto con la cobertura de suelo.
- Usar la siguiente fórmula para determinar el porcentaje de cobertura en el suelo.

$$\text{cobertura(\%)} = \frac{\text{N}^{\circ} \text{ de nudos}}{10} * 100$$

- Se requirió repetir el procedimiento 3 veces por muestra.

Para calcular la cantidad de biomasa se utilizó el método del metro cuadrado (ver anexo 1) que consiste en: Fabricar un m² desmontable con tubos y codos de PVC de 1 pulgada de diámetro (para facilitar el transporte):

- a. En la parcela lanzar al azar el marco en los tres estratos (alta, media y baja)
- b. Cosechar (recolectar) la biomasa que cabe dentro del marco de muestreo
- c. Llevar la muestra al laboratorio
 - Secar al horno a 75 °C durante 24 horas.
 - Pesar la biomasa seca
- d. Determinar la cantidad de materia seca en Tonelada por mz (Ton/mz)

c) Crecimiento y desarrollo del cultivo de maíz

El cultivo se estableció al espeque con una distancia de 0.85 metros entre surcos y 0.50 m entre plantas, a 2 o 3 semillas por golpe. La primera fertilización se realizó en el momento de la siembra con 15 – 15 – 15 y 12- 24 – 12 a razón de 3.5 qq/ mz. Se realizó una segunda fertilización 30 días después de la siembra con 46 – 0 – 0 a razón de 3.5 qq/mz.

El crecimiento y desarrollo del cultivo de maíz cuyo levantamiento de datos se realizó a los 50 y 100 días después de la siembra (ver anexo 1); se evaluó la altura de la planta y el área foliar para la cual se requirió: el número de hojas, largo y ancho de estas. Los indicadores se midieron a 6 plantas por cada parte de la parcela (alta, media y baja)

El área foliar se calculó con la fórmula obtenida del trabajo de Camacho, Garrido, & Lima (1995):

$$\text{Área foliar} = \text{N}^{\circ} \text{ hoja} * \text{largo de hoja} * \text{ancho de hoja} * 0,75$$

d) Carbono orgánico

El contenido de carbono orgánico del suelo capturado por la cobertura, se evaluó en tres profundidades de la parcela (a 10, 20 y 30 cm), el índice de carbono se calculó por medio de análisis de suelos en el Laboratorio químico S.A. (Laquisa) (ver Anexo 2).

e) Propiedades físicas del suelo

Los servicios ecosistémicos de regulación y soporte que trae consigo la captura y secuestro de COS (infiltración, humedad de suelos, materia orgánica) se evaluó por medio de pruebas de campo.

Para medir la infiltración del suelo se utilizó el infiltrómetro de doble cilindro que consiste en un cilindro de 15 cm de alto y 45 cm de diámetro. El cilindro se insertó a 10 cm en el suelo; se colocó en ambos cilindros (se inició con el externo) una determinada cantidad de agua y se observó el tiempo que tardó en infiltrarse (ver anexo 1).

El cálculo de la humedad del suelo y densidad aparente del suelo se extrajo muestras de suelo en cilindros de 114.5 cm³, se pesó el suelo y se puso a secar las muestras durante 24 horas a 105° C en laboratorio, ver anexo 1.

3.1.6. Población y muestra

El líder comunitario Narciso Moreno (q.e.p.d), señaló que la población de Moyúa es de 33 familias. De este universo se tomó como muestra las familias que cumplieron con los siguientes criterios:

- Estar dispuesto a cooperar con el experimento de tal manera que se cumplan en tiempo y forma las indicaciones de lo que se debe de realizar en las parcelas ASA.

- Posean al menos 2 cultivos en sus unidades productivas
- Los productores que siembren para la época de postrera

La muestra fue de 2 productores, por cumplir con los requisitos. 1) Productor Tránsito Moreno quien durante la investigación se denominó “Productor 1” y 2) el productor Narciso Moreno que se denominó “Productor 2”. Los resultados de la investigación se analizaron individualmente. Para posteriormente hacer comparaciones entre ellos.

3.1.7. Operacionalización de variables

Variables	Sub- variables	Indicadores	Instrumentos
Condiciones edafo climáticas	Climatología	Temperatura atmosférica, humedad relativa, precipitación velocidad del viento, balance evapotranspiración y precipitación efectiva	Revisión bibliográfica
	Suelo	Textura, capacidad de campo, punto de marchitez permanente, agua disponible, densidad aparente, infiltración básica, porosidad	Hoja de campo, guía fotográfica
Crecimiento y desarrollo del cultivo de maíz	Crecimiento de la planta	Altura de la planta	Hoja de campo, guía fotográfica
	Desarrollo de la planta	Número de hojas, ancho de las hojas, largo de las hojas	Hoja de campo, guía fotográfica
Concentración de carbono organico del suelo	Contenido de Carbono en suelo	% de Carbono	Informe de Análisis de laboratorio
Niveles de cobertura	Cobertura de suelos	Cobertura presente	Hoja de campo
Captura y secuestro de carbono sobre las propiedades físicas del suelo	Captura y secuestro de carbono orgánica	Materia orgánica	Hoja de campo

3.1.8. Procesamiento y análisis de información

Para las propiedades físicas del suelo se recolectaron muestras de suelos las cuales se analizaron en laboratorio de suelos de la UNAN Managua, FAREM Matagalpa, mientras que el carbono orgánico se procesó en el laboratorio de suelo Laquisa.

Para el procesamiento de datos del crecimiento y desarrollo del cultivo se levantaron datos de las partes alta, media y baja de cada parcelas, para los beneficios de la captura y secuestro de COS (Carbono Orgánico del Suelo), se extrajeron 3 muestras de cada parcela, a 10, 20 y 30 cm de profundidad, se utilizó Microsoft Excel para la base de datos y para el análisis de varianza con 95% de confianza (ANDEVA) se usó el programa estadístico IBM SPSS Statistics, tomando como repetición las parte altas, media y baja de cada parcela. No fue necesario realizar pruebas de comparación múltiple porque solo se compararon dos grupos (parcela ASA y parcelas Testigo). La elaboración del informe se trabajó en Microsoft Word y para su presentación se utilizó Microsoft PowerPoint.

Capítulo IV

4.1 Análisis y discusión de resultados

Para capturar el carbono orgánico en el suelo se necesita de factores como, las condiciones climáticas y las propiedades del suelo, porque la actividad microbiana que descompone el material orgánico se ve afectada negativamente por las altas temperaturas y la poca humedad. Por lo tanto se presentaran los resultados de cada variable de forma interrelacionada, acorde a la importancia que tiene cada uno de ellos en la captura y secuestro de carbono orgánico.

4.1.1 Condiciones edafo climáticas

4.1.1.1 Condiciones climáticas

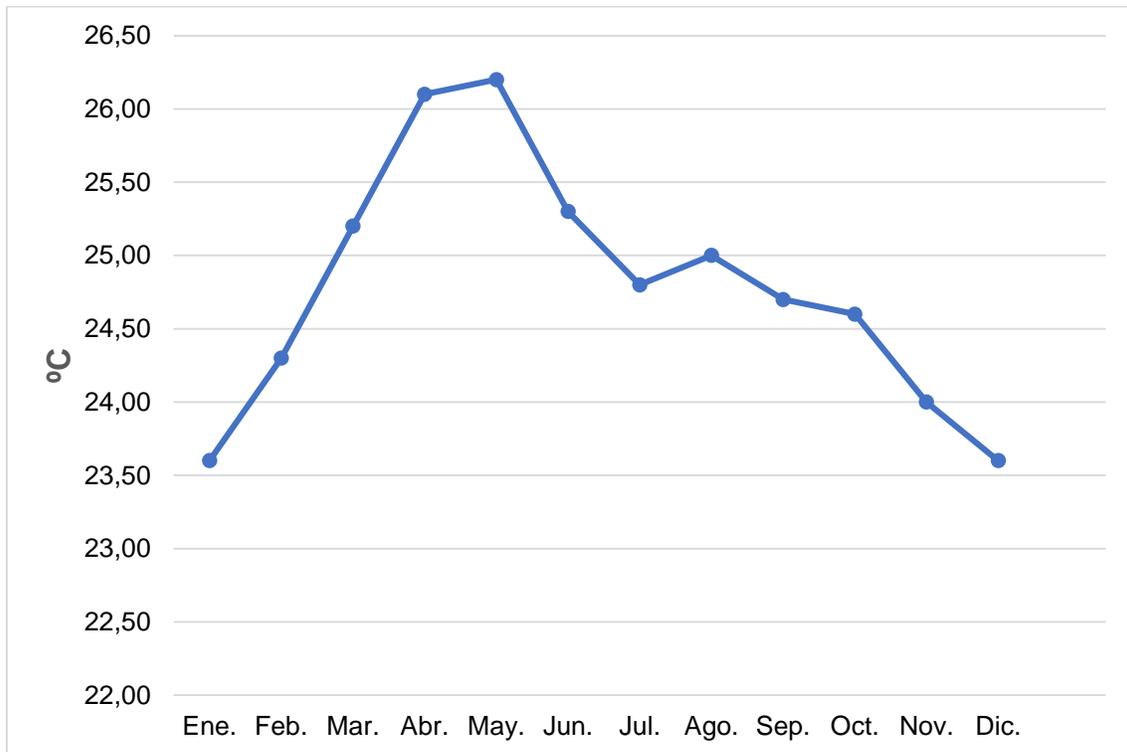
Al evaluar el efecto que tiene la cobertura sobre la captura y secuestro de carbono orgánico, es de suma importancia evaluar las condiciones climáticas ya que en zonas tropicales como lo es el área de estudio, la descomposición de la materia orgánica es más lenta y por consecuencia el contenido de carbono orgánico en el suelo es menor, a diferencia de los ecosistemas de las zonas templadas donde existen un alto contenido de carbono orgánico.

4.1.1.1.1 Temperatura atmosférica

Según el Definista (2015), la temperatura atmosférica se define como la cantidad de calor que posee el aire en un momento y lugar determinado. Su origen se encuentra fundamentalmente en la influencia de los rayos solares sobre la atmósfera. Esta temperatura es inversamente proporcional a la altitud.

La temperatura mensual se tomó de la investigación de Balmaceda & Fargas (2014) los cuales tomaron un promedio del historial de 10 años para su investigación en el

2014, el gráfico 1 muestra la temperatura media mensual en grados Celsius para el área de estudio.



Fuente: Tomado de Balmaceda & Fargas (2014)

Gráfico 1. Temperatura de la micro cuenca de Moyúa

Respecto a lo planteado, el clima en la micro cuenca de Moyúa es tropical seco, llegando una temperatura máxima en el año de 26. 2° C en el mes de mayo y la menor temperatura registrada es de 23.6 ° C los meses de enero y diciembre, logrando 24.78° C de media para este factor climático, estos datos se ajustan con la altitud que es de aproximadamente 400 msnm (metros sobre el nivel del mar). Este registro es muy importante al momento de decidir sobre el cultivo a establecerse.

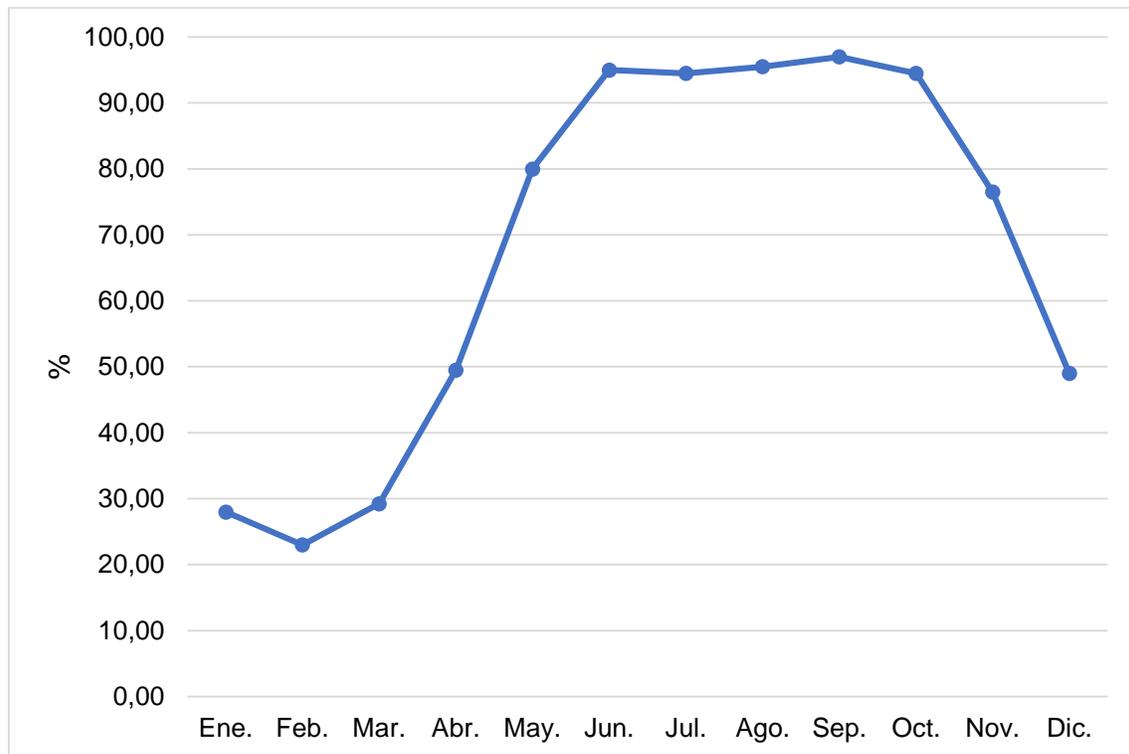
Estas condiciones de temperatura influyen en el contenido de carbono orgánico en los suelos de la zona, puesto que la actividad biológica en ecosistemas con elevadas temperaturas se ve afectada, reduciendo la descomposición de la materia

orgánica. De igual manera este indicador afecta el crecimiento y desarrollo del cultivo porque las altas temperaturas hacen que la planta tenga una mayor evapotranspiración.

4.1.1.1.2 Humedad relativa

Según Portillo (2017), la humedad relativa es la cantidad de vapor de agua que contiene el aire. Esa cantidad no es constante, sino que depende de diversos factores, como lluvias recientes, cercanía al mar, presencia de plantas, etc. También depende de la temperatura del aire, es decir, conforme el aire desciende su temperatura es capaz de albergar menos vapor de agua.

La humedad relativa se tomó de la página web Weather Spark (2018), quien proporciona datos típicos basados en análisis estadísticos de informes climatológicos históricos por hora y reconstrucciones de modelos del 1 de enero de 1980 al 31 de diciembre de 2016. El gráfico 2 muestra el promedio mensual en porcentaje de la humedad relativa.



Fuente: Tomado de Weather Spark (2018)

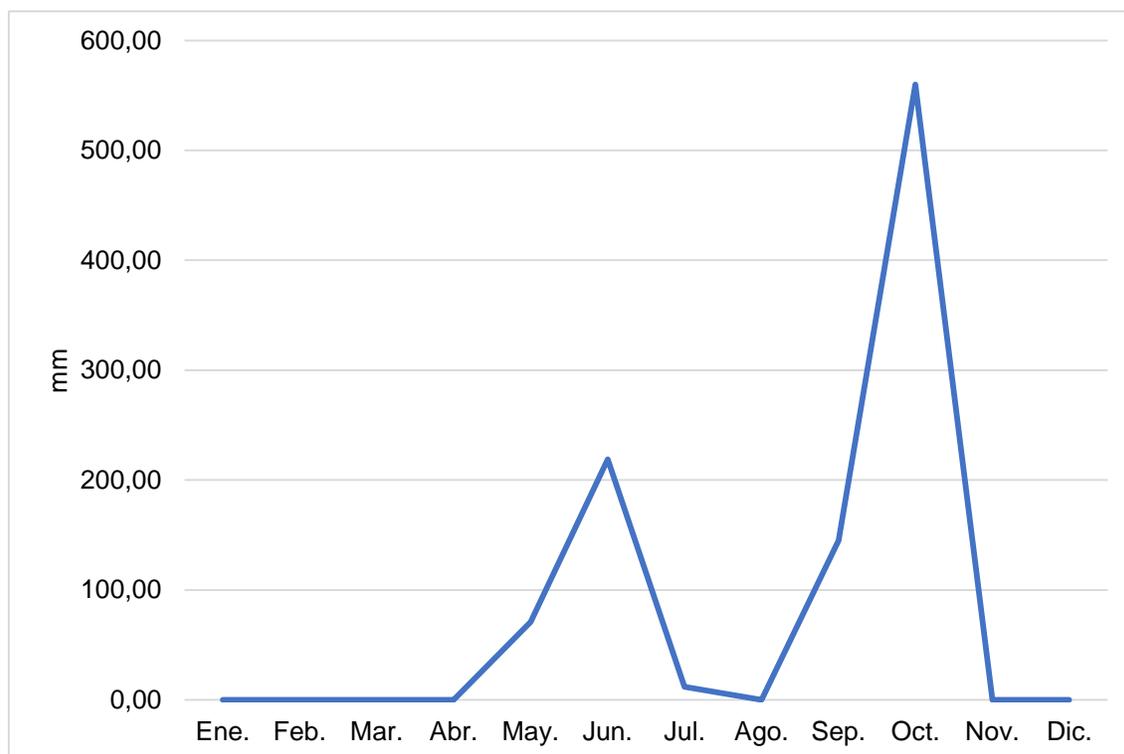
Gráfico 2. Humedad relativa en la micro cuenca de Moyúa

La humedad relativa en la comunidad de Moyúa es alta debido a la temperatura y la laguna que en ella se encuentra, ya que por ser una zona caliente existe gran evaporación del agua; en el gráfico 2 se observa que los meses de invierno son los que poseen el mayor porcentaje de humedad relativa, esto se debe a las altas temperaturas de la zona que hace que el agua que cae se evapore rápidamente.

Hay que destacar que la humedad relativa influye positivamente en la descomposición de los desechos vegetativos, porque es responsable del rocío que se forma por las noches, cuando la temperatura disminuye, aportando humedad al suelo que contribuye a la actividad biológica del suelo y permite una mayor descomposición de la materia orgánica.

4.1.1.1.3 Precipitación

La precipitación se registró con un pluviómetro ubicado a menos de 500 metros de las parcelas de estudio, el gráfico 3 muestra la cantidad de agua (mm) de lluvia en el año 2017.



Fuente: Resultado de investigación

Gráfico 3. Pluviometría año 2017 en la micro cuenca de Moyúa

La precipitación es la cantidad de agua que cae a la superficie terrestre y proviene de la humedad atmosférica, ya sea en estado líquido o en estado sólido (Sánchez, 2008).

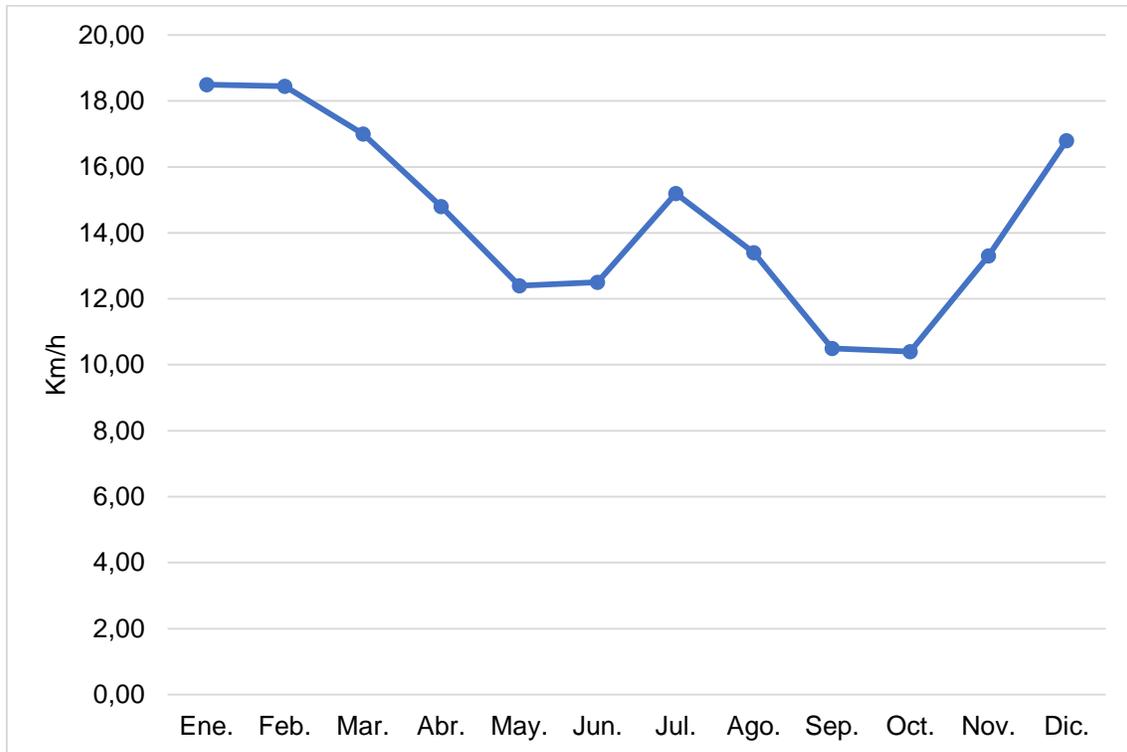
Generalmente las precipitaciones en esta localidad son menores a las registradas en este periodo en que se realizó la investigación. Pero a consecuencia del frente frío que afectó a Nicaragua, existieron más lluvias de lo frecuente, las cuales causaron inundaciones en estas zonas, haciendo perder los cultivos establecidos en postera de la mayoría de los productores.

Sin lugar a duda, la precipitación tiene mucha importancia para la descomposición de la materia orgánica, ya que, al existir humedad en el suelo, la actividad de micro biota se estimula, manifestando mejores resultados en la degradación de la materia orgánica, generando una mayor descomposición en los meses de invierno. De igual manera influye directamente en el crecimiento y desarrollo del cultivo, ya que a través del agua es que la planta absorbe los nutrientes del suelo y al no existir humedad en el suelo por falta de precipitaciones o riego el rendimiento será deficiente.

4.1.1.1.4 Velocidad de viento

García (2015), define la velocidad del viento como la velocidad con la que el aire de la atmósfera se mueve sobre la superficie de la tierra.

Este parámetro se obtuvo a través de Weather Spark (2018), el gráfico 4 muestra los valores promedio en km/h de la velocidad del viento para cada mes en la comunidad de Moyúa.



Fuente: Tomado de Weather Spark (2018)

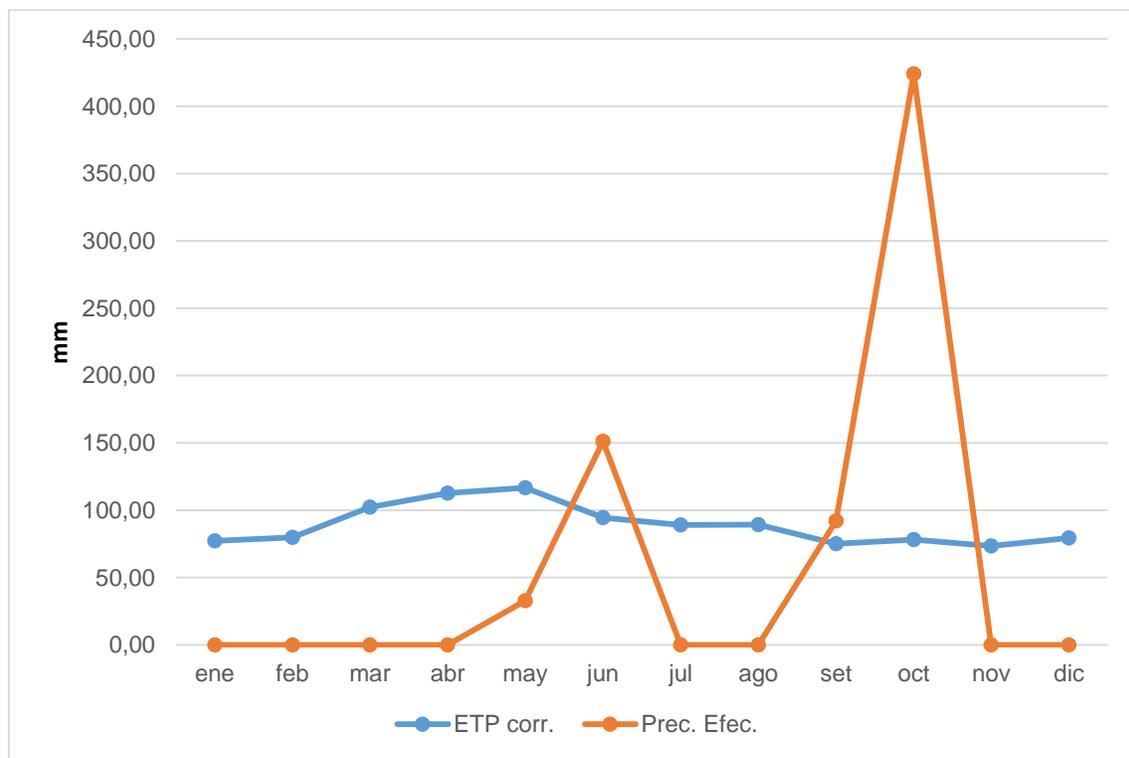
Gráfico 4. Velocidad del viento en la micro cuenca de Moyúa

La velocidad del viento desempeña un papel importante en el régimen hídrico de las plantas, porque las altas velocidades de viento aceleran la transpiración haciendo que las plantas necesiten más agua. Como se observa en el gráfico 4, la velocidad del viento en la comunidad de Moyúa es moderada y combinado con las altas temperaturas y la poca pluviometría hacen que el cultivo sufra stress hídrico. De igual manera la velocidad del viento influye de manera adversa en la descomposición del material orgánico, por que moviliza la humedad ambiental de la zona, reduciendo la actividad biológica del suelo.

4.1.1.1.5 Evapotranspiración

Según Castro (2006), la evapotranspiración es el proceso por el cual el agua pasa de fase líquida a fase de vapor, desde la superficie a la atmósfera.

Con los datos climáticos se calculó la evapotranspiración mediante la fórmula de Thornthwaite, se contrastó con la precipitación efectiva según el método de la FAO, que es el agua que queda disponible próximo al agua que se pierde por percolación, los resultados se muestran en el gráfico 5.



Fuente: Resultado de investigación

Gráfico 5. Balance de evapotranspiración y precipitación efectiva en la localidad de Moyúa

La evapotranspiración en la comunidad de Moyúa para el año 2017, fue mayor a las precipitaciones efectiva durante todo el año, a excepción del mes de Junio y octubre, en este último mes la precipitación fue 5.43 veces más que la tasa de evapotranspiración correspondiente, esto ocasionó inundaciones en la zona, dichas

inundaciones provocaron pérdidas de las plantaciones en la localidad de quienes habían plantado recientemente granos básicos en época de postrera.

Por otra parte las plantaciones que lograron sobrevivir a las inundaciones se desarrollaron en clima adverso, como se observa en el gráfico 5 requirieron riego durante el resto de su período y no se les proporcionó.

Este balance entre evapotranspiración y precipitaciones efectiva también indica que existió una baja tasa de descomposición, porque sólo en los meses de junio, octubre y septiembre existió más lluvia que el potencial de evapotranspiración de Moyúa, es decir existió una alta temperatura y poca humedad, lo que perjudica la actividad biológica del suelo y se reduce descomposición de la materia orgánica.

Consecuente al clima trópico seco de la zona, se requiere un tiempo prolongado para la descomposición de la materia orgánica, y un mayor período para obtener mejoras más significativas en las propiedades físicas del suelo proporcionado por el carbono orgánico.

4.1.1.2 Suelo

El suelo es de mucha importancia en el ciclo del carbono debido a que es un sumidero potencial, el suelo adquiere el carbono a través de la humificación de la materia orgánica (restos de vegetación y animales), este proceso favorece las propiedades biológicas, físicas y química del suelo y coadyuva con las plantaciones, porque a través la mineralización (proceso llevado a cabo por micro organismos del suelo) proporciona nutrientes a las plantas.

4.1.1.2.1 Textura

La textura se refiere a las proporciones porcentuales de las agrupaciones por tamaños de los granos individuales en una masa de suelo. Se refiere específicamente a los porcentajes de arcilla, del limo y de arenas de menos de 2 mm de diámetro (Cisneros, 2003).

Esta propiedad se obtuvo de análisis de suelos en el 2016, la textura de las parcelas es Franco para ambos productores; los porcentajes de las partículas de suelo se muestran en la tabla 1.

Tabla 1. Composición de la textura en las parcelas evaluadas

%	Productor 1	Productor 2
Arena	46.00	45.00
Limo	30.00	34.00
Arcilla	24.00	21.00

Fuente: Resultado procesado análisis de suelo LAQUISA

Puede observarse que las diferencias entre ambos productores, en cuanto a la granulometría de los suelos es mínima. La composición granulométrica hace que estos suelos se clasifiquen como textura franco, la cual es considerada como una de las mejores texturas, permitiendo a los cultivos un buen soporte y suficientes poros para un excelente desarrollo radicular.

Existe cierta desventaja en cuanto a la clase textural. Esta se debe al mayor contenido de arena en comparación a las otras partículas (arcilla y limo). Los suelos con altas cantidades de arena no retienen mucha humedad y la actividad de la micro

biota se reduce, afectando negativamente la captura y secuestro del carbono orgánico.

4.1.1.2.2 Capacidad de campo

IMFIA (2009) señala que capacidad de campo es el grado de humedad de un suelo luego que ha perdido su agua gravitacional (también llamada libre o de saturación). La humedad de capacidad de campo corresponde al agua higroscópica más el agua capilar.

Esta propiedad física del suelo está relacionada con las partículas que componen el suelo, ya que las arcilla por sus características tienen mayor de retención de agua a diferencia de la arena.

Tabla 2. Capacidad de Campo en las parcelas evaluadas

Productor	Parcela	Parte	Capacidad de campo (%)	Promedio parcela (%)
Productor 1	ASA	Alta	13.50	12.49
		Media	12.58	
		Baja	11.40	
	Testigo	Alta	11.90	8.62
		Media	6.67	
		Baja	7.30	
Productor 2	ASA	Alta	6.33	5.57
		Media	5.77	
		Baja	4.62	
	Testigo	Alta	6.57	5.43
		Media	3.57	
		Baja	6.16	

Fuente: Resultado de investigación

En la tabla 2 se reflejan los resultados de capacidad de campo en las parcelas de cada productor, se observa que las partes altas de cada parcela presentan mejor capacidad de campo que los otros segmentos de la misma parcela.

Se promediaron los valores de la parcela ASA y Testigo de cada productor y se obtuvo el efecto de la cobertura sobre la capacidad de campo. Las parcelas del productor 1 muestran diferencia de 3,87 % al usar cobertura con respecto a las parcelas sin cobertura (Testigo), mostrando un efecto positivo del tratamiento. Por otra parte, las parcelas ASA y Testigo del productor 2 mostraron una diferencia de 0,14 % en la capacidad de campo gracias a la cobertura. Aunque la diferencia es mínima, se puede observar que efectivamente la cobertura contribuye a la retención de humedad.

Los resultados de los suelos sin cobertura tienen poca capacidad para retener agua y junto a los escasos de lluvias no se mantiene humedad en el suelo por lo tanto los beneficios de los microorganismos son mínimos en la descomposición de materia orgánica.

4.1.1.2.3 Punto de marchitez permanente

El punto de marchitez permanente es el instante donde el suelo ha perdido el agua capilar, reteniendo solamente el agua higroscópica, es decir el agua que la planta no puede absorber.

El parámetro PMP se relaciona con la capacidad de campo, el 59.5% de agua que puede retener el suelo (CC), no está disponible para la planta.

Tabla 3. Punto de Marchitez Permanente en las parcelas evaluadas

Productor	Parcela	Parte	Punto de Marchitez Permanente (%)	Promedio parcela (%)
Productor 1	ASA	Alta	8.03	7.43
		Media	7.49	
		Baja	6.78	
	Testigo	Alta	7.08	5.13
		Media	3.97	
		Baja	4.34	
Productor 2	ASA	Alta	3.77	3.37
		Media	3.43	
		Baja	2.75	
	Testigo	Alta	3.91	3.20
		Media	2.12	
		Baja	3.67	

Fuente: Resultado de investigación

Las diferencias existentes entre los tratamientos, reflejan que existe mayor efecto en el Punto de marchitez Permanente cuando se aplica cobertura al suelo, ver tabla 3. Es decir que el porcentaje de agua higroscópica es mayor cuanto el suelo se encuentra protegido con cobertura. La cobertura utilizada tiene un efecto directo en la reducción de la evaporación y la temperatura, manteniendo mayor porcentaje de humedad en el suelo.

4.1.1.2.4 Agua disponible

Según la Facultad de Agronomía de la Universidad de la República de Uruguay (SF), agua disponible se define como la máxima cantidad de agua que la planta puede disponer para su absorción en determinado perfil.

Vinculado al concepto, el agua disponible para la absorción de la planta depende de las propiedades del suelo ya que no toda el agua de lluvia queda aprovechable para el cultivo porque cierta cantidad se percola, se pierde por la escorrentía y otra se queda fuertemente retenida a las partículas del suelo, quedando únicamente útil el agua que el suelo es capaz de retener en los espacios vacíos, haciendo necesario implementar prácticas que mejoren la infiltración y retención del agua.

Tabla 4. Agua disponible en las parcelas evaluadas

Productor	Parcela	Parte	Agua disponible (%)	Promedio Parcela (%)
Productor 1	ASA	Alta	5.47	5.06
		Media	5.09	
		Baja	4.62	
	Testigo	Alta	4.82	3.49
		Media	2.70	
		Baja	2.96	
Productor 2	ASA	Alta	2.56	2.26
		Media	2.34	
		Baja	1.87	
	Testigo	Alta	2.66	2.20
		Media	1.45	
		Baja	2.49	

Fuente: Resultado de investigación

La tabla 4 muestra el agua disponible en cada parte de las parcelas en estudio. Se puede observar que las partes altas de cada parcela tienen más % de agua disponible que los otros segmentos dentro de la misma parcela. En el mismo sentido las parcelas presentaron datos bajos de porcentaje de agua disponible tanto en las parcelas con cobertura y sin cobertura.

El agua disponible es la que se encuentra entre los niveles de capacidad de campo y punto de marchitez permanente, también se tiene que la disponibilidad de agua va a depender de la textura de suelo, en suelos arcillosos hay mayor disponibilidad de agua en contraste con los suelos arenosos, esto se debe la fuerza de adsorción de las partículas de arcillas que retienen el agua en los micro poros. El agua disponible es de gran importancia ya que las plantas tendrán la cantidad de agua necesaria para evitar el estrés, de igual manera ayudara a la actividad de la micro biota.

4.1.1.2.5 Densidad aparente

Rojas (2012), cita que la densidad aparente se define como la masa de suelo por unidad de volumen (g/cm^3 o t/m^3). Describe la compactación del suelo, representando la relación entre sólidos y espacio poroso (Keller & Håkansson, 2010).

Este se calculó, conociendo el volumen del cilindro donde se tomaron las muestras de suelo, con la formula $D_{ap} = \text{PSS}/v$, donde PSS es el peso del suelo seco y “v” el volumen del cilindro.

En la Tabla 5 se muestra la densidad aparente para las partes de cada parcela de los productores.

Tabla 5. Densidad aparente en las parcelas evaluadas

Productor	Parcela	Parte	Densidad Aparente (gr/cm³)	Promedio parcela (gr/cm³)
Productor 1	ASA	Alta	1.19	1.17
		Media	1.18	
		Baja	1.14	
	Testigo	Alta	0.92	0.99
		Media	0.92	
		Baja	1.13	
Productor 2	ASA	Alta	0.98	0.96
		Media	0.91	
		Baja	1.00	
	Testigo	Alta	1.06	0.98
		Media	0.73	
		Baja	1.14	

Fuente: Resultado de investigación

Respecto a los resultados de investigación, la densidad aparente en las parcelas no muestra suelos compactos, lo que favorece un buen porcentaje de espacio poroso a la micro, meso y macro fauna, proporcionándole buena movilidad en el suelo.

4.1.1.2.6 Infiltración básica

CIMMYT (2013), menciona que el agua se infiltra con rapidez en suelos secos; esta velocidad se conoce como la velocidad de infiltración inicial, a medida que el agua sustituye al aire que se encuentra en los poros, el agua de la superficie se infiltra a una velocidad menor y finalmente, cuando el suelo se satura de agua, alcanza una velocidad constante, que es la velocidad de infiltración básica.

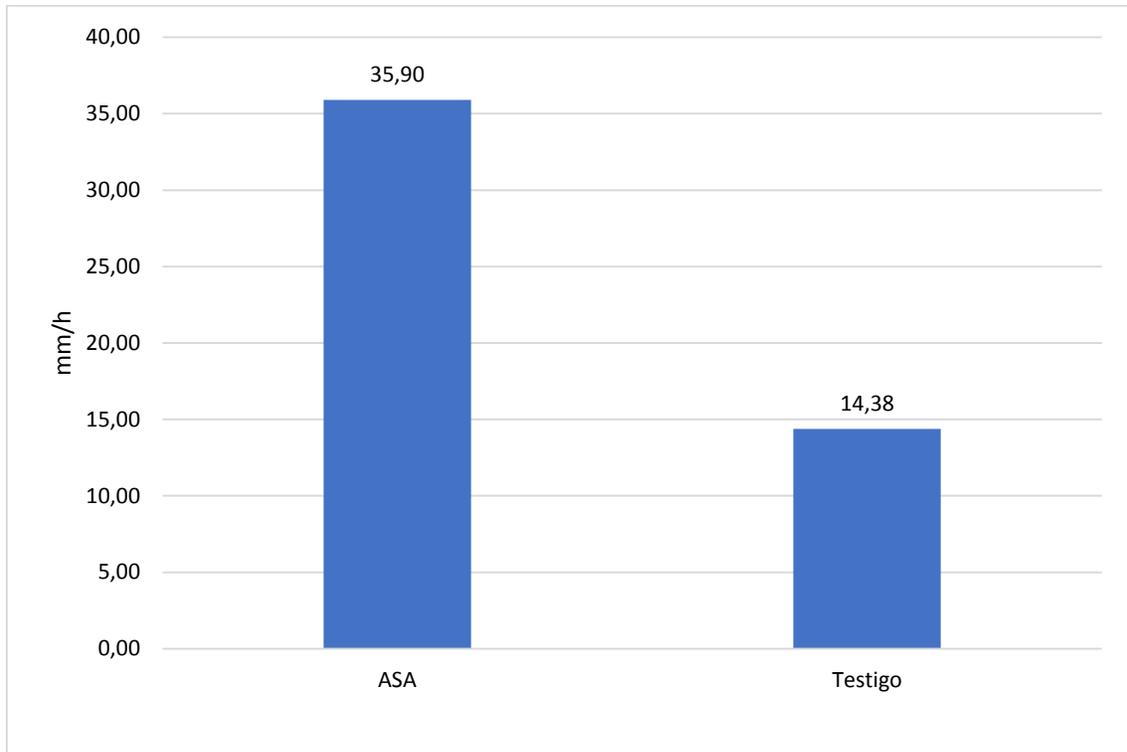
La figura 3 Para medir la infiltración básica se usó el método de doble cilindro (figura 3), esto para disminuir el error de infiltración lateral.

Figura 3. Medición de velocidad de infiltración Básica



Fuente: Resultado de investigación

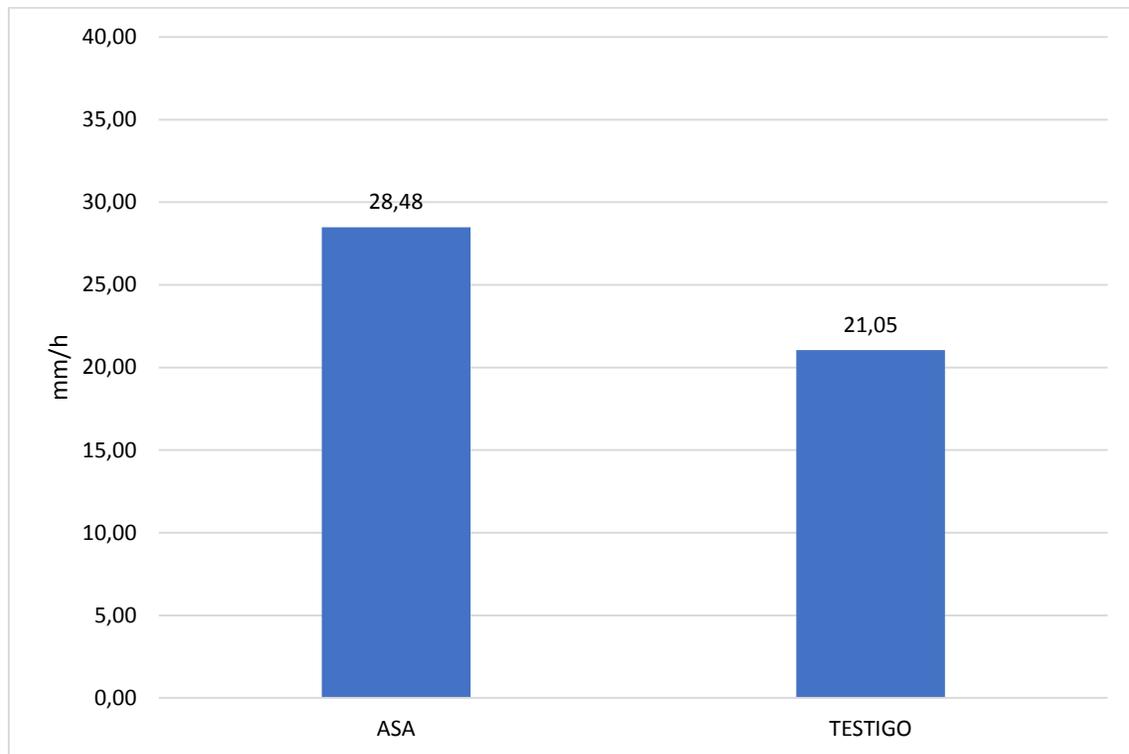
En el gráfico 6, se reflejan los resultados de infiltración básica para las parcelas ASA y Testigo del Productor 1. Se observa un efecto positivo de la cobertura del suelo lográndose infiltrar más de 20 mm/h en comparación con la parcela Testigo.



Fuente: Resultado de investigación

Gráfico 6. Infiltración Básica en las parcelas del Productor 1

El gráfico 7 muestra los resultados obtenidos de infiltración básica de la parcela ASA y Testigo del Productor 2 donde se muestra una menor diferencia entre las parcelas, pero con resultados positivos en las parcelas que se usó cobertura, las cuales alcanzan infiltrar 28,48 mm/h a diferencia de la parcela Testigo que logra infiltrar 21,05 mm/h.



Fuente: Resultado de investigación

Gráfico 7. Velocidad de infiltración Básica en las parcelas del Productor 2

Con los valores anteriores se deduce que la cobertura incidió de manera positiva en esta propiedad, puesto que al comparar las parcelas ASA y Testigo surge una diferencia en la capacidad de absorber las pluviocidad, las parcelas sin cobertura tienen menor capacidad de infiltrar el agua y toda lluvia que exceda su capacidad de infiltración provocaría escorrentía degradando el suelo, mientras que las cobertura protege al suelo para que este no se vea afectado por erosión hídrica cuando las lluvias son mayor a la Infiltración Básica.

La cobertura ayuda a mejorar la capacidad de infiltración de agua al suelo, al disminuir las pérdidas de humedad por escorrentía superficial y retener agua, facilitando mayor tiempo de contacto, lo cual beneficia su infiltración y posterior retención de la humedad en los coloides de suelo. Por otra parte, con las raíces se crean espacios en el suelo los que facilitan la entrada del agua, de igual manera la

cobertura crea el ambiente ideal para la micro y macro fauna los que hacen galerías en el suelo.

Al tratarse de un humedal de interés Ramsar, estos resultados revisten gran importancia, por cuanto se favorece la recarga de las lagunas del humedal, beneficiando de diversas formas a los pobladores pero además a la fauna silvestre que habita en el sitio así como también a especies de aves migratorias.

4.1.1.2.7 Porosidad

Según Cisneros (2003), la porosidad es la porción del suelo no ocupado por partículas sólidas (minerales u orgánicas). Los espacios porosos están ocupados por aire y agua.

Los espacios en el suelo no son vacíos, sino espacios llenos de partículas gaseosas o líquidas, estos espacios permiten un buen desarrollo radicular.

La porosidad se calcula en relación a la densidad aparente, que está definida por las partículas del suelo y está estrechamente relacionada con la densidad aparente, en la tabla 6 se muestran los resultados de investigación para este parámetro.

Tabla 6. Porosidad en las parcelas de estudio

Productor	Parcela	Parte	Porosidad (%)	Promedio Parcela (%)
Productor 1	ASA	Alta	55.09	55.85
		Media	55.47	
		Baja	56.98	
	Testigo	Alta	65.28	62.64
		Media	65.28	
		Baja	57.36	
Productor 2	ASA	Alta	63.02	63.65
		Media	65.66	
		Baja	62.26	
	Testigo	Alta	60.00	63.14
		Media	72.45	
		Baja	56.98	

Fuente: Resultado de investigación

En general se observa altos valores de porosidad, esto está estrechamente ligado a la composición de la textura del suelo, puesto que el alto porcentaje de arena forma macro poros y no permite una buena retención de agua, tal como se mostró al evaluar la capacidad de campo del suelo.

Según Delgadillo (2010), la porosidad se clasifica en:

Tabla 7. Clasificación de porosidad

Porosidad total (%)	Interpretación
< 30	Muy baja
30 - 40	Baja
40 - 50	Media
50 - 60	Alta
> 60	Muy alta

Fuente: Delgadillo (2010)

Según la tabla 7 la porosidad en las parcelas del Productor 1 se clasifica en alta para la parcela ASA y Muy alta para la parcela Testigo, en cambio la porosidad de las parcelas del Productor 2 se clasifica en Muy alta tanto para la parcela ASA como la Testigo.

Para el Productor 1 este parámetro del suelo resulta tener un valor más alto la parcela Testigo en comparación con la parcela ASA, tal efecto se le atribuya a la composición de la textura, porque la textura posee un alto porcentaje de arena y por ende existe mayor cantidad de macro poros.

Por otra parte, un alto valor de porosidad resulta perjudicial para el cultivo ya que con el viento provoca acame en la planta que no tiene buen sostén, además la gran cantidad de macro poros se da la percolación obteniendo pérdida de agua y por consecuente disminución de descomposición de materia orgánica por los micro organismos. Este parámetro se encuentra muy estrechamente relacionado con los resultados de infiltración de agua en los suelos.

4.1.2 Cultivo de maíz

4.1.2.1 Análisis estadístico del crecimiento y desarrollo del cultivo

Antes de evaluar el índice de crecimiento y desarrollo de las plantas, se deba aclarar que el Productor 1 utilizó cobertura viva durante todo el ciclo de producción, mientras que el Productor 2 manipuló rastrojos en su unidad productiva, por lo que se debe tener en cuenta si la cobertura viva utilizada por el Productor 1 compitió con el cultivo.

4.1.2.1.1 Crecimiento

Según INTA (2010) el maíz (*Zea mays L.*) La variedad NB 6 es una gramínea anual, de crecimiento determinado, de 2.2 a 2.35 m de altura, un solo tallo dominante.

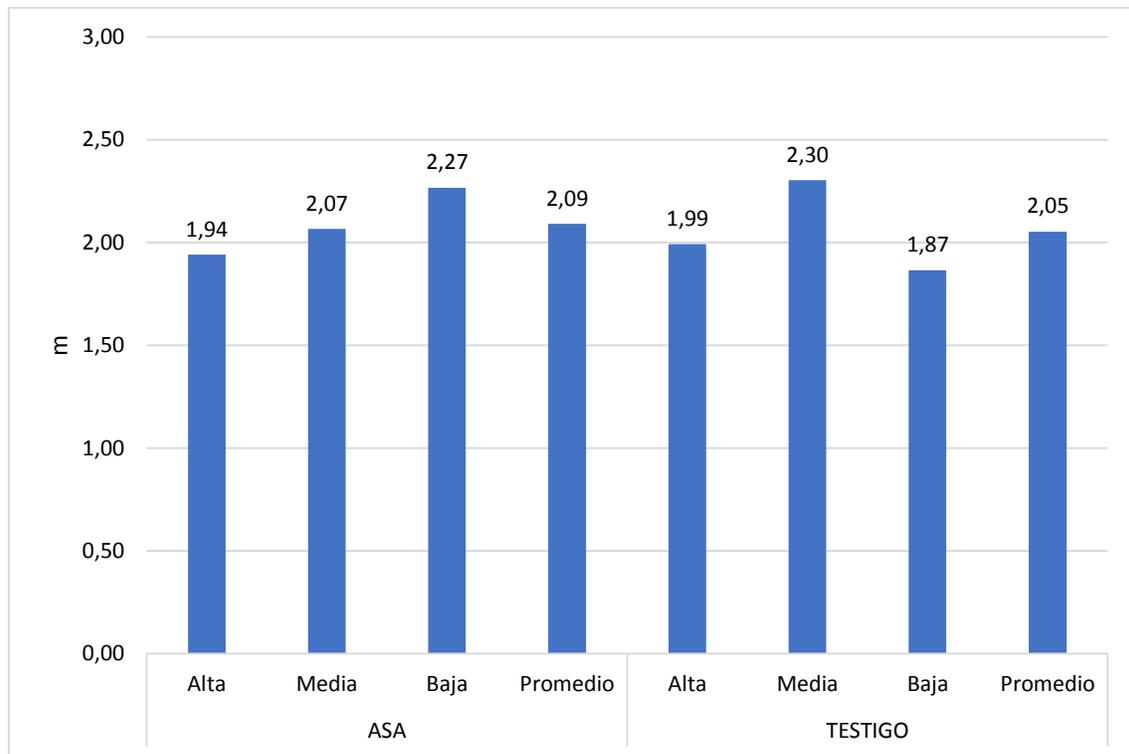
Se tomó la altura de las plantas (figura 4) en tres segmentos (alta, medio y baja) en cada parcela de los productores, con el fin de evaluar el efecto de la cobertura sobre el crecimiento del cultivo, llámese crecimiento a la altura de la planta desde la base del suelo hasta la espiga.

Figura 4. Toma de datos del crecimiento de las plantas



Fuente: Resultado de investigación

El gráfico 8 muestra los resultados obtenidos de la medición del crecimiento de las plantas de maíz por cada parte evaluada de las parcelas (ASA y Testigo) del productor 1.



Fuente: Resultado de investigación

Gráfico 8. Crecimiento de las plantas en las parcelas del Productor 1

Al comparar los resultados obtenidos con la literatura se observa que las medidas obtenidas de la altura de las plantas está dentro del rango de referencia, ya que los rangos en las alturas obtenidas son de 1.94 a 2.26 m en la parcela ASA y de 1.99 a 2.30 m en la parcela Testigo del Productor 1, determinando así que el crecimiento en el cultivo de maíz fue óptimo en todas las partes dentro de una misma parcela y que la cobertura viva que utilizó no influyó en este parámetro.

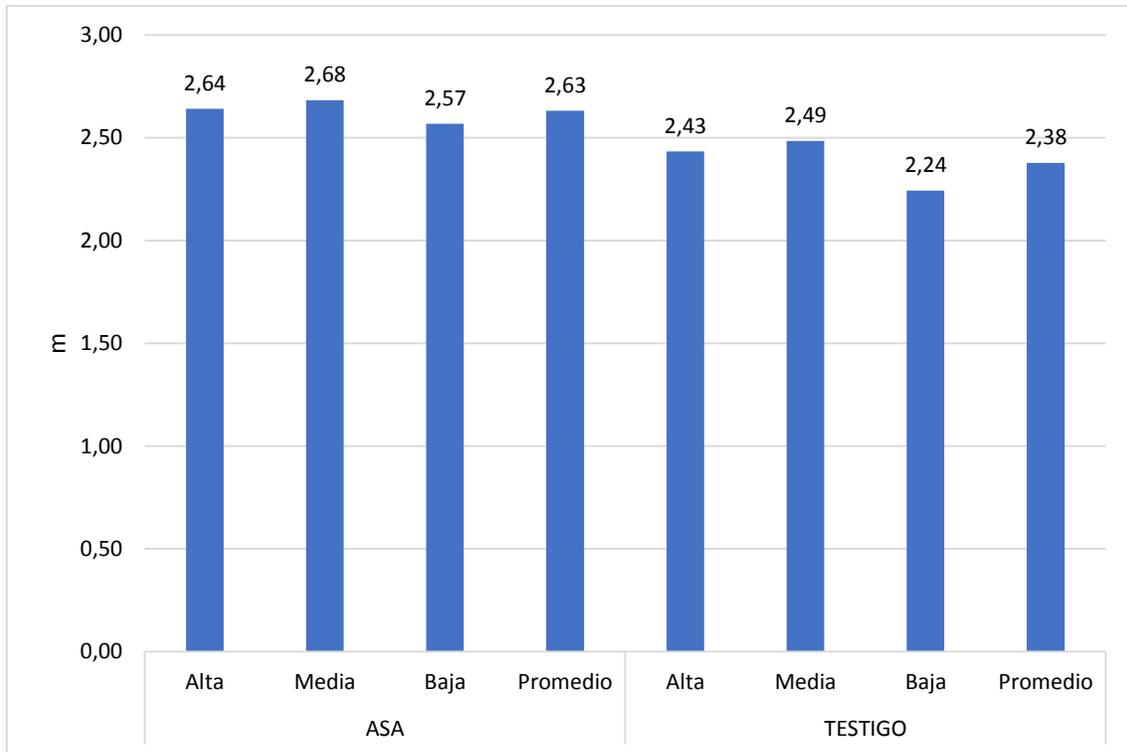
Tabla 8. Análisis de varianza del crecimiento de las plantas en las partes de cada parcela del Productor 1

Origen	Suma de cuadrados tipo III	Gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	0.95	5.00	0.19	1.80	0.14
Intersección	154.63	1.00	154.63	1,468.22	0.00
Parcela	0.01	1.00	0.01	0.13	0.73
Parte	0.29	2.00	0.14	1.36	0.27
Parcela * Parte	0.65	2.00	0.32	3.07	0.06
Error	3.16	30.00	0.11		
Total	158.74	36.00			
Total corregida	4.11	35.00			

Fuente: Elaboración propia en IBM SPSS Statistics 19

La tabla 8, muestra que la cobertura no influyó significativamente en el crecimiento de las plantas de las parcelas del Productor 1, puesto que el valor de sig. en la tabla es mayor a 0,05 lo que indica que todas las plantas tuvieron un crecimiento normal.

En el gráfico 9 se representa el crecimiento de las plantas en las parcelas del Productor 2, revelando en cada parcela hay un crecimiento parecido al comparar las plantas de una misma parcela, pero también muestra un crecimiento heterogéneo cuando se contrastan las parcelas ASA y Testigo.



Fuente: Resultado de investigación

Gráfico 9. Crecimiento de las plantas en las parcelas del Productor 2

Las alturas de las plantas mostraron un crecimiento normal de acuerdo a la variedad cultivada obteniendo alturas de 2,57 a 2,68 m en las parcelas ASA y un rango de 2,24 a 2,49 m en las parcelas Testigos.

Tabla 9. Análisis de varianza del crecimiento de las plantas en las partes de cada parcela del Productor 2

Origen	Suma de cuadrados tipo III	Gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	0.75	5.00	0.15	3.76	0.01
Intersección	194.27	1.00	194.27	4,861.13	0.00
Parcela	0.46	1.00	0.46	11.48	0.002
Parte	0.20	2.00	0.10	2.52	0.10
Parcela * Parte	0.03	2.00	0.01	0.35	0.70
Error	1.08	27.00	0.04		
Total	210.74	33.00			
Total corregida	1.83	32.00			

Fuente: Elaboración propia en IBM SPSS Statistics 19

La tabla 9 es el análisis de varianza para los resultados de altura de las plantas de cada parcela del Productor 2.

El análisis de varianza muestra que no hay diferencia significativa en el crecimiento de las plantas en cada segmento de la parcela, sin embargo, revela una diferencia significativa en las parcelas (ASA y Testigo), es decir que la cobertura de rastrojo influyó de manera positiva en este indicador mostrando un crecimiento medio de 2,63 metros en las plantas de las parcelas ASA y 2,39 metros en las plantas de las parcelas Testigo. Tal efecto se le atribuye a la cobertura ya que la cobertura con rastrojo que utilizó retiene más tiempo la poca humedad de la zona, favoreciendo a la planta que la pueda absorber.

Se midió este indicador puesto que la altura de la planta es la elongación del tallo, que es la parte donde la planta acumula los nutrientes que se adquieren de la fotosíntesis.

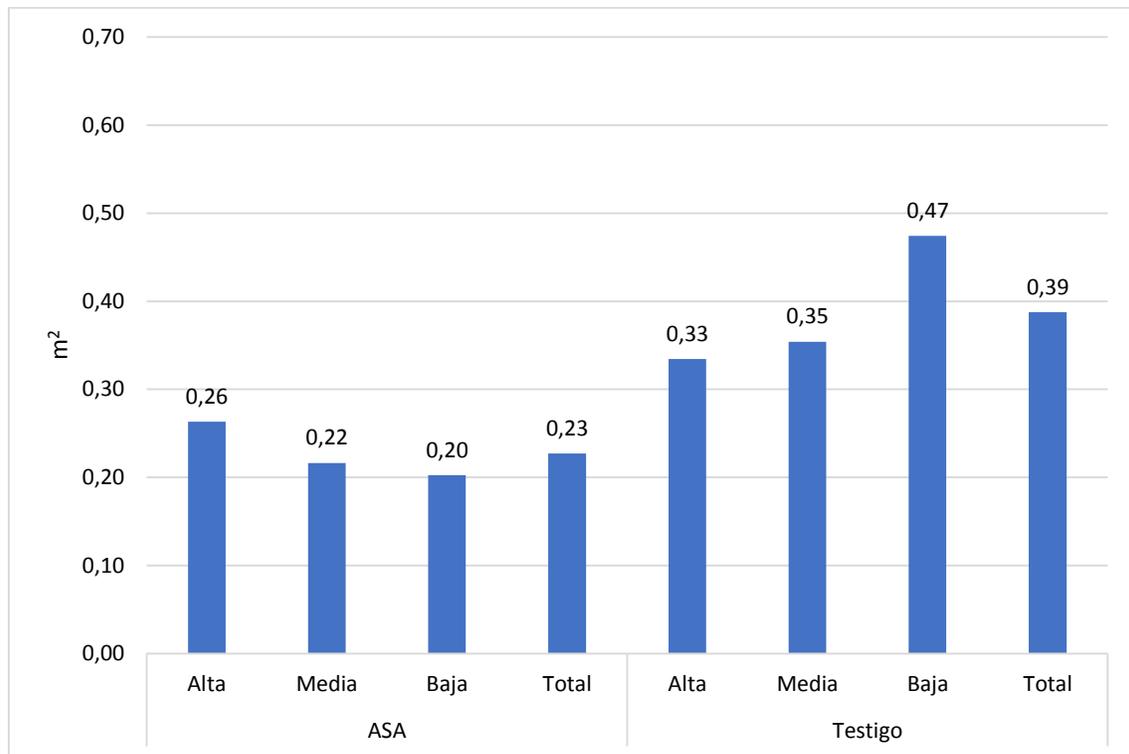
4.1.2.1.2 Área foliar

Conforme a Blessing & Hernández (2009), el área foliar es una manifestación cuantitativa de las plantas que puede ser medida a través de parámetros como ancho de la hoja y longitud de la hoja, contribuye a un aumento del rendimiento al incrementar los niveles de fotosíntesis.

Este índice se calculó con el número de hojas, largo y ancho de las mismas, mostrando valores inferiores a los resultados que Camacho, Garrido, & Lima (1995), quienes estudiaron 9 genotipos del cultivo de maíz y reportaron valores de 0.544, 0.665 y 0.674 m² de área foliar promedio.

Cabe destacar que llamamos desarrollo a la formación de hojas, largo y ancho de estas y se representa en área foliar. El área foliar de la planta se calculó con la fórmula, $AF = N^{\circ} \text{ hojas} * \text{Ancho de la Hoja} * \text{Largo de la Hoja} * 0,75$. Misma que uso Camacho et al. en su investigación.

El gráfico 10 muestra que en el desarrollo de área foliar hay diferencias en las plantas de una misma parcela del Productor 1, también, se muestra un resultado negativo de la cobertura puesto que las plantas de las parcelas ASA muestran menor área foliar que las plantas de las parcelas Testigo.



Fuente: Resultado de investigación

Gráfico 10. Área foliar de las plantas en las parcelas del Productor 1

Esto debido a que la cobertura viva que se estableció en esta parcela, figura 5, actuó como competencia del cultivo ya que como materia viva necesitaba de agua, luz y nutrientes, lo que impidió que las plantas tuvieran un mejor desarrollo.

Figura 5. Cobertura viva de Canavalia (*Canavalia ensiformis*) en las parcelas del Productor 1



Fuente: Resultado de investigación

En la tabla 10 se muestra el análisis de varianza, donde se observa que la significación en las partes de la parcela es menor a 0,05, es decir hay diferencia significativa entre las plantas de parcelas ASA y Testigo del productor 1, no obstante, la diferencia entre el área foliar de las parcelas con cobertura y sin cobertura no mostraron diferencias significativas por lo que se deduce que la cobertura viva utilizada no influyó en el desarrollo del cultivo.

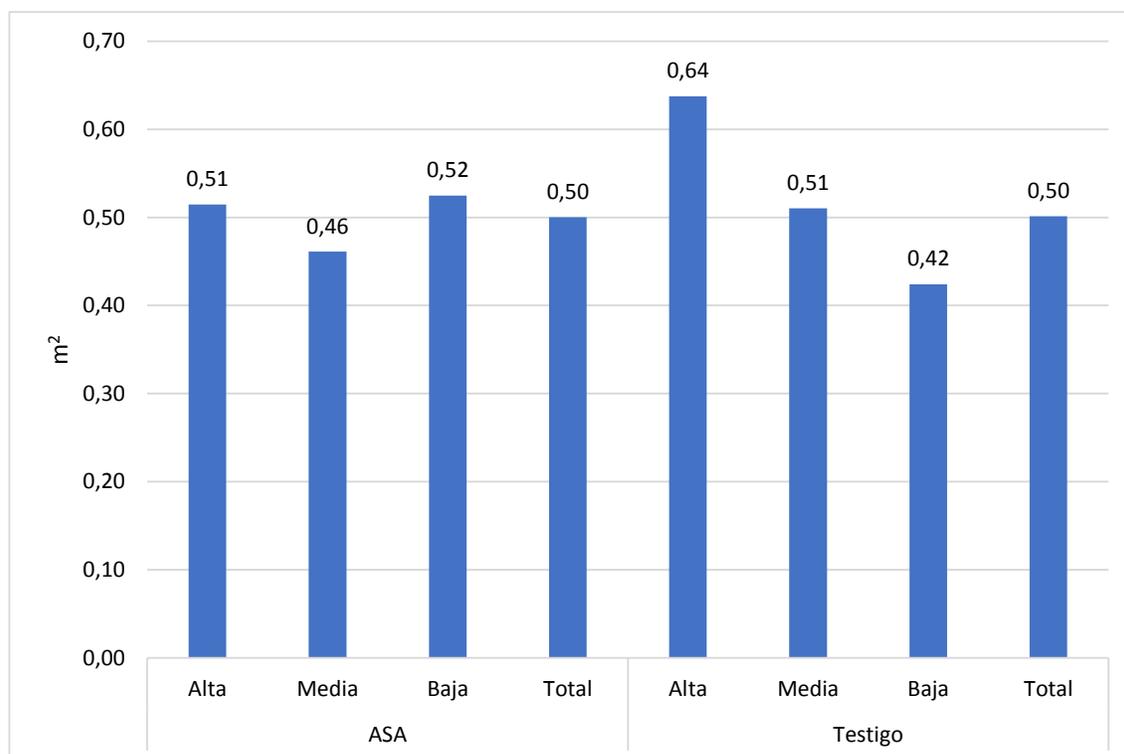
Tabla 10. ANDEVA de área foliar de las plantas en las partes de cada parcelas del Productor 1

Origen	Suma de cuadrados tipo III	gl	Media cuadrática	F	Sig.	Eta al cuadrado parcial
Modelo corregido	0.31	5.00	0.06	2.33	0.07	0.28
Intersección	3.40	1.00	3.40	126.97	0.00	0.81
Parcela	0.23	1.00	0.23	8.63	0.01	0.22
Parte	0.02	2.00	0.01	0.34	0.71	0.02
Parcela * Parte	0.06	2.00	0.03	1.17	0.32	0.07
Error	0.80	30.00	0.03			
Total	4.52	36.00				
Total corregida	1.12	35.00				

Fuente: Elaboración propia en IBM SPSS Statistics 19

Confrontando estos resultados negativos de área foliar, con los valores normales que obtuvieron en el crecimiento, se refleja que las plantas crecieron raquíticamente. Este efecto negativo se le atribuye a la competencia de la cobertura viva con el cultivo, que provocó una posible inmovilización del nitrógeno (N), absorbiendo la cobertura viva el N disponible en el suelo dejándolo deficiente para el cultivo.

De igual manera se evaluó el área foliar en el cultivo establecido el Productor 2, los resultados se muestran en el gráfico 11 donde se observa un área foliar homogénea en ambas parcelas.



Fuente: Resultado de investigación

Gráfico 11. Área foliar de las plantas en las parcelas del Productor 2

La tabla 11 muestra el análisis de varianza para el área foliar, demostrando que no existe diferencia significativa en el desarrollo de área foliar en ninguna parte de cada parcela, también se observa que la cobertura no influyó en este indicador, es decir no existe diferencia significativa entre parcelas.

Tabla 11. ANDEVA de área foliar de las plantas en las partes de cada parcelas del Productor 2

Origen	Suma de cuadrados tipo III	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	0.11	5.00	0.02	1.10	0.38
Intersección	8.09	1.00	8.09	419.29	0.00
Parcela	0.00	1.00	0.00	0.22	0.64
Parte	0.06	2.00	0.03	1.45	0.25
Parcela * Parte	0.07	2.00	0.03	1.73	0.20
Error	0.52	27.00	0.02		
Total	8.90	33.00			
Total corregida	0.63	32.00			

Fuente: Elaboración propia en IBM SPSS Statistics 19

Estos resultados representan que al trabajar las parcelas con cobertura viva mejora las propiedades físicas del suelo, pero se debe tener cuidado en el manejo de esta, pues de lo contrario puede competir con el cultivo como el caso del Productor 1. Por otra parte, con un buen manejo de esta se mejoran las propiedades físicas del suelo sin perjudicar el desarrollo del cultivo como se observó en las parcelas del Productor 2.

Una vez que se conoce el desarrollo en cada parcela de ambos productores es necesario destacar la importancia del área foliar, ya que es en las hojas que a través de los cloroplastos se da la fotosíntesis que es el proceso donde la planta transforma la energía lumínica en energía química, la cual utiliza para formar la sabia elaborada y la translocación de los nutrientes.

4.1.2.2 Manejo agronómico

4.1.2.2.1 Sistema de siembra

Los sistemas de siembra más utilizados son: la tracción motriz se utiliza sembradoras tiradas por tractores en terrenos planos con buena fertilidad. La tracción animal se utiliza yunta de bueyes o caballos que tiran de sembradoras sencillas y el sistema de siembra manual que se hace después del paso del arado se deposita sobre la raya 2 o 3 semillas por golpe luego es tapada con el pie. Al espeque la semilla se deposita al fondo del hoyo (INTA, 2010).

En el caso de los productores de Moyúa el sistema de siembra que utilizaron fue al espeque, en donde el sembrador va haciendo el hoyo y el mismo deposita la semilla al fondo de este.

Al comparar lo que dice la teoría con lo que se hace en la realidad se puede verificar que ambas coinciden por lo que se afirma que este sistema de siembra es uno de los que más se utiliza en Nicaragua sobre todo porque son los pequeños productores que hacen la siembra de este cultivo.

4.1.2.2.2 Fertilización

Según INTA (2010), al momento de la siembra se recomienda fertilizar con Completo 12-30-10 (2 qq/mz) mezclados con productos autorizados para control de plaga de suelo. El fertilizante tiene que ser depositado al fondo del surco. De los 35 a 40 días después de la siembra se debe efectuar una fertilización nitrogenada con urea 46% de forma fraccionada de 2 qq/mz.

El mismo autor plantea que en siembras al espeque, la fertilización se realiza con 2 quintales de fertilizante completo al momento de la siembra y un quintal de urea

46% treinta días después de la siembra. Si usa compost aplicar entre 20 a 30 qq/mz. El fertilizante tiene que ser incorporado, no debe quedar destapado.

La fertilización realizada por los productores de Moyúa fue a base de 15-15-15, 12-24-12. En el caso del 15-15-15 fue utilizado en el momento de la siembra junto con el 12-24-12 a razón de 3. 5 qq/mz el fertilizante fue enterrado al momento de aplicarse.

Cabe destacar que la aplicación se realizó en el mes de octubre, el mes más lluvioso del año 2017, lo que indica que existía humedad y la planta fue capaz de aprovecharlo.

4.1.2.2.3 Plagas en el cultivo de maíz

4.1.2.2.3.1 Cogollero (*Spodoptera frugiperda*)

Menciona Jiménez & Rodríguez (2014) que el cogollero es una de las plagas más importantes del maíz. Se presenta durante todo el año, pero la intensidad de sus poblaciones y daños varían de acuerdo a la época del año y zona del país donde se presenta. En el norte de Nicaragua su incidencia es relativamente baja; los daños no son tan intenso como el Pacífico. Cuando las larvas son pequeñas el insecto se alimenta de la superficie interior de las hojas tiernas del cogollo, causando agujeros característicos en forma de ventana a medida que se desarrolla hace perforaciones en las hojas y migra hacia el centro del cogollo permanece alimentándose causando lo que se conoce como corazón muerto.

Con referencia a lo citado, los daños de esta plaga son más intensos en el pacifico, sin embargo las condiciones climáticas de Moyúa son similar a las de esta zona es por tal razón la severidad del ataque de esta plaga durante el experimento.

Figura 6. Afectación de cogollero (*Spodoptera frugiperda*) en las parcelas evaluadas



Fuente: Resultado de investigación

El cogollero fue la plaga que afectó severamente al cultivo (figura 6), su incidencia se dio a los 40 días después de la siembra afectando aproximadamente a 50% del cultivo, en consecuencia a esto los productores aplicaron lorsban a razón de 1L/mz. Este control es totalmente convencional lo que difiere con la agricultura de conservación que promueve un control integrado, utilizando productos biológicos o prácticas culturales. Una de ellas foliar azúcar diluida en agua sobre el cogollo de la planta para atraer a las hormigas y estas controlen la plaga.

4.1.3 Carbono

4.1.3.1 Carbono Orgánico

Según Álvarez, Díaz, Barbero, Santanatoglia & Blotta (1995) el carbono orgánico es la cantidad de carbono que contienen los compuestos orgánicos del suelo. Es el principal elemento que forma parte de la materia orgánica del suelo (MOS).

El carbono orgánico es el principal elemento del que está compuesto la materia orgánica, por ello su presencia en el suelo indica un buen potencial de este. En la tabla 12 se muestra los resultados de carbono orgánico en tres profundidades distintas de las parcelas con cobertura y sin cobertura de las parcelas de los productores.

Tabla 12. Carbono orgánico en las parcelas evaluadas

Estratos	Productor 1		Productor 2	
	ASA	Testigo	ASA	Testigo
0 a 10 cm	3.71	3.09	2.43	1.99
10 a 20 cm	2.28	2.22	1.40	1.27
20 a 30 cm	1.61	1.27	1.03	1.12

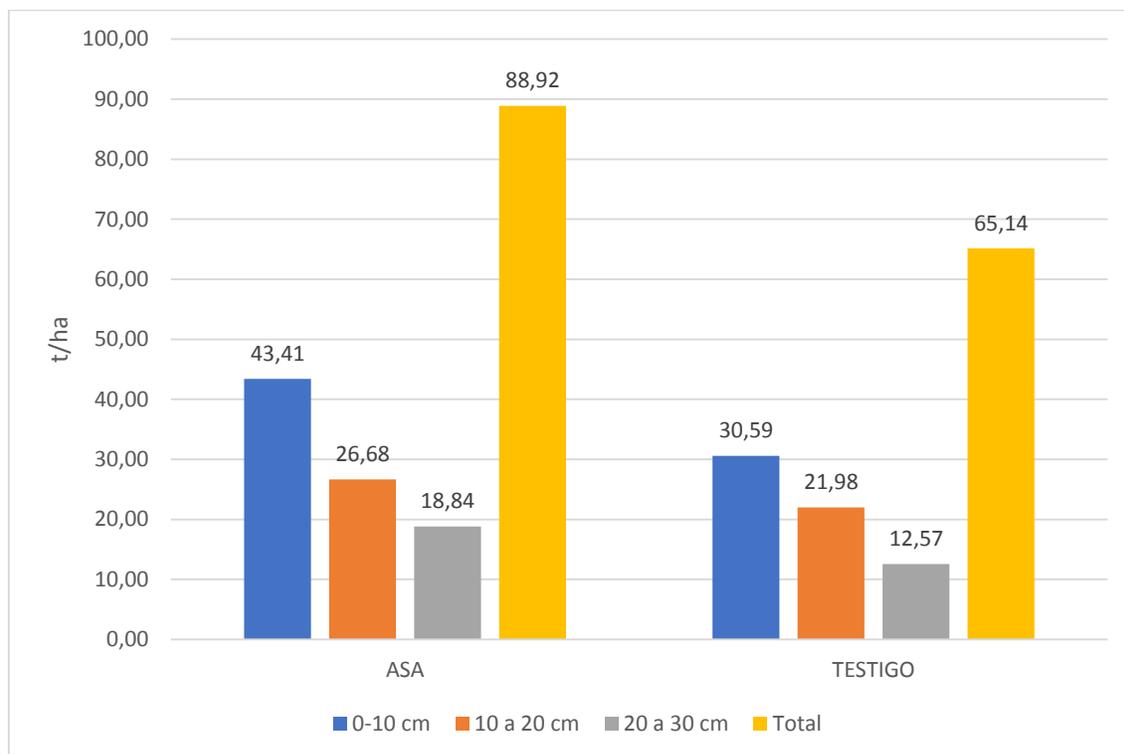
Fuente: Resultado procesado análisis de suelo LAQUISA

Los valores obtenidos en carbono orgánico del suelo son correspondiente al clima trópico seco de la micro cuenca de Moyúa, debido a que las altas temperaturas y la poca pluviosidad reducen la tasa de descomposición del material vegetativo.

Conforme a los resultados obtenidos en laboratorio se proyectó la cantidad de carbono orgánico en t/ha de cada parcela. Los datos se calcularon con la fórmula: $COS = \%cos * DAP * h * 10000$, donde % cos es el resultado obtenido en el laboratorio, DAP la densidad aparente y h la profundidad evaluada en cada parcela, es decir 0,1m. Se sumó la cantidad de carbono orgánico de cada profundidad para

conocer el contenido total de carbono orgánico de cada parcela y así comparar el efecto de la cobertura sobre este parámetro.

En el gráfico 12 se muestra la cantidad de carbono orgánico en distintas profundidades de las parcelas del Productor 1, así como el total de contenido de carbono orgánico que contiene cada parcela 30 cm de profundidad.



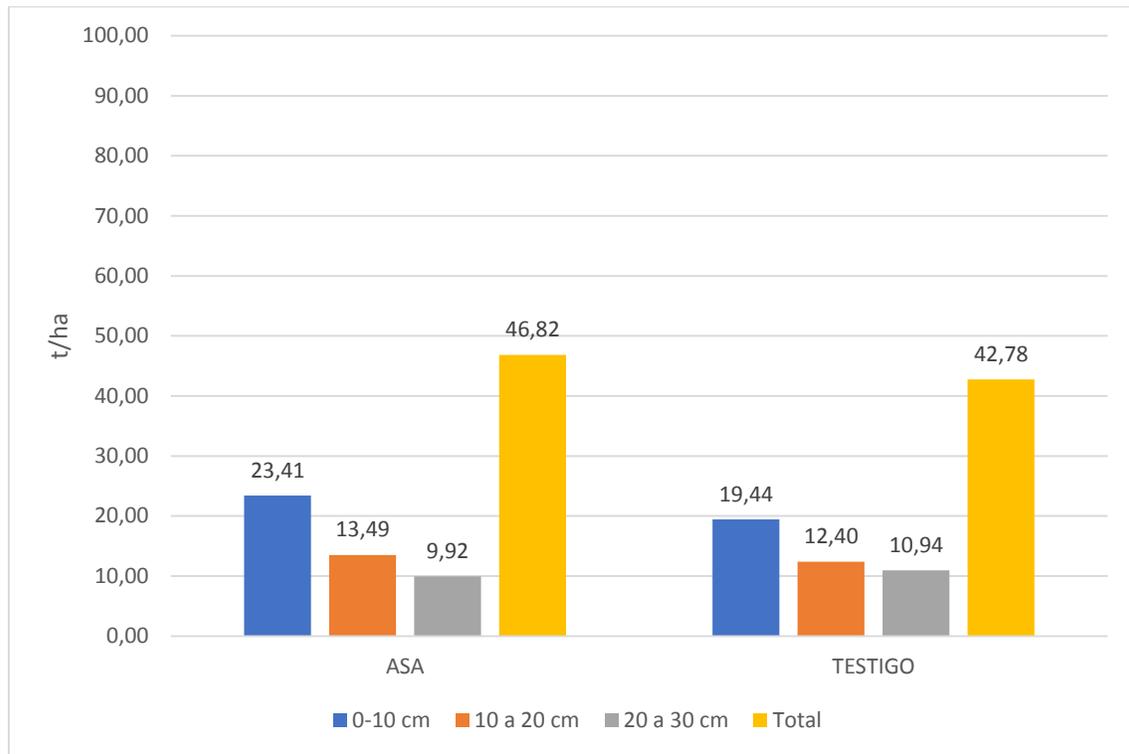
Fuente: Resultado de investigación

Gráfico 12. Contenido de carbono orgánico en las parcelas del Productor 1

Es evidente que en ambas parcelas los primeros 10 cm de profundidad contiene mayor cantidad de carbono orgánico seguido por 20cm y 30 cm de profundidad evaluadas.

En el gráfico 13 se representa los valores de carbono orgánico en t/ha para las parcelas del Productor 2. Se puede observar la misma tendencia de concentración

según profundidad. El mayor contenido de carbono orgánico se muestra en la capa superficial de 10 cm de profundidad.



Fuente: Resultado de investigación

Gráfico 13. Contenido de carbono orgánico en las parcelas del Productor 2

Este caso también manifiesta que en los primeros 10 cm de suelo, existe mayor concentración de carbono orgánico, seguido de los 20 y 30 cm de profundidad respectivamente, lo que indica que el carbono en el suelo es inversamente proporcional a las profundidades del suelo.

Esto es el efecto que tiene la cubierta vegetativa ya que esta se descompone sobre la superficie y a mayor profundidad del suelo se encuentra más mineralizado la materia orgánica.

Estos resultados coinciden con la investigación en el Guanacaste, Costa Rica de Rojas, Muhammad & Andrade (2009) los cuales investigaron del secuestro de carbono y uso de agua en sistemas silvopastoril con especies maderables nativas

en el trópico seco, estimaron el secuestro de carbono y uso de agua en seis sistemas silvopastoril y concluyeron que el contenido de carbono orgánico en los sistemas silvopastoril evaluados se encuentra concentrado en los primeros 20 cm de suelo.

Referente al contenido de COS en las parcelas, se observa que en la parcela con cobertura de los dos productores contienen mayor cantidad de carbono orgánico, revelando esto un efecto positivo sobre el suelo gracias a la cobertura. Las parcelas con cobertura viva del Productor 1 presentó 23,78 t/ha más de carbono orgánico que la parcela Testigo, y la parcela ASA del Productor 2 obtuvo 4,04 t/ha más de carbono orgánico en comparación a la parcela sin cobertura. La parcela ASA del Productor 1 obtuvo mejores resultados en el contenido de COS puesto que las propiedades físicas del suelo reflejaban mayor capacidad de infiltración y retención de agua, coadyuvando con la actividad de microorganismos en la descomposición de la materia orgánica.

En general se muestran resultados bajos de carbono orgánico del suelo (COS) debido a las condiciones climáticas, ya que como se pudo observar es una zona semi árida, es difícil que se descomponga rápidamente el material vegetativo, es decir existe una humificación lenta.

Smith y Smith (2005), señalan que el CO₂ está considerado como el principal gas que influye en lo que se ha llamado efecto invernadero. Esto a la vez es el responsable del incremento en la temperatura. La alta concentración de CO₂ podría reducirse mediante dos procesos: *a) mediante* la reducción de emisiones antropogénicas, y *b) creando o mejorando* los sumideros de carbono en la biósfera, tal como la estrategia implementada en la presente investigación en las dos parcelas experimentales de Moyúa.

Con el uso de cobertura de suelo se reduce las emisiones de CO₂ al evitar las quemadas, el uso inadecuado de agroquímicos, la remoción del suelo entre otras

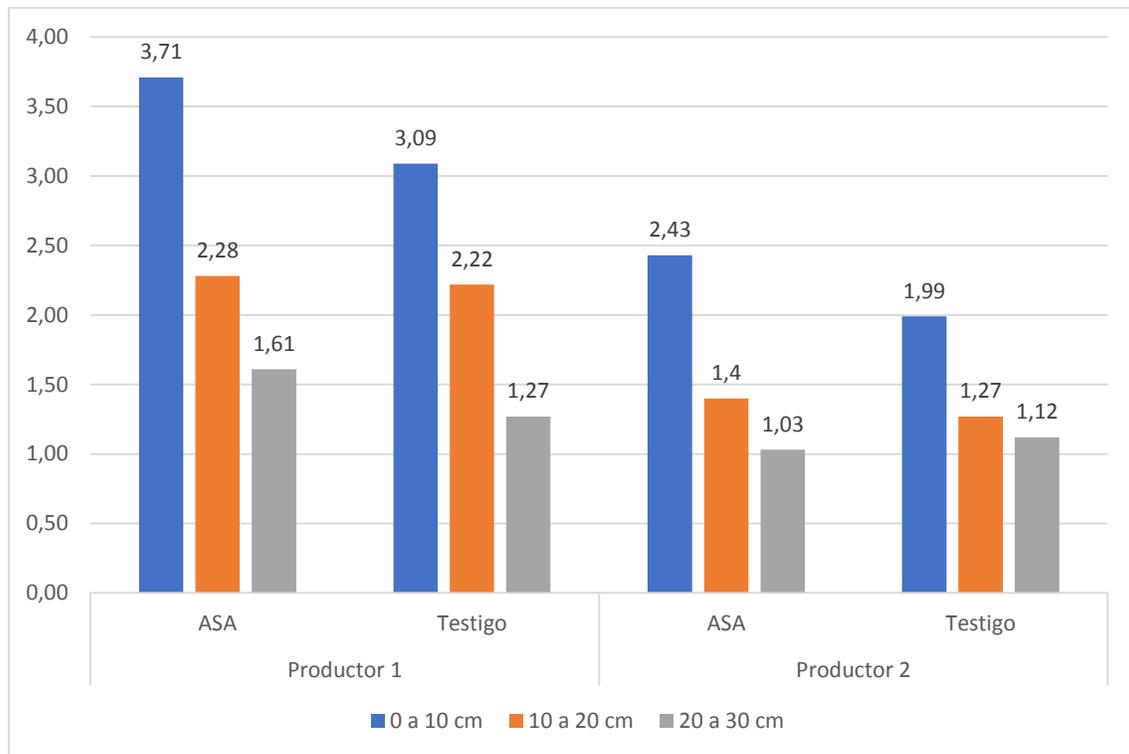
cosas. En el mismo sentido el uso de la cobertura mejora las propiedades del suelo y por ende se incrementa la capacidad de este para almacenar el carbono orgánico.

4.1.3.1.1 Función del carbono orgánico en el suelo

Según UNCCD (2015), el carbono orgánico previene la pérdida de suelo, conlleva un escape menor de carbono a la atmósfera, lo que contribuye significativamente a cerrar la brecha de emisiones; aumenta la humedad, la fertilidad y la productividad del suelo, lo que produce mejores resultados en las tierras agrícolas y una mayor seguridad alimentaria; mejora la productividad, supone un mayor almacenaje de carbono en las plantas y por último, en el suelo, cuando se descomponen los residuos. Sostiene la producción de la tierra, reduce la presión por conversión de tierras, protegiendo las reservas de carbono, los servicios del entorno y el hábitat natural.

En efecto, el carbono orgánico del suelo trae consigo muchos beneficios, uno de ellos es el incremento de la materia orgánica. La materia orgánica al estar compuesta principalmente por carbono se puede calcular a partir de este usando el factor de 1,724 de Van Benmelen y viceversa, el CO se calcula a partir de la ecuación $CO = \%MO / 1,724$, o lo que es igual a $CO = \%MO * 0.58$, considerando que la materia orgánica está compuesta aproximadamente por un 58% de Carbono orgánico.

El gráfico 14 muestra el porcentaje de carbono orgánico en suelos para cada extracto estudiado del suelo y es lógico que al calcularlo a partir de los resultados de COS presenten la misma diferencia.



Fuente: Resultados de investigación

Gráfico 14. Resultados de materia orgánica (%) en tres profundidades del suelo

Como resultado, existe mayor cantidad materia orgánica en los primeros 10 cm del suelo tanto en las parcelas con cobertura como en las parcelas sin cobertura, dado que hay mayor actividad biológica en los primeros 10 cm del suelo, donde se encuentran los restos vegetales.

De igual manera se hizo la comparación de materia orgánica entre las parcelas ASA y Testigo, y tal como se esperaba existe una diferencia a favor de las parcelas que se trabajaron con cobertura, esto resalta que esta práctica agrícola favorece la captura de dióxido de carbono incorporándolo en el suelo favoreciendo las propiedades biológicas del suelo, tales como se muestra la materia orgánica, asimismo mejora las propiedades físicas del suelo obteniendo hasta 3,8 y 0,16 % de capacidad de almacenamiento de agua la parcela con cobertura del Productor 1 y Productor 2 respectivamente, también las parcelas ASA de los Productores 1 y 2

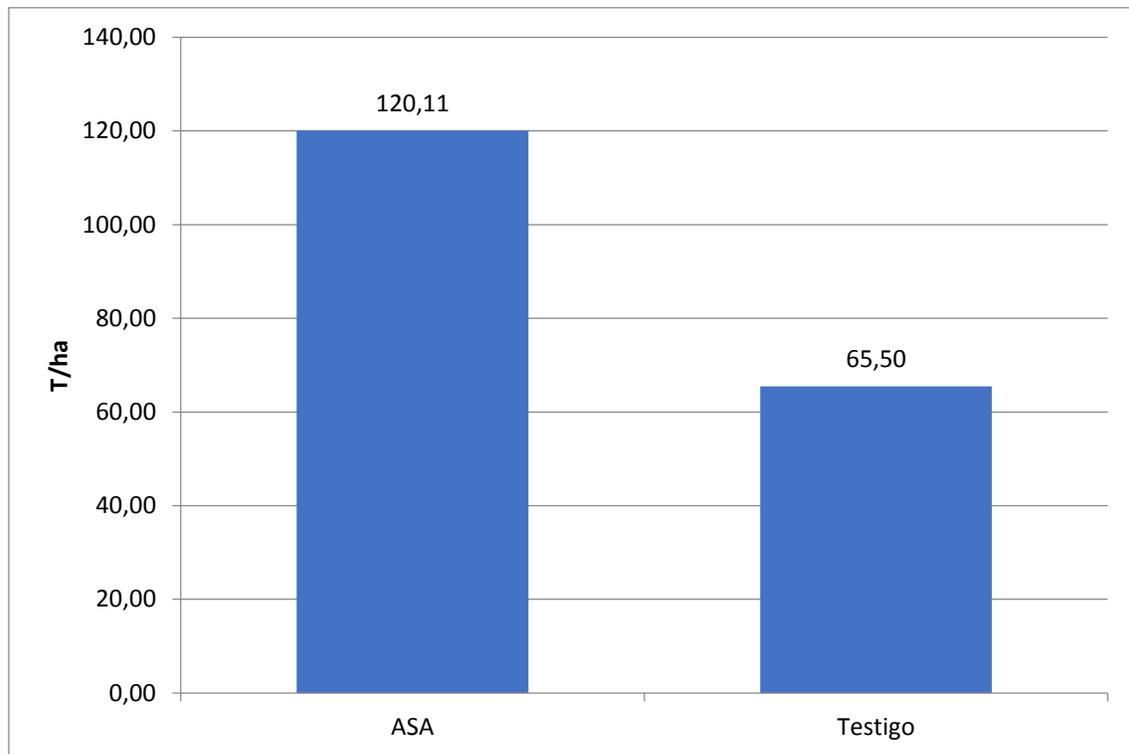
logran infiltrar 20 y 7,43 mm/h más agua en comparación a las parcelas sin cobertura.

1.1.4 Cobertura de suelo

Según Gonzales (S.F), con este sistema se pretende reducir la erosión y controlar las malas hierbas. Se trata de formar una cubierta vegetal con especies concretas o con la vegetación espontánea

En la cobertura del suelo consistió esta investigación, en esta variable existió diferencia como la manejaron los productores, ya que el Productor 1 mantuvo casi el mismo porcentaje de cobertura con 78% del suelo cubierto para la parcela ASA y 75 % para la parcela Testigo. Por otro lado, el Productor 2 cubrió un 100% la parcela ASA y conservó una cobertura del 46% para la parcela Testigo.

Pese a la similitud de la superficie cubierta en ambas parcelas por parte del Productor 1, existió diferencia en el nivel de cobertura de ambas parcelas, como se muestra en el gráfico 15, donde la parcela ASA tuvo 54.6 toneladas más de biomasa seca que la parcela Testigo.

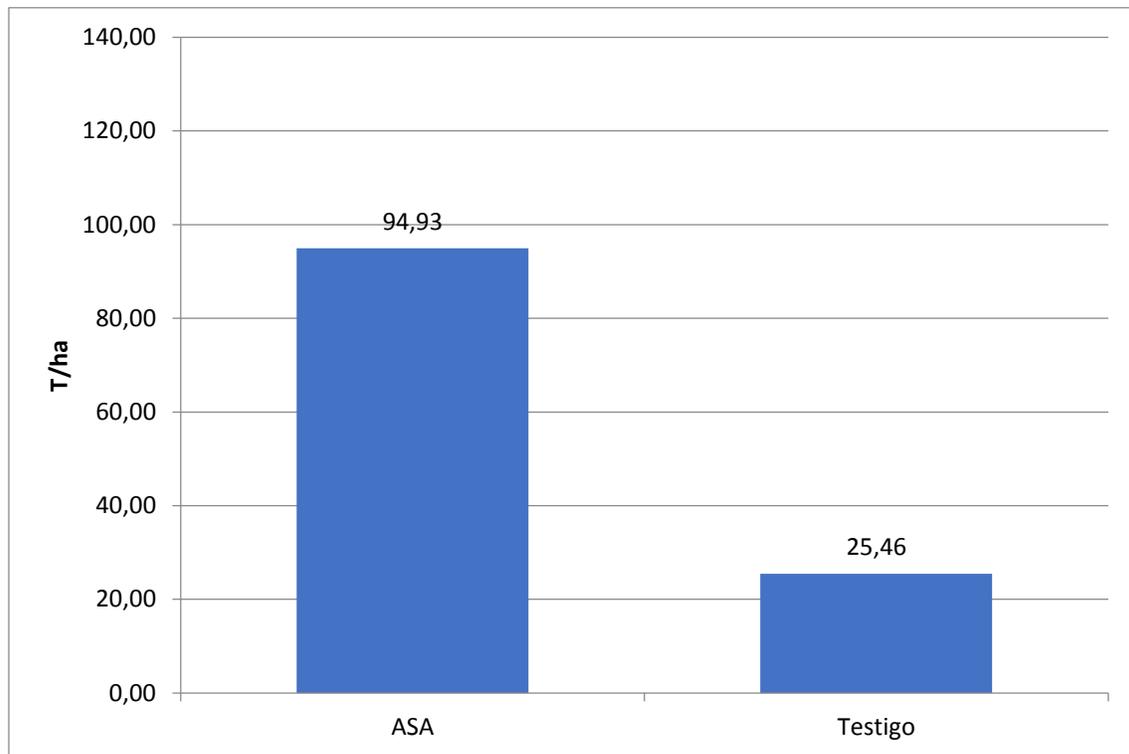


Fuente: Resultados de investigación

Gráfico 15. Biomasa seca en las parcelas del Productor 1

La parcela con cobertura viva del Productor 1 presentó mejores resultados sobre las propiedades físicas del suelo, sin embargo, tuvo un efecto negativo sobre el desarrollo del cultivo, puesto que las plantas en la parcela con 120 t/ha de cobertura mostraron menos área foliar que las plantas en la parcela con 65,5 t/ha.

En el gráfico 16 se muestra el nivel de cobertura en las parcelas ASA y Testigo del Productor 2, mostrando una diferencia de 69.4 toneladas de cobertura entre cada parcela.



Fuente: Resultados de investigación

Gráfico 16. Biomasa seca en las parcelas del Productor 2

En este caso la parcela con 94.93 t/ha de cobertura de rastrojo tuvo mejores resultados en las propiedades del suelo que la parcela con 25.46 t/ha, pero a diferencia del caso Productor 1, la cobertura con rastrojo mostro un efecto positivo en el crecimiento del cultivo.

Se puede observar que las parcelas con más biomasa seca obtuvieron mayor porcentaje de humedad en el suelo, mejor infiltración, mayor cantidad de carbono orgánico, sin embargo, para el Productor 1 el porcentaje de porosidad resulto ser mas alto en la parcela Testigo y el Productor 2 obtuvo una diferencia de 0.50 % de porosidad para la parcela ASA, una diferencia mínima. Esto se le atribuye a la composición de la textura, ya que al gracias al porcentaje de arena los suelos presenta gran cantidad de macro poros. Y la textura de un suelo no se puede cambiar, solamente se mejoran las propiedades de sus partículas.

4.1.4 Beneficios de cobertura de suelo

Según Lorenzo (2011), la cobertura de suelo se basa en el concepto fundamental del manejo integrado del suelo y el agua. Su característica principal es que bajo formas específicas y continuadas de cultivo la regeneración del suelo es más rápida que su degradación, de modo que la intensificación de la producción agrícola es económica, ecológica y socialmente sostenible.

Dentro de ese marco existen muchas cosas que innovar con la agricultura que se maneja en la comunidad de Moyúa, puesto que los productores trabajan de manera convencional, puede notarse con el manejo que se hizo a la plaga que afecto el cultivo, donde se usó un producto residual para su control, y aunque estén al tanto de lo que pasa con el cambio climático y la degradación de los suelos no adoptan una cultura conservacionista.

SOCO (2009), enumera las ventajas de la cobertura de suelo resultan obvias una vez que el sistema se ha estabilizado: aumenta la cantidad de carbono orgánico almacenado en el suelo, la actividad biológica, la biodiversidad por encima y por debajo del suelo y la estructura del suelo, mejoran la infiltración de agua, se reduce enormemente la degradación de los suelos, en particular la erosión y la escorrentía, lo que desemboca frecuentemente en un aumento de los rendimientos, mejora la calidad del agua. Además, se produce una disminución de las emisiones de dióxido de carbono (CO₂), se reducen las necesidades de fertilizantes y las intervenciones de recuperación del suelo.

Cabe destacar que el ecosistema dentro de las parcelas aún no se estabiliza, sin embargo, el uso de la cobertura en tan solo una época de siembra de maíz, a como se venido mencionando ha mejorado las propiedades físicas del suelo debido que la cobertura por si sola hace efecto inmediato sobre el suelo ya que esta retiene por mayor tiempo la humedad y las grietas hechas por las raíces permiten el paso del

agua. Sin embargo, como bien señala SOCO al paso de un trabajo constate el ecosistema se estabilizará y todas las propiedades del suelo serán beneficiadas, así como también se disminuirá la necesidad de insumos externos por lo que los costos reducirán.

Gracias al efecto combinado de las condiciones climáticas y la cobertura de suelos en las parcelas es evidente que las diferencias mostradas en las propiedades físicas del suelo, crecimiento, desarrollo del cultivo y contenido de carbono orgánico del suelo. Debido a que la cobertura tendida sobre la unidad productiva almacenaba la poca humedad de la zona, beneficiando la actividad de la micro biota, la cual es responsable de la descomposición del material orgánico (cobertura).

Los beneficios a las propiedades del suelo de las parcelas productivas del Productor 1 fueron más notables, esto es debido a que la cobertura viva que utilizo mantiene mayor humedad en el suelo y en sus sistemas vasculares, que la cobertura de rastrojo las cuales no contienen humedad en ellas por lo que únicamente prolongan el tiempo del agua presente en el suelo.

Capítulo V

5.1 Conclusiones

AL finalizar el análisis de las variables se concluye:

1. La microcuenca de Moyúa posee un clima tropical seco con altas temperaturas en periodo de verano, presenta una alta humedad relativa, ausencia de precipitaciones en varios meses de la época lluviosa, presenta una velocidad de viento moderada, una alta tasa de evapotranspiración en comparación con la precipitación efectiva.
2. El crecimiento y desarrollo de las plantas de maíz tuvo diferencia significativa por efecto de la cobertura, la cobertura de rastrojo usada por el Productor 2 actuó positivamente en el crecimiento del cultivo de maíz.
3. Se confirmó que en los primeros 10 cm del suelo se encuentra almacenado la mayor cantidad de carbono orgánico, siendo la parcela ASA la que presentó la mayor concentración de carbono orgánico en el suelo en comparación con la parcela Testigo, por lo que se acepta la hipótesis de la investigación.
4. La captura y secuestro de carbono orgánico en el suelo contribuyó a mejorar las propiedades físicas del suelo, como son: humedad del suelo, infiltración básica y Densidad Aparente.

5.2 Sugerencias

Conforme a los resultados los investigadores sugieren:

1. El uso de un sistema de riego focalizado por ser más eficiente en el uso de agua, como estrategia para dotar de agua a los cultivos en los meses en que la evapotranspiración es mayor que las precipitaciones.
2. Promover el uso cobertura de suelos en las parcelas productivas, puesto que la cobertura no tendrá efectos negativos sobre sus cultivos, antes bien coadyuva en la mejora de las propiedades físicas del suelo.
3. Realizar este tipo de investigaciones considerando un lapso mayor de tiempo, de forma que se evalué efectos en el ecosistema como tal.
4. Replicar las investigaciones en distintas zonas para valorar el efecto de la cobertura sobre la captura de carbono orgánico en otras condiciones climáticas.
5. Realizar investigaciones centralizadas en la afectación de plagas y enfermedades en sistemas productivos con uso de cobertura de suelos.

5.3 Bibliografía

- Acosta Florez, J. J., & Tupaz Florez, F. (2007). *"Cuantificación de la captura de carbono por la biomasa aerea de Aliso (Alnus jorullensis H.B.K.) en dos arreglos agroforestales de la granja experimental Botana universidad de Nariño, municipio de pasto, departamento de Nariño"*. Colombia.
- Ayala, M. (2006). *"Evaluación de sembradoras y herramientas para siembra en labranza de conservación de suelos en maíz (zea mays L.) de altura"*. Ibarra- Ecuador.
- Blessing, M., & Hernandez, G. (2009). *"Comportamiento de variables de crecimiento y rendimiento en maíz (Zea mays L.)"*. Managua.
- Cabalceta, G. (2009). *Propiedades Fisicas del suelo*. Costa Rica.
- Camacho, R., Garrido, & Lima, M. (1995). *"Caracterización de nueve genotipos de maíz (zea mays) en relacion a área foliar y coeficiente de extincion de luz"*. Guárico, Venezuela .
- Chavarría, F., Balmaceda, V., & Fargas, M. (2015). *"Caracterización de condiciones agroecológicas y sociales en unidades de producción del sitio Ramsar Moyúa, Ciudad Darío, Matagalpa"*. Matagalpa: LA CALERA.
- CIMMYT, C. I. (2013). *"INFILTRACIÓN Guía útil para comparar las prácticas de manejo de cultivo"*. Mexico.
- Cisneros, R. (2003). *"Apuntes de la materia de Riego y Drenaje"*. Mexico.
- DEFINISTA. (27 de 06 de 2015). *CONCEPTODEFINICIONDE*. Obtenido de *CONCEPTODEFINICIONDE*: <http://conceptodefinicion.de/temperatura/>
- Delgadillo, L. (2010). *"Manual de procedimientos analíticos. Laboratorio de suelos"*. Mexico: UNAM, Universidad Nacional Autonoma de Mexico.
- Educare. (2011). *Revista Electrónica Educare*. Obtenido de Los diseños de método mixto en la investigación en educación: Una experiencia concreta: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=194118804003>
- Facultad de agronomía Universidad de la Republica. (SF). *"Agua en los suelos"*. Uruguay.
- FAO. (2002). *"Captura de carbono de los suelos para un mejor manejo de la tierra"*. Roma.
- FAO. (S.F). *"Agricultura de Conservación"*.
- García, Puppo, Hayashi, & Morales. (S.F). *"Metodología para determinar los parámetros hídricos de un suelo a campo"*.

- Gardi, C; Angelini , M; Barceló, S; Comerma, J; Cruz Gaistardo, C; Encina Rojas, A; Jones, A; Krasilnikov, P; Mendoza Santos Brefin, M L; Montanarella, L; Muñiz Ugarte, O; Schad, P; Vara Rodríguez, P; Vargas, R;. (2014). *"Atlas de suelos de América Latina y el Caribe"*. Luxembourg: Comisión Europea - Oficina de Publicaciones de la Unión Europea, L-2995.
- González, I. (S.F). *"Apuestas por una agricultura sostenible: Laboreo de conservación"*. Valladolid.
- GRUN. (2016). *"Plan de producción, consumo y comercio ciclo 2016-2017"*. Managua.
- Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2003). *"Metodología de la investigación"*. Mexico: Printed in Mexico.
- IICA. (2011). *"Guía Técnica El Cultivo de Maíz"*. San Salvador.
- IMFIA, (. d. (2009). *"Agua en el suelo"*.
- INATEC. (2016). *"Manejo integrado de plagas"*. Managua.
- INTA. (2010). *"Guía Tecnológica Cultivo de Maíz"*. Managua.
- Jiménez Martínez, E., & Rodríguez Flores, O. (2014). *"Insectos Plagas de cultivos en Nicaragua"*. Managua: UNA.
- Ley Nº 217. (1996). *"Ley General del Medio Ambiente y los Recursos Naturales"*. Managua: La Gaceta No. 105.
- Lok, S., Fraga, A., & García, m. (2013). *"Almacenamiento de carbono en el suelo de tres sistemas ganaderos tropicales en explotaciones con ganado vacuno"*. Cuba.
- Lorenzo, D. (2011). *"La agricultura de conservación. Algunas consideraciones sobre laproblemática de su implementación en la región Caribe"*. Cuba.
- Lumbi, L., & Muñoz, C. (2017). *"Efecto de las practicas de agricultura conseracionista sobre la calidad de suelo y rendimiento productivo en el humedal Moyúa, ciudad Darío, matagalpa, segundo semestre, 2016"*. Matagalpa.
- Macías, F., Camps, M., & Rodriguez, L. (2005). *"Alternativas de secuestro de carbono orgánico en suelos y biomasa de Galicia."*. Galicia.
- Ministerio de agricultura y riego. (2014). *El suelo y la cobertura vegetal*. Obtenido de http://agroaldia.minagri.gob.pe/biblioteca/download/pdf/manuales-boletines/suelos/2014/suelo_cobertura.pdf

- Ojeda, A., Stein, M., & López, D. (2009). *"Secuestro de carbono orgánico y cambios de fertilidad en un ultisol de Sabanas en la Amazonía Venezolana"*. Caracas.
- Ordóñez, J., Jong, B., & Masera, O. (2001). *"Almacenamiento de carbono en un bosque de Pinus pseudostrobus en Nuevo San Juan, Michoacán"*. Mexico.
- Portillo, G. (05 de 05 de 2017). *"Meteoreología en red"*. Obtenido de "La importancia de la humedad en meteorología": <https://www.meteorologiaenred.com/la-humedad.html>
- Poveda, V., Orozco, L., Medina, C., Cerda, R., & López, A. (2013). *"Almacenamiento de carbono en sistemas agroforestales de cacao en Waslala, Nicaragua."*
- Ramsar. (18 de 10 de 2011). *Noveno Sitio Ramsar de Nicaragua*. Obtenido de <https://www.ramsar.org/es/nuevas/noveno-sitio-ramsar-de-nicaragua#comment-0>
- Rojas M, J., Muhammad, I., & Andrade, H. (2009). "Secuestro de carbono y uso de agua en sistemas silvopastoriles con especies maderables nativas en el trópico seco de Costa Rica". *Corpoica*.
- Rojas, J. (2012). *"Comparación de metodos de determinación de en ensayo de rotaciones en siembra directa"*. Provincia de Chaco : INTA centro regional Chaco Formosa .
- Sales Dávila, B. (2006). *"Caracateización de la materia orgánica de suelos representativos de ecosistemas Amazónicos del Peru, departamento de Ucayali, e influencia de su uso y manejo en el secuestro de carbono"*. Sevilla.
- Salvatierra, T. (2003). *"Plan de gestión y desarrollo integral en sub cuenca Las Playitas, Moyúa y Tecomapa, de la cuenca del Río Grande de Matagalpa, Municipio de ciudad Darío"*. Managua: Universidad Nacional Autonoma de Nicaragua. UNAN-MANAGUA.
- SOCO. (2009). *"Agricultura de conservación"*.
- Souza, V., Driessnack, M., & Costa, I. (2007). *"Revisión de diseños de investigación resaltantes para enfermería"*.
- UNCCD. (2015). *"El carbono esencial en la tierra"*. Alemania.
- Verhulst, N., François, I., & Govaerts, B. (2015). *"Agricultura de conservación y captura de carbono en el suelo: Entre el mito y la realidad de agricultor."*. D.F.

- Verhulst, N., François, I., & Govaerts, B. (2015). *Agricultura de conservación, ¿mejora la calidad del suelo a fin de obtener sistemas de producción sustentables?* Mexico: CIMMYT.
- Weather Spark. (12 de 01 de 2018). "Weather Spark". Obtenido de <https://es.weatherspark.com/m/14378/10/Tiempo-promedio-en-octubre-en-Ciudad-Dar%C3%ADo-Nicaragua>
- White, H., & Sabarwal, S. (2014). *Diseños y métodos cuasiexperimentales, Síntesis metodológicas: evaluación de impacto n.º 8*. Florencia: Centro de investigaciones INICEF.
- Zambrano, A., Franquis, F., & Infante, A. (2004). *Emisión y captura de carbono en los suelos en ecosistemas forestales*. Kyoto.

ANEXOS

Anexo 1 Hoja de campo



UNIVERSIDAD
NACIONAL
AUTÓNOMA DE
NICARAGUA,
MANAGUA
UNAN - MANAGUA

Managua Facultad Regional Multidisciplinaria, Matagalpa

Somos estudiantes de la UNAN-FAREM-Matagalpa, estamos evaluado el efecto de la cobertura sobre el secuestro y captura del carbono orgánico en el suelo. Para ello estudiaremos las variables: propiedades físicas del suelo, crecimiento y desarrollo del cultivo de maíz y los niveles de cobertura sobre las parcelas.

I. Datos generales del productor

Nombre del productor: _____

Edad: _____ Comunidad: _____

Nombre de la finca: _____ Parcela: _____

Pendiente: _____ % PER: _____ cm Textura: _____

Dap: _____ gr/cm^3 Color en seco: _____ Color en húmedo: _____

II. Porcentaje de la cobertura

Parcela	Muestreo (Transecto)	parte alta			parte media			parte baja		
		1	2	3	1	2	3	1	2	3
Asa	nudos suelos desnudos									
	nudos suelos cobertura									
Testigo	nudos suelos desnudos									
	nudos suelos cobertura									

III. Nivel de cobertura

Parcela	Muestreo (Transecto)	Área muestra	Peso seco de la biomasa (Kg/m ²)
Asa	1		
	2		
	3		
Testigo	1		
	2		
	3		

IV. Crecimiento y desarrollo del cultivo de maíz

Parte parcela	planta	altura de la planta	altura al chilote	altura a la espiga	numero de hojas	área foliar
Alta						
Media						
Baja						

V. Beneficios de la captura y secuestro de carbono

3.1. Infiltración de agua en el suelo

Tiempo	Intervalo entre lecturas (min)	Tiempo acumulado (min)	Altura de la lámina (mm)	Lamina infiltrada (mm)	Infiltración (mm/hr)

3.2. Humedad en el suelo

	Muestras		
Número de muestras	1	2	3
Peso de tara			
Peso de tara + suelo húmedo			
Peso tara + suelo seco			
Peso de agua			
% Contenido de humedad			
Promedio contenido de humedad			
1:parte alta; 2: parte media; 3: parte baja			

Anexo 2 Resultado de análisis de suelo
Productor 1, Parcela ASA, 10 cm de profundidad



LABORATORIOS QUIMICOS, S. A.
LAQUISA

LAQUISA-RT-FM-068-ES

INFORME DE ANÁLISIS

Cliente:	UNAN Managua/CRS	Lugar de muestreo:	No Especificado
Dirección:	De la radio Yes 1 c. al Oeste, Recinto Mariano Fiallos-Matagalpa	Municipio/Depto.:	Ciudad Dario/Matagalpa
Nombre de muestra:	Productor: Tránsito Moreno, ASA, Profundidad: 0-10 cm	Fecha muestreo:	2018/01/13
Descripción muestra:	Suelo	Fecha de realización de ensayo:	2018/01/23-2018/02/02
Fecha ingreso:	2018/01/22	Fecha de emisión:	2018/02/02
Ref. laboratorio:	SU-0180-18	Muestreado por:	Cliente
Número de muestreo:			

Análisis	Unidad	Resultado
Carbono Orgánico	%	3,71

Productor 1, Parcela ASA, 20 cm de profundidad



LABORATORIOS QUIMICOS, S. A.
LAQUISA

LAQUISA-RT-FM-068-ES

INFORME DE ANÁLISIS

Cliente:	UNAN Managua/CRS	Lugar de muestreo:	No Especificado
Dirección:	De la radio Yes 1 c. al Oeste, Recinto Mariano Fiallos-Matagalpa	Municipio/Depto.:	Ciudad Dario/Matagalpa
Nombre de muestra:	Productor: Tránsito Moreno, ASA, Profundidad: 10-20 cm	Fecha muestreo:	2018/01/13
Descripción muestra:	Suelo	Fecha de realización de ensayo:	2018/01/23-2018/02/02
Fecha ingreso:	2018/01/22	Fecha de emisión:	2018/02/02
Ref. laboratorio:	SU-0181-18	Muestreado por:	Cliente
Número de muestreo:			

Análisis	Unidad	Resultado
Carbono Orgánico	%	2,28

Productor 1, Parcela ASA, 30 cm de profundidad



LABORATORIOS QUIMICOS, S. A. LAQUISA

LAQUISA-RT-FM-068-ES

INFORME DE ANÁLISIS

Cliente: UNAN Managua/CRS
Dirección: De la radio Yes 1 c. al Oeste, Recinto Mariano Fiallos-Matagalpa
Nombre de muestra: Productor: Tránsito Moreno, ASA, Profundidad: 20-30 cm
Descripción muestra: Suelo
Fecha ingreso: 2018/01/22
Ref. laboratorio: SU-0182-18
Número de muestreo:

Lugar de muestreo: No Especificado
Municipio/Depto.: Ciudad Dario/Matagalpa
Fecha muestreo: 2018/01/13
Fecha de realización de ensayo: 2018/01/23-2018/02/02
Fecha de emisión: 2018/02/02
Muestreado por: Cliente

Análisis	Unidad	Resultado
Carbono Orgánico	%	1,61

Productor 1, Parcela Testigo, 10 cm de profundidad



LABORATORIOS QUIMICOS, S. A. LAQUISA

LAQUISA-RT-FM-068-ES

INFORME DE ANÁLISIS

Cliente: UNAN Managua/CRS
Dirección: De la radio Yes 1 c. al Oeste, Recinto Mariano Fiallos-Matagalpa
Nombre de muestra: Productor: Tránsito Moreno, Testigo, Profundidad: 0-10 cm
Descripción muestra: Suelo
Fecha ingreso: 2018/01/22
Ref. laboratorio: SU-0183-18
Número de muestreo:

Lugar de muestreo: No Especificado
Municipio/Depto.: Ciudad Dario/Matagalpa
Fecha muestreo: 2018/01/13
Fecha de realización de ensayo: 2018/01/23-2018/02/02
Fecha de emisión: 2018/02/02
Muestreado por: Cliente

Análisis	Unidad	Resultado
Carbono Orgánico	%	3,09

Productor 1, Parcela Testigo, 20 cm de profundidad



LABORATORIOS QUIMICOS, S. A. LAQUISA

LAQUISA-RT-FM-068-ES

INFORME DE ANÁLISIS

Cliente: UNAN Managua/CRS
Dirección: De la radio Yes 1 c. al Oeste, Recinto Mariano Fiallos-Matagalpa
Nombre de muestra: Productor: Tránsito Moreno, Testigo, Profundidad: 10-20 cm
Descripción muestra: Suelo
Fecha ingreso: 2018/01/22
Ref. laboratorio: SU-0184-18
Número de muestreo:

Lugar de muestreo: No Especificado
Municipio/Depto.: Ciudad Dario/Matagalpa
Fecha muestreo: 2018/01/13
Fecha de realización de ensayo: 2018/01/23-2018/02/02
Fecha de emisión: 2018/02/02
Muestreado por: Cliente

Análisis	Unidad	Resultado
Carbono Orgánico	%	2,22

Productor 1, Parcela Testigo, 30 cm de profundidad



LABORATORIOS QUIMICOS, S. A. LAQUISA

LAQUISA-RT-FM-068-ES

INFORME DE ANÁLISIS

Cliente: UNAN Managua/CRS
Dirección: De la radio Yes 1 c. al Oeste, Recinto Mariano Fiallos-Matagalpa
Nombre de muestra: Productor: Tránsito Moreno, Testigo, Profundidad: 20-30 cm
Descripción muestra: Suelo
Fecha ingreso: 2018/01/22
Ref. laboratorio: SU-0185-18
Número de muestreo:

Lugar de muestreo: No Especificado
Municipio/Depto.: Ciudad Dario/Matagalpa
Fecha muestreo: 2018/01/13
Fecha de realización de ensayo: 2018/01/23-2018/02/02
Fecha de emisión: 2018/02/02
Muestreado por: Cliente

Análisis	Unidad	Resultado
Carbono Orgánico	%	1,27

Productor 2: Parcela ASA, 10 cm de profundidad



LABORATORIOS QUIMICOS, S. A. LAQUISA

LAQUISA-RT-FM-068-ES

INFORME DE ANÁLISIS

Cliente: UNAN Managua/CRS
Dirección: De la radio Yes 1 c. al Oeste, Recinto Mariano Fiallos-Matagalpa
Nombre de muestra: Productor: Narciso Moreno, ASA, Profundidad: 0-10 cm
Descripción muestra: Suelo
Fecha ingreso: 2018/01/22
Ref. laboratorio: SU-0186-18
Número de muestreo:

Lugar de muestreo: No Especificado
Municipio/Depto.: Ciudad Dario/Matagalpa
Fecha muestreo: 2018/01/13
Fecha de realización de ensayo: 2018/01/23-2018/02/02
Fecha de emisión: 2018/02/02
Muestreado por: Cliente

Análisis	Unidad	Resultado
Carbono Orgánico	%	2,43

Productor 2: Parcela ASA, 20 cm de profundidad



LABORATORIOS QUIMICOS, S. A. LAQUISA

LAQUISA-RT-FM-068-ES

INFORME DE ANÁLISIS

Cliente: UNAN Managua/CRS
Dirección: De la radio Yes 1 c. al Oeste, Recinto Mariano Fiallos-Matagalpa
Nombre de muestra: Productor: Narciso Moreno, ASA, Profundidad: 10-20 cm
Descripción muestra: Suelo
Fecha ingreso: 2018/01/22
Ref. laboratorio: SU-0187-18
Número de muestreo:

Lugar de muestreo: No Especificado
Municipio/Depto.: Ciudad Dario/Matagalpa
Fecha muestreo: 2018/01/13
Fecha de realización de ensayo: 2018/01/23-2018/02/02
Fecha de emisión: 2018/02/02
Muestreado por: Cliente

Análisis	Unidad	Resultado
Carbono Orgánico	%	1,40

Productor 2: Parcela ASA, 30cm de profundidad



LABORATORIOS QUIMICOS, S. A. LAQUISA

LAQUISA-RT-FM-068-ES

INFORME DE ANÁLISIS

Cliente: UNAN Managua/CRS
Dirección: De la radio Yes 1 c. al Oeste, Recinto Mariano Fiallos-Matagalpa
Nombre de muestra: Productor: Narciso Moreno, ASA, Profundidad: 20-30 cm
Descripción muestra: Suelo
Fecha ingreso: 2018/01/22
Ref. laboratorio: SU-0188-18
Número de muestreo:

Lugar de muestreo: No Especificado
Municipio/Depto.: Ciudad Dario/Matagalpa
Fecha muestreo: 2018/01/13
Fecha de realización de ensayo: 2018/01/23-2018/02/02
Fecha de emisión: 2018/02/02
Muestreado por: Cliente

Análisis	Unidad	Resultado
Carbono Orgánico	%	1,03

Productor 2, Parcela Testigo, 10 cm de profundidad



LABORATORIOS QUIMICOS, S. A. LAQUISA

LAQUISA-RT-FM-068-ES

INFORME DE ANÁLISIS

Cliente: UNAN Managua/CRS
Dirección: De la radio Yes 1 c. al Oeste, Recinto Mariano Fiallos-Matagalpa
Nombre de muestra: Productor: Narciso Moreno, Testigo, Profundidad: 0-10 cm
Descripción muestra: Suelo
Fecha ingreso: 2018/01/22
Ref. laboratorio: SU-0189-18
Número de muestreo:

Lugar de muestreo: No Especificado
Municipio/Depto.: Ciudad Dario/Matagalpa
Fecha muestreo: 2018/01/13
Fecha de realización de ensayo: 2018/01/23-2018/02/02
Fecha de emisión: 2018/02/02
Muestreado por: Cliente

Análisis	Unidad	Resultado
Carbono Orgánico	%	1,99

Productor 2, Parcela Testigo, 20 cm de profundidad



LABORATORIOS QUIMICOS, S. A. LAQUISA

LAQUISA-RT-FM-068-ES

INFORME DE ANÁLISIS

Cliente: UNAN Managua/CRS
Dirección: De la radio Yes 1 c. al Oeste, Recinto Mariano Fiallos-Matagalpa
Nombre de muestra: Productor: Narciso Moreno, Testigo, Profundidad: 10-20 cm
Descripción muestra: Suelo
Fecha ingreso: 2018/01/22
Ref. laboratorio: SU-0190-18
Número de muestreo:

Lugar de muestreo: No Especificado
Municipio/Depto.: Ciudad Dario/Matagalpa
Fecha muestreo: 2018/01/13
Fecha de realización de ensayo: 2018/01/23-2018/02/02
Fecha de emisión: 2018/02/02
Muestreado por: Cliente

Análisis	Unidad	Resultado
Carbono Orgánico	%	1,27

Productor 2, Parcela Testigo, 30 cm de profundidad



LABORATORIOS QUIMICOS, S. A. LAQUISA

LAQUISA-RT-FM-068-ES

INFORME DE ANÁLISIS

Cliente: UNAN Managua/CRS
Dirección: De la radio Yes 1 c. al Oeste, Recinto Mariano Fiallos-Matagalpa
Nombre de muestra: Productor: Narciso Moreno, Testigo, Profundidad: 20-30cm
Descripción muestra: Suelo
Fecha ingreso: 2018/01/22
Ref. laboratorio: SU-0191-18
Número de muestreo:

Lugar de muestreo: No Especificado
Municipio/Depto.: Ciudad Dario/Matagalpa
Fecha muestreo: 2018/01/13
Fecha de realización de ensayo: 2018/01/23-2018/02/02
Fecha de emisión: 2018/02/02
Muestreado por: Cliente

Análisis	Unidad	Resultado
Carbono Orgánico	%	1,12

Anexo 3 Guía Fotográfica

Fotografía 1. Medición de indicadores de crecimiento y desarrollo en las plantas de maíz



Fuente propia, cámara fotográfica

Fotografía 2. Cobertura viva con canavalia (*canavalia ensiformis*) en las parcelas del Productor 1



Fuente propia, cámara fotográfica

Fotografía 1. Afectación de cogollero (*spodoptera frugiperda*)



Fuente propia, cámara fotográfica

Fotografía 2. Cobertura con rastrojos en las parcelas del Productor 2



Fuente propia, cámara fotográfica

Fotografía 3. Taller sobre la importancia del uso de cobertura



Fuente propia, cámara fotográfica

Fotografía 6. Parcelas con cobertura y sin cobertura del Productor 2



Fuente propia, cámara fotográfica