



UNIVERSIDAD  
NACIONAL  
AUTÓNOMA DE  
NICARAGUA,  
MANAGUA  
UNAN-MANAGUA

## Facultad Regional Multidisciplinaria, FAREM-Estelí

Producción de biomasa en agroecosistemas con manejo de agricultura de conservación y convencional; en los municipios de Estelí y Condega, en el año 2019

### Trabajo monográfico para optar

al grado de

### Ingeniero en la Carrera

Ingeniería Ambiental

### Autores

Jesbel Dania González Martínez

Elieth Amanda López Gutiérrez

Yesbel Lisseth Rugama Pinell

### Tutores

M.Sc. Kenny López Benavides

M.Sc. Josué Urrutia Rodríguez

Estelí, Enero 2019



## RESUMEN

Esta investigación se realizó en las comunidades: San Diego del municipio de Condega, El Limón y Moropotente de Estelí, Nicaragua; en el año 2019. Con el objetivo de evaluar la producción de biomasa en agroecosistemas con manejo de agricultura de conservación y convencional como factor formador de materia orgánica, así mismo comparar los volúmenes de biomasa según su origen y construir modelos alométricos para estimar la producción de biomasa. Se recolectaron un total de 180 muestras en los diferentes agroecosistemas de conservación y convencional, adquiridas en las diferentes procedencias, calculándose el peso fresco con el método del cuadrante. Posteriormente se secaron a 105°C por 24 horas seguido se eliminó cualquier porcentaje de humedad usando un desecador por 25 minutos para determinar la correlación entre el peso fresco y el peso seco. En cuanto a la producción de biomasa según el tipo de tecnología no se encontraron diferencias estadísticamente significativas ( $p=0.8466$ ). Se encontraron diferencias significativas en la disponibilidad del tipo de biomasa ( $p = 0.0001$ ), la mayor cobertura se registró en el cultivo de maíz  $145 \pm 8$  (g/m<sup>2</sup>), seguido de la necromasa, arvenses y sorgo. Además, como resultado de producción de biomasa según la procedencia se encontraron diferencias estadísticamente significativas ( $p=0.0001$ ), con la mayor producción de biomasa la comunidad de San Diego. Se estimó la producción de biomasa seca, a través del modelo potencial con mejores ajustes  $“y”=0.6162x + 0.8258$ , modelo significativo ( $p = 0.0001$  y  $R = 0.868$ ). Según los coeficientes de correlación de Pearson nos da como resultado que al utilizar esta ecuación para una predicción tendremos un margen de confiabilidad de 75% y un margen de error del 25%.

**Palabras claves:** Agroecosistemas, Biomasa, Necromasa, Producción, Modelos Alométricos.

## **DEDICATORIA**

Br. Jesbel Dania González Martínez

### **A DIOS**

Al Padre, al Hijo y al Espíritu Santo que son quienes me han ayudado desde siempre, me han dado las fuerzas y la sabiduría para llegar hasta donde hoy estoy.

### **A MI FAMILIA**

A mis padres Denis González y Juana Martínez por ser quienes han estado siempre conmigo apoyándome y han sido el medio de Dios para proveer lo que he necesitado, honro a mis padres por el sacrificio que han hecho por mí. A mis hermanos Gerardo, Yorling, Yelka, Steven, por ser mi apoyo incondicional.

A una persona especial a quien aprecio, estimo y valoro mucho, Aunner Córdoba por ser un compañero, amigo, confidente en todo momento.

### **TUTORES**

Kenny López Benavidez, Josué Urrutia Rodríguez.

Por su enseñanza y por el gran esfuerzo de formar profesionales eficientes.

### **EQUIPO DE TRABAJO**

Yesbel Liseth Rugama Pinell, Elieth Amanda López Gutiérrez.

Por compartir luchas y sacrificios en esta trayectoria.

**Br. Elieth Amanda López Gutiérrez**

**A DIOS**

Por darme sabiduría y fuerza para salir adelante y nunca dejarme de su mano.

**A MIS PADRES**

Santos Luis López y Mercedes Gutiérrez por su apoyo y su esfuerzo incondicional.

**TUTORES**

Kenny López Benavidez, Josué Urrutia Rodríguez  
Por brindarnos su apoyo.

**EQUIPO DE  
TRABAJO**

Yesbel Liseth Rugama Pinell, Jesbel Dania González Martínez  
Por compartir experiencias y esfuerzos.

**Br. Yesbel Liseth Rugama Pinell**

**A DIOS**

Por darme la vida, sabiduría, entendimiento, fortaleza y llenarme de bendiciones todos los días de mi vida.

**A MIS PADRES**

Piedad Pinell y Román Rugama por su amor, cariño y apoyo.

**TUTORES**

Kenny López Benavidez

Josué Urrutia Rodríguez

Jesbel Dania González Martínez, Elieth Amanda López Gutiérrez.

**EQUIPO DE TRABAJO**

Por compartir momentos de sus vidas conmigo y porque juntas estamos logrando llegar hasta el final de nuestras metas.

## **AGRADECIMIENTOS**

Por cada uno de sus aportes a cada una de las personas y entidades que permitieron el desarrollo de esta investigación.

Docentes:

**M.Sc. Kenny López Benavides y M.Sc. Josué Urrutia Rodríguez** por darnos la oportunidad de trabajar a su lado, compartir sus conocimientos, experiencias, consejos, paciencia, esfuerzo, tiempo y dedicación para dirigirnos en este proceso de investigación aun fuera de sus horas laborales.

A la **FAREM - Estelí, UNAN - Managua**; por ser nuestro hogar durante cinco años, y por permitirnos realizar los estudios superiores en la Ing. ambiental. Gritud y respeto.

A los **docentes de la Facultad Regional Multidisciplinaria (FAREM) Estelí**, que en estos últimos cinco años han sido personas claves para que podamos llegar a formarnos como profesionales.

A los productores:

**Daniel Zavala, Alan Adolfo Gutiérrez y Raúl Fuente** por permitirnos el acceso a sus propiedades y tratarnos con esmero, respeto y amabilidad.

## Tabla de contenido

|                                                                                                                     |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| I. INTRODUCCIÓN.....                                                                                                | 10 |
| 1.1 <i>Planteamiento del problema</i> .....                                                                         | 11 |
| 1.2 <i>Antecedentes</i> .....                                                                                       | 11 |
| 1.3 <i>Justificación</i> .....                                                                                      | 12 |
| II. OBJETIVOS .....                                                                                                 | 13 |
| 2.1 <i>GENERAL</i> .....                                                                                            | 13 |
| 2.2 <i>ESPECIFICOS</i> .....                                                                                        | 13 |
| III. MARCO REFERENCIAL .....                                                                                        | 14 |
| 3.1 Generalidades de la biomasa, materia orgánica, carbono orgánico, maíz, sorgo, hortaliza (papas) y arvenses..... | 14 |
| 3.1.1 <i>Conceptos básicos</i> .....                                                                                | 14 |
| 3.1.1.1 Biomasa:.....                                                                                               | 14 |
| 3.1.1.2 Sistemas agrícolas:.....                                                                                    | 14 |
| 3.1.2 <i>Tipos de sistemas de agricultura</i> .....                                                                 | 14 |
| 3.1.2.1 Sistemas de agricultura de conservación:.....                                                               | 14 |
| 3.1.2.2 Sistema de agricultura convencional: .....                                                                  | 14 |
| 3.1.3 <i>Tipos de biomasa</i> .....                                                                                 | 14 |
| 3.1.3.1 <i>Ventajas de la biomasa</i> .....                                                                         | 15 |
| 3.1.3.2 <i>Desventajas de la biomasa</i> .....                                                                      | 15 |
| 3.1.3.3 <i>Características térmicas de la biomasa</i> .....                                                         | 15 |
| 3.1.3.4 Método para determinar la biomasa .....                                                                     | 16 |
| Método del Cuadrante .....                                                                                          | 16 |
| 3.1.4 <i>Materia orgánica</i> .....                                                                                 | 16 |
| 3.1.4.1 <i>Definición</i> .....                                                                                     | 16 |
| 3.1.5 <i>Carbono orgánico</i> .....                                                                                 | 17 |
| 3.1.5.1 <i>Definición</i> .....                                                                                     | 17 |

|       |                                                                                                                            |    |
|-------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 3.1.6 | <i>Importancia del maíz (Zea Mays)</i> .....                                                                               | 17 |
| 3.1.7 | <i>Importancia del sorgo (Sorghum bicolor spp)</i> .....                                                                   | 17 |
| 3.1.8 | <i>Importancia de la Papa (solanum tuberosum)</i> .....                                                                    | 18 |
| 3.1.9 | <i>Arvenses</i> .....                                                                                                      | 18 |
| 3.2   | <i>Modelos alométricos para estimar la producción de biomasa</i> .....                                                     | 19 |
| IV.   | HIPOTESIS DE INVESTIGACION.....                                                                                            | 20 |
| V.    | MATERIALES Y METODOS .....                                                                                                 | 21 |
| 5.1   | <i>Área de estudio</i> .....                                                                                               | 21 |
| 5.1.1 | <i>Descripción edafoclimáticas del municipio de Estelí</i> .....                                                           | 21 |
| 5.1.2 | <i>Descripción edafoclimáticas de Mirafior Moropotenté (Estelí)</i> .....                                                  | 21 |
| 5.1.3 | <i>Descripción edafoclimáticas del municipio de Condega</i> .....                                                          | 22 |
| 5.2   | <i>Tipo de estudio</i> .....                                                                                               | 22 |
| 5.3   | <i>Población y muestra</i> .....                                                                                           | 22 |
| 5.4   | <i>Tipo de muestreo</i> .....                                                                                              | 23 |
| 5.5   | <i>Matriz de operacionalización de variables e indicadores</i> .....                                                       | 23 |
| 5.6   | <i>Etapas generales del proceso de investigación</i> .....                                                                 | 24 |
| 5.6.1 | <i>Etapas de gabinete inicial:</i> .....                                                                                   | 24 |
| 5.6.2 | <i>Etapas de campo:</i> .....                                                                                              | 24 |
| 5.6.3 | <i>Etapas de Gabinete final:</i> .....                                                                                     | 25 |
| 5.7   | <i>Diseño Experimental</i> .....                                                                                           | 25 |
| VI.   | Resultados y Discusión.....                                                                                                | 26 |
| 6.1   | <i>Disponibilidad de la biomasa superficial en función al tipo de agroecosistemas (Conservación y convencional)</i> . .... | 26 |
| 6.2   | <i>Producción de la biomasa superficial en función al tipo de cultivo (Maíz, Necromasa, Arvenses y sorgo)</i> . ....       | 27 |
| 6.3   | <i>Producción de la biomasa superficial según la procedencia (San Diego/Condega, El Limón y Moropotenté/Estelí)</i> . .... | 29 |



|                                                                                       |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 6.4 Relación entre peso fresco y seco de la biomasa a través de modelos lineales..... | 30 |
| VII. CONCLUSIONES .....                                                               | 33 |
| VIII. RECOMENDACIONES.....                                                            | 34 |
| IX. BIBLIOGRAFÍAS.....                                                                | 35 |
| X. ANEXOS .....                                                                       | 38 |

## I. INTRODUCCIÓN

El suelo es la capa superior de la tierra en donde se desarrollan las raíces de las plantas, esta capa es un gran depósito de agua y alimentos del que las plantas toman las cantidades necesarias para crecer y producir cosechas. La fertilidad del suelo es la capacidad de mantener el suministro de nutrientes, la vida microbiana del suelo y la complejidad física estructural del suelo en el largo plazo. Para conservar la fertilidad del suelo es preciso evitar pérdidas del suelo por erosión (protección), poner en práctica la rotación de cultivos, mantenimiento de la materia orgánica y una alta actividad biológica, protección del suelo y en el manejo de los cultivos (Villasanti, 2013).

El suelo produce el 95% de los alimentos que se consumen en el mundo y provee un número grande de servicios ecosistémicos que son invisibles y que la gente no valora. Por eso, la FAO impulsa que los gobiernos inviertan más en investigar sobre su uso sostenible, ya que un suelo con bajo contenido de materia orgánica, pierde sus propiedades físicas, químicas y biológicas, provocando el incremento de su compactación, pérdida de fertilidad y de nutrientes, disminución de la actividad biológica y aumento en las emisiones de gases de efecto invernadero (Díaz, 2017).

Los suelos sirven de sustrato para una amplia variedad de plantas, animales y microorganismos que contribuyen a crear un medio que resulta básico para la producción primaria de los ecosistemas terrestres. Así aportan aire, agua y nutrientes para las plantas. El suelo recibe una gran cantidad de restos orgánicos de distinto origen, entre éstos, restos de las plantas superiores que llegan al suelo de dos maneras: se depositan en la superficie (hojas, ramas, flores, frutos) o quedan directamente en la masa del suelo (raíces al morir).

La adición de materia orgánica al suelo al modo tradicional, en forma de residuos orgánicos generados en las propias explotaciones agrícolas, a fin de mejorar la fertilidad del mismo y restituir los elementos nutritivos extraídos por los cultivos, ha ido perdiendo importancia al buscarse mayores rendimientos de producción. De este modo se han ido sustituyendo los aportes orgánicos por fertilizantes minerales, produciendo la ruptura del frágil equilibrio de los suelos agrícolas y provocando una pérdida de la calidad biológica (Tortosa, 2009).

Debido a la importancia que tiene el suelo para la supervivencia del ser humano con esta investigación se pretendía evaluar la producción de biomasa de cultivos y arvenses en parcelas de agricultura de conservación y convencional como factor formador de materia orgánica, a fin de mejorar la fertilidad de los agroecosistemas.

## **1.1 Planteamiento del problema**

Tomando en cuenta que en la actualidad la agricultura tiene como base la maximización de la producción y de la ganancia con una columna vertebral estructurada por la labranza intensiva, monocultivo, irrigación, aplicación de fertilizantes inorgánicos, control de plagas y la manipulación genética de los cultivos en donde el suelo se convierte simplemente en el medio o sustrato donde las raíces crecen lo que permite influenciar negativamente al suelo promoviendo el descalabro en la estructura en los suelos por efecto del mal laboreo que tiene como productos la compactación en suelos llanos, la pérdida de la capa arable por el cultivar en suelos con pendientes pronunciadas (cultivos en ladera).

Esto conlleva a la pérdida de porosidad (macroporos y microporos) del suelo, evitando que el agua se movilice libremente y se retenga e inmovilice el tan apreciado líquido en el suelo. Esto puede tener un efecto en la penetración de las raíces a mayores profundidades lo cual hace que los nutrientes no se muevan libremente por la matriz y a mayores profundidades en los suelos.

Acompañando a lo anteriormente descrito tenemos que la disminución de la materia orgánica hace imposible que la estructura del suelo se reorganice por la falta de necromasa que alimenta a los macros, meso y microorganismos ingenieros de suelos los cuales moviliza los nutrientes, construyen macroporos y microporos lo que estimulan de manera decisoria la movilidad de aires, agua y nutrientes en este medio, esto puede conllevar a la baja producción en cada una de estas parcelas. Esta baja productividad puede tener como punto crucial la seguridad alimentaria y aumento de las pérdidas económicas, lo cual desmotiva al productor induciéndolo a la agricultura de subsistencia.

## **1.2 Antecedentes**

Actualmente, el área de suelo cultivada en el mundo ha sido muy degradada. Los cultivos requieren insumos en cantidades siempre mayores para mantener los rendimientos. La agricultura de conservación es un sistema de producción caracterizado por la maximización a corto plazo de la producción del cultivo así como por la potencial sustentabilidad a largo plazo. Todavía se deben abordar brechas importantes si se va a usar la agricultura de conservación como una estrategia para la captura de carbono.

Para el mundo en desarrollo y la mayoría de las áreas tropicales y subtropicales, falta información acerca de la influencia de la labranza y la rotación de cultivos sobre el almacenamiento del carbono. La mayoría de los estudios se han realizado a nivel de parcela, y se requiere más investigación holística a nivel de explotación agrícola, incluidas las limitantes del agroecosistema, así como los presupuestos totales de la captura de carbono en el ámbito regional y global (Verhulst, Isabelle, & Bram, 2015).

El secuestro del carbono es una posibilidad de ingreso adicional para productores rurales, aun cuando mercados y mecanismos que operan son todavía emergentes. Los sistemas de vegetación (naturales, forestales inducidos y agrícolas) tienen capacidad de capturar y secuestrar carbono. Sin embargo el carbono que se captura y almacena en la parte subterránea de los ecosistemas terrestres no ha sido considerado como un mecanismo de secuestro por los diseñadores de las políticas sobre el cambio climático, a diferencia de la parte aérea. Sin embargo, casi 75% del carbono de los ecosistemas se encuentran en el suelo, como biomasa de raíces o en formas estables como compuestos geoquímicos (Acosta, Quednow, Etchevers, & Monreal, 2001).

Según Zimdahl (1980), son pocas las arvenses que usualmente no afectan el rendimiento de los cultivos; no obstante, existen densidades de población de estas que pueden tolerarse en los mismos que se disminuyen significativamente los rendimientos, Dew (1972) fue el primero en introducir el concepto de clasificación de las arvenses según su competitividad; sin embargo, el término índice de competencia fue usado por Grime (1979) en comunidades de plantas silvestres para calificar el éxito de varias especies de plantas cuando crecen compitiendo con una u otras.

Por otra parte se realizó un estudio donde se evaluó la dinámica de la biomasa y materia orgánica en sistemas de agricultura de conservación, convencional y bosque en los municipios de Estelí y Condega en el año 2017, se recolectaron 216 muestras de biomasa y 72 de materia orgánica en los diferentes agroecosistemas y bosque, comprendida en un amplio intervalo de tiempo durante 4 meses en las cuales se adquirieron en las diferentes procedencias. En la disponibilidad de biomasa superficial se encontraron diferencias significativas ( $p= 0.0004$ ) entre los periodos de 4 meses, es decir, que la disponibilidad de biomasa es diferente en cada uno de los sitios de estudio (Alfaro, Urrutia, & Pinell, 2017).

### **1.3 Justificación**

Los esfuerzos humanos para producir cantidades cada vez mayores de alimentos dejan su marca en el ambiente. El uso persistente de prácticas agrícolas convencionales con base en la labranza extensiva, especialmente cuando se combinan con el retiro o quema de los residuos del cultivo, han magnificado las pérdidas por erosión del suelo y el recurso suelo se ha degradado constantemente. En la actualidad, se ha empezado a entender que la agricultura no solo debe tener una alta productividad, sino también ser sustentable.

Las actividades agrícolas afectan principalmente la reserva de carbono orgánico en el suelo. La degradación del carbono en el suelo lleva a

importantes pérdidas en la calidad del suelo y representa una amenaza para los sistemas de producción agrícola y seguridad alimentaria. Se está tratando de volver la fertilidad y restaurar los suelos por lo tanto las consideraciones éticas irían en un todo positivo en el cual estamos protegiendo la madre tierra, en la lucha contra los factores adversos que las han degradado.

Con esta investigación se pretende evaluar si el manejo convencional o el de conservación es quien me aporta mayor biomasa al suelo como un factor importante en la fertilidad de los agroecosistemas, a la vez identificar y comparar los lugares donde se estableció el experimento (Estelí y Condega), según el tipo de cultivo (Maíz, sorgo, papa y arvenses) en ambas tecnologías.

## **II. OBJETIVOS**

### **2.1 GENERAL**

Evaluar la producción de biomasa de cultivos y arvenses en parcelas de agricultura de conservación y convencional como factor formador de materia orgánica, a fin de mejorar la fertilidad de los agroecosistemas.

### **2.2 ESPECIFICOS**

- 2.1.1** Comparar los volúmenes de biomasa según su origen y de acuerdo al tipo de cultivo y aporte por la presencia de arvense.
- 2.1.2** Construir modelos alométricos para estimar la producción de biomasa en agroecosistemas con manejo convencional y de conservación.

### **III. MARCO REFERENCIAL**

#### **3.1 Generalidades de la biomasa, materia orgánica, carbono orgánico, maíz, sorgo, hortaliza (papas) y arvenses.**

##### **3.1.1 Conceptos básicos**

**3.1.1.1 Biomasa:** Materia orgánica que se genera a través de un proceso biológico (ya sea inducido o espontáneo), ya que puede emplearse para producir energía. Por otra parte, biomasa es la totalidad de la materia de los organismos que habitan en un cierto lugar. (Pérez & Merino, 2016)

##### **3.1.1.2 Sistemas agrícolas:**

Los sistemas agrícolas son ecosistemas situados entre los ecosistemas naturales y los urbanos o artificiales. Al igual que en los naturales, su funcionamiento depende de la energía solar, pero reciben una energía auxiliar procedente del esfuerzo humano y de sus animales o de los combustibles fósiles (Alfaro, Urrutia, & Pinell, 2017).

##### **3.1.2 Tipos de sistemas de agricultura**

###### **3.1.2.1 Sistemas de agricultura de conservación:**

Sistema de prácticas agrarias basadas en la menor alteración posible del suelo y en el mantenimiento de una cobertura de restos vegetales. Comprende una serie de técnicas que tienen como objetivo fundamental conservar, mejorar y hacer un uso más eficiente de los recursos naturales mediante un manejo integrado del suelo, agua, agentes biológicos e insumos externos (Hernández, 2015).

###### **3.1.2.2 Sistema de agricultura convencional:**

Sistema de producción agropecuaria basado en el alto consumo de insumos externos al sistema productivo natural, como energía fósil, abonos químicos sintéticos y pesticidas. La agricultura convencional no toma en cuenta el medio ambiente, sus ciclos naturales, ni el uso racional y sostenible de los recursos naturales (Hernández, 2015).

##### **3.1.3 Tipos de biomasa**

- Residuos forestales
- Residuos agrícolas leñosos
- Residuos agrícolas herbáceos
- Residuos industriales forestales y agrícolas

- Cultivos energéticos

### **3.1.3.1 Ventajas de la biomasa**

- La biomasa es una fuente renovable de energía y su uso no contribuye al calentamiento global.
- Los combustibles de biomasa tiene un contenido insignificante de azufre y por lo tanto no contribuye a las emisiones de dióxido de azufre que causan la lluvia acida.
- La combustión de biomasa produce generalmente menos ceniza que la combustión del carbón, y la ceniza producida se puede utilizar como completo del suelo para reciclar compuestos como fosforo y potasio.
- Disminuye la dependencia externa del abastecimiento de combustibles.
- Existe gran excedente de biomasa.
- Ayuda a evitar incendios forestales, la limpieza de los montes mejora con las necesidades de la biomasa.

### **3.1.3.2 Desventajas de la biomasa**

- El mal uso de biomasa puede promover la deforestación de los bosques y la destrucción de los hábitats naturales.
- todavía existen dificultades para mantener transporte y almacenamiento de la biomasa sólida.
- Tiene mayor coste de producción frente a la energía que proviene de combustibles fósiles.
- Necesidad de acondicionamiento o transformación para su utilización.

### **3.1.3.3 Características térmicas de la biomasa**

- Es muy abundante, pero requiere un sistema de logísticas y tratamiento previo para su utilización.
- Se utiliza como combustible de usos térmicos en el sector industrial, para producción de aire y agua caliente y de vapor.
- Se emplea en el sector doméstico como combustible para cocina (utilización principal en los países en vías de desarrollo) y para la producción de calefacción y agua sanitaria

- Las aplicaciones térmicas de la biomasa sólida en el sector doméstico son hoy en día competitivas con el gasóleo e incluso con el gas natural.
- La producción de electricidad a partir de biomasa sólida no es competitiva en la situación actual con la producida de fuentes no renovable, pero es aprovechable en procesos de cogeneración.

### 3.1.3.4 Método para determinar la biomasa

#### Método del Cuadrante

El método del cuadrante es una de las formas más comunes de muestreo de vegetación. El método consiste en colocar un cuadrado sobre la vegetación, para determinar la densidad, cobertura y frecuencia de las plantas.

El tamaño del cuadrante está inversamente relacionado con la facilidad y velocidad de muestreo. El tamaño del cuadrante, también, depende



**Figura 1.** Forma de muestrear la vegetación por el método de cuadrantes.

de la forma de vida y de la densidad de los individuos. Para muestrear vegetación herbácea, el tamaño del cuadrante puede ser de 1 m<sup>2</sup> (1x1m); el mismo tamaño se utiliza para muestrear las plántulas de especies arbóreas.

Para muestrear bejucos o arbustos, el tamaño puede ser de 4 m<sup>2</sup> o 16 m<sup>2</sup>. Para árboles (mayor a 10 cm DAP), los cuadrantes pueden ser de 25 m<sup>2</sup> o 100 m<sup>2</sup>. El tamaño de los cuadrantes depende de la densidad de las plantas a medirse; para refinar el tamaño adecuado, es necesario realizar pre-muestreos, ya que, de no ser así, habrá muchas parcelas con ausencia de individuos o, al contrario, se tendrán cuadrantes en los que se utilizará mucho tiempo. En el Figura 1 se presenta un ejemplo de la forma de tomar datos, ya sea con el método de cuadrantes o con el método de transecto (Alfaro, Urrutia, & Pinell, 2017).

### 3.1.4 Materia orgánica

#### 3.1.4.1 Definición

Componente orgánico del suelo agrupa varios componentes que varía en proporción y estado. La materia orgánica está compuesta por residuos



animales o vegetales. Se trata de sustancias que suelen encontrarse en el suelo y que contribuyen a su fertilidad (Hernández, 2015).

### **3.1.5 Carbono orgánico**

#### **3.1.5.1 Definición**

Es el componente principal de la materia orgánica del suelo, es importante por sus contribuciones de alimentos, la mitigación y adaptación al cambio climático. En dicho sentido, el desgaste del carbono de los suelos se ha producido principalmente por efectos de la erosión, oxidación del carbono por laboreo intensivo, quema de rastrojos y ausencia de microorganismos orgánicos que intervengan en el desarrollo de la vida química del suelo (Alcantara, 2017).

La biomasa es importante para cuantificar la cantidad de nutrientes en diferentes partes de las plantas y estratos de la vegetación, permite comparar distintos tipos de especies o vegetación o comparar especies o vegetación similares en diferentes sitios. Además, la cuantificación de la biomasa y el crecimiento de la vegetación en los ecosistemas son críticos para la estimación de fijación de carbono, un tema relevante por sus implicaciones en relación al cambio climático (Fonseca, Alice, & Rey, 2009).

#### **3.1.6 Importancia del maíz (*Zea Mays*)**

Es una planta más domestica evolucionada del reino vegetal, el maíz es un cultivo que se puede sembrar todo el año en cinco épocas de siembra; primera, postrera, apante y riego. Es una gramínea anual, robusta, de crecimiento determinado de 1 a 5 m de altura, de un solo tallo dominante, es una planta monocotiledónea, es de mayor variabilidad genética y adaptabilidad ambiental.

En las diferentes parcelas donde se establezca el maíz se debe realizar obras de conservación de suelo y agua para disminuir el efecto de la erosión y contribuir a la retención de agua. Algunas medidas son; curvas a nivel, barreras muertas, barreras vivas y diques de contención (INTA, 2010).

#### **3.1.7 Importancia del sorgo (*Sorghum bicolor spp*)**

El sorgo (*Sorghum spp.*) es un género de poáceas oriundas de las regiones tropicales y subtropicales de África oriental. Se cultivan en su zona de origen; en Europa, América y Asia como cereal para consumo humano y animal (en la producción de forraje), y para la elaboración de bebidas alcohólicas y escobas. Su resistencia a la sequía y al calor lo hace un cultivo importante en regiones semiáridas, y es uno de los cultivos más importantes del mundo.

Los residuos de cosechas sirven como cobertor del suelo (mulch) proporciona cama para los animales, constituye materia prima para la producción de

compost y su incorporación al suelo, mejora las propiedades físicas y químicas del mismo.

Es un cultivo tolerante a la salinidad y está recomendado para recuperación de suelos salinos, es muy apropiado para reducir las poblaciones de nematodos es una magnífica planta para la rotación con la mayoría de los cultivos económicos, constituye materia prima para la producción de compost y su incorporación al suelo mejora las propiedades física y químicas del suelo. (Aposta, Caballero, & Reyes, 2016)

### **3.1.8 Importancia de la Papa (*solanum tuberosum*)**

Es un tubérculo comestible de origen nativo de las regiones montañosas de los andes, en América del Sur, en la actualidad es un alimento básico a nivel internacional, contiene minerales ricos en potasio, calcio, hierro y fósforo.

Contiene vitaminas que poseen grandes cantidades de vitamina C, así como la vitamina A, vitamina B. es una planta que tiene gran adaptación y se da bien sin que el suelo ni las condiciones de cultivo sean ideales, requiere gran preparación del suelo, deben mantener un contenido de humedad relativamente elevado. La papa prospera con la aplicación de abono orgánico al inicio de cada una nueva rotación, porque mantiene un buen equilibrio de nutrientes y mantiene la estructura del suelo. (FAO, 2008).

### **3.1.9 Arvenses**

Es deseable cambiar el nombre tradicional de “control de malezas” a “manejo de especie competidoras” para modificar el modo de estas plantas y ubicar en un enfoque biológico, ecológico y agroeconómico más acorde con los principios del manejo integrado de plagas.

El grado de éxito que tiene el manejo integrado de las especies competidoras dependerá de los conocimientos del productor sobre las prácticas apropiadas. La investigación y el desarrollo de alternativas de manejo más amigables del ambiente, así como la capacitación y consulta permanente dirigida hacia técnicos, productores y profesionales.

Tradicionalmente las plantas competidoras han sido consideradas como elementos negativos en los agroecosistemas debido a que compiten con el cultivo por espacio, luz, nutrientes y humedad; sin embargo en los últimos años se ha tratado demostrar las bondades de las especies competidoras y sus efectos positivos como propiedades insecticidas o repelentes a los insectos que posee que algunas de estas especies y ayudan a la conservación del suelo (cobertura).

El uso de cobertura se ha dirigido en forma predominante al cultivo de las leguminosas con lo que se corre el riesgo de crear monocultivos de otros y del largo plazo, podría provocar desbalance en los agroecosistemas, esta situación

hace necesario considerar otras alternativas para promover la presencia de especies competidoras que no interfieran con los cultivos en forma significativa si no que puedan convivir con los cultivos sin afectar su cosecha (Alfaro, 2002).

### **3.2 Modelos alométricos para estimar la producción de biomasa**

El objetivo de la evaluación de modelos es seleccionar aquellos que presenten el mejor balance entre la capacidad y ajuste de los datos y su complejidad. Modelos con un mayor número de parámetros tienden a ajustar mejor una base de datos, no obstante tienden hacer más inestables y a modelar la variabilidad de esos datos más que su tendencia (Alvarez, 2008).

Los modelos alométricos han sido una valiosa herramienta para predecir el crecimiento de la biomasa de diversas especies de árboles; sin embargo, dichos modelos han sido construidos para muy pocas especies. Son ecuaciones matemáticas que permiten estimar el volumen, biomasa o el carbono en función de variables de fácil medición. Ayudan estimar el almacenamiento de carbono por medio de volúmenes de biomasa y carbono (Aristizábal, 2011).

### **3.3 DEFINICION DE TERMINOS BASICOS**

**Maíz:** Planta cereal de tallo macizo, recto y largo, hojas grandes, alargadas y alternas, flores masculinas agrupadas en racimo y femeninas agrupadas en mazorcas que reúnen hasta un millar de semillas dispuestas sobre un núcleo duro.

**Sorgo:** Grano que se utiliza para consumo humano y animal, para la elaboración de bebidas alcohólicas y escobas. También de harina de sorgo sola o en harinas compuestas para la fabricación de galletas y panes.

**Hortalizas:** Conjunto de plantas que se consumen como alimento, ya sea de forma cruda o preparadas culinariamente, y que incluyen las verduras y las legumbres.

**Papas:** Es una hortaliza de la especie de planta herbácea de la familia de las solanáceas. Es una planta que tiene una gran capacidad de adaptación y se da bien sin que el suelo ni las condiciones de cultivo sean ideales. Sin embargo, también es víctima de una serie de plagas y enfermedades.

**Arvenses:** Se denomina maleza, mala hierba, yuyo, planta arvense, monte o planta indeseable a cualquier especie vegetal que crece de forma silvestre en una zona cultivada o controlada por el ser humano.

**Necromasa:** Parte de la biomasa de un ecosistema formada por los cadáveres y órganos muertos, en ocasiones unidos a un a los seres vivos, como es el caso de las ramas, hojas e inflorescencias muertas.

**Microporos:** Son poros capilares y están asociados con la retención de la humedad. Son extremadamente en el movimiento del agua, infiltración, percolación y drenaje y además proveen espacio para el crecimiento de las raíces.

**Macroporos:** Cualquier poro lo suficientemente ancho como para permitir que el agua fluya sin obstáculos por capilaridad.

#### **IV. HIPOTESIS DE INVESTIGACION**

Hi: Los volúmenes disponibles de biomasa superficial de acuerdo al tipo de cultivo, necromasa y aporte por la presencia de arvenses, es mayor en sistema agricultura de conservación en relación al sistema de agricultura de convencional.

Hi: El modelo alométrico de regresión lineal estima una mayor significancia de producción de biomasa en relación al peso seco y peso fresco, en comparación a los modelos potencial, logarítmico y exponencial.

## V. MATERIALES Y METODOS

### 5.1 Área de estudio

Esta investigación se realizó en comunidades de los municipios de Estelí y Condega. En sistemas de agricultura de conservación y convencional.

#### Descripción de las áreas de estudio

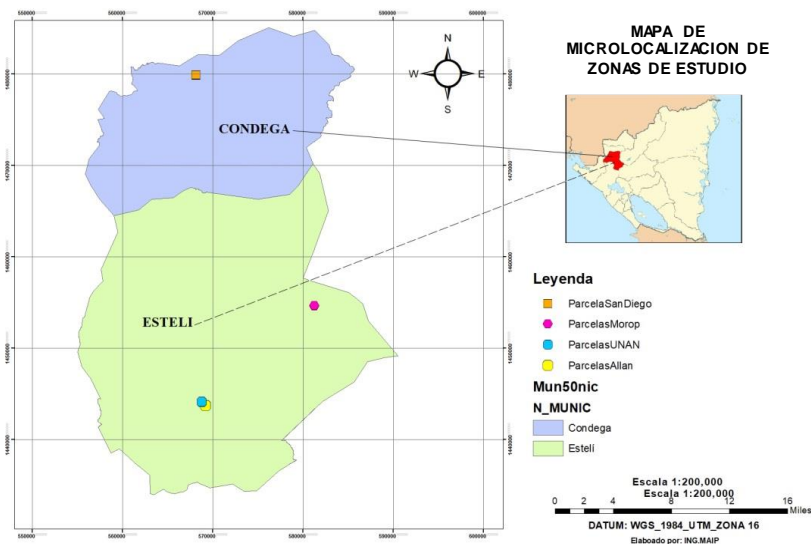


Figura 2. Mapa de la ubicación de los diferentes sitios de estudio en los municipios de Condega y Estelí

#### 5.1.1 Descripción edafoclimáticas del municipio de Estelí

La investigación se realizó en la Estación Experimental para el Estudio del Trópico Seco “El Limón”, adscrita a la UNAN-Managua/FAREM- Estelí y se la encuentra aproximadamente a 1.5 km al suroeste de la ciudad de Estelí, su ubicación geográfica se encuentra entre las coordenadas UTM X: 0568720 Y: 1443777. La estación experimental tiene una cota altitudinal que varía de 800 - 884 m.s.n.m. con temperaturas promedio anual de 25°C y una precipitación media anual que oscila entre 800-900mm entre los meses de mayo y octubre, y con un periodo canicular de julio a agosto. Este sector pertenece al bosque seco tropical.

La Estación está ubicada dentro de la zona de amortiguamiento de área protegida El Tisey- La Estanzuela (Mora, 2011).

#### 5.1.2 Descripción edafoclimáticas de Miraflo Moropotente (Estelí)

La investigación se realizó en la comunidad Moropotente Miraflo perteneciente a la ciudad de Estelí entre las coordenadas UTM(X: 575767 Y: 1438952) con una cota altitudinal 900 m.s.n.m. Esta comunidad está ubicado 27 km de la ciudad de Estelí, con temperaturas que oscilan entre los 23° y 24°C. Presenta precipitaciones que varían entre 1200 y 1600 mm al año. Se

aprecian tres tipos de climas distintos; secos en la zona baja, intermedia y húmeda (Bolaños, 2015).

### **5.1.3 Descripción edafoclimáticas del municipio de Condega**

La investigación se realizó en la comunidad de San Diego perteneciente al municipio de Condega entre las coordenadas UTM (X: 568568 Y: 1480128). Con una cota altitudinal de 550 m.s.n.m. Esta comunidad está ubicada a 5.5 km salida noreste del municipio de Condega en el departamento de Estelí, presenta un clima de sabana tropical que tiene sus variaciones según su altitud. La zona presenta una precipitación promedio anual de 800-900 mm por lo que se caracteriza por zona seca, sin embargo se observan diferencias en su distribución anual. En Condega la temperatura media anual es de 24.6°C.

El área se caracteriza por presentar un relieve muy accidentado con diferencias marcadas en altitud y diversidad de sistemas terrestres, posee un suelo franco arcilloso (Becerra, 2017).

### **5.2 Tipo de estudio**

Según su enfoque filosófico se considera del tipo cuantitativo porque el objeto de estudio se cuantificó a través de mediciones de las variables de interés en biomasa en los diferentes tipos de tecnologías (conservación y convencional). Se utilizó el método observacional no experimental, el cual consiste en el escaso o nula manipulación de la variable independiente.

Según el nivel de profundidad es una investigación correlacional, porque se hacen análisis de datos entre dos variables dependiente e independiente puesto que se determinó la producción de biomasa en cultivos, arvenses y necromasa, en relación al peso fresco y peso seco. También es explicativo porque busca a explicar las causas y efectos que se determinaron del fenómeno objeto de estudio.

Esta investigación responde a la estrategia de la Protección de la Madre Tierra, Adaptación ante el Cambio Climático y Gestión Integral de Riesgo ante Desastre, contenida en el Plan Nacional de Desarrollo Humano de Nicaragua (PNDH, 2012- 2016). Además, responde a la línea de investigación de “Agroecología” de la Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua (UNAN-Managua) / Facultad Regional Multidisciplinaria (FAREM-Estelí) / Estación Experimental para el estudio del trópico seco “El Limón” (PNDH, 2012).

### **5.3 Población y muestra**

La población corresponde a 37 parcelas establecidas por el proyecto de Agua, Suelo y Agricultura (ASA), en los municipios de Estelí y Condega (Alfaro, Urrutia, & Pinell, 2017). De las cuales se seleccionaron una muestra de 8 parcelas y se tomaron 3 réplicas por gradiente (parte alta, media y baja).

**Tabla 1.** Población y muestra

| Poblacion y Muestra |         |             |                               |                              |                                   |                             |                        |                       |
|---------------------|---------|-------------|-------------------------------|------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------|------------------------|-----------------------|
| Población           | Muestra | Lugar       | Numero de parcelas trabajadas | Material Vegetal             | Total de sub muestra por parcelas | Tipo de manejo              | Replicas por gradiente | Total de sub muestras |
| 37                  | 8       | Moropotente | 2                             | Arvenes y Necromasa          | 36                                | Conservacion y convencional | 3                      | 180                   |
|                     |         | El Limón    | 4                             | Cultivo, Arvenes y Necromasa | 108                               | conservacion y Convencional | 3                      |                       |
|                     |         | San Diego   | 2                             | Necromasa y Arvenes          | 36                                | Conservacion y convencional | 3                      |                       |

### 5.4 Tipo de muestreo

El muestreo es no probabilístico intencionado (por conveniencia) ya que las muestras se recogieron en un proceso que no brinda a todos los individuos de la población iguales oportunidades de ser seleccionados, esto se hizo en función de la accesibilidad y criterio personal e intencional.

### 5.5 Matriz de operacionalización de variables e indicadores

**Tabla 2.** Variables e indicadores

| Objetivo General                                                                                                                                                                                                   | Objetivo Especifico                                                                                                               | Variables independientes                                                                                                                         | Indicadores                                              |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------|
| Evaluar la producción de biomasa de cultivos y arvenses en parcelas de agricultura de conservación y convencional como factor formador de materia orgánica, a fin de mejorar la fertilidad de los agroecosistemas. | Comparar los volúmenes de biomasa según su origen y de acuerdo al tipo de cultivo y aporte por la presencia de arvense.           | Producción de biomasa, en función del tipo de tecnología y el tipo de cultivo, en dependencia de la gradiente a medir (parte alta, media y baja) | Gramos (g/m <sup>2</sup> ) de biomasa según la fuente.   |
|                                                                                                                                                                                                                    | Construir modelos alométricos para estimar la producción de biomasa en agroecosistemas con manejo convencional y de conservación. | Estimación de producción de biomasa en relación al peso fresco y peso seco.                                                                      | Modelo Lineal<br>Logarítmico<br>Potencial<br>Exponencial |

## **5.6 Etapas generales del proceso de investigación**

El proyecto de investigación se desarrolló en el marco del convenio de colaboración entre la Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, Managua (UNAN-Managua / FAREM-Estelí).

### **5.6.1 Etapa de gabinete inicial:**

Esta etapa consistió en la discusión de la idea de investigación una vez definida la idea de investigación procedimos a la elaboración del protocolo de investigación.

Se consultaron fuentes de información, relacionadas al fenómeno objeto de estudio para familiarizarnos con el tema a investigar, tales como: artículos científicos, monografías impresas y digitales, revistas científicas digitales, sitios web y libros.

En esta etapa se diseñaron instrumentos para la recolección de datos en campo y en laboratorio (tablas en Excel).

### **5.6.2 Etapa de campo:**

Inicialmente realizamos una gira de campo exploratoria en los municipios de Condega (San Diego) y Estelí (El Limón y Moropotente), para conocer los sitios donde se estableció el experimento. Posteriormente realizamos el muestreo para determinar los volúmenes de biomasa según su origen, según el cultivo y el aporte por la presencia de arvense en peso fresco, se recolectaron tres réplicas (3) de un metro cuadrado (1 m<sup>2</sup>) por cada parcela, a la vez se tomaron puntos de referencia de cada parcela a trabajar.

Se utilizó el método del cuadrante para tomar una muestra representativa en la etapa final de la producción del cultivo de maíz y sorgo en cada una de las parcelas en los diferentes sistemas de agricultura de conservación y convencional; cabe señalar que con este método se hacen muestreos más homogéneos y tienen menos impacto de borde en comparación a los transectos.

El proceso de este muestreo consistió en coleccionar manualmente todo el material vegetal localizado dentro del cuadro de 1m<sup>2</sup>, este se pesó en campo, utilizando un dinamómetro de 5000 gramos. De cada muestra de cultivo, arvenses y necromasa obtenida se tomó una submuestra de peso representativo de 90 gramos utilizando pesolas de 100 y 1000gr, y se guardaron en bolsas de papel kraft debidamente identificadas, seguido se pasaron al laboratorio y se secaron en horno a 105°C durante un periodo de 24 horas consecutivas hasta peso constante, después de las 24 horas se trasladaron las muestras al desecador en un periodo de tiempo de 25 minutos



para extraer la humedad, luego se pesaron nuevamente las muestras usando pesola de 100 gramos para determinar así la relación entre el peso fresco y peso seco.

De acuerdo a lo anterior se obtuvieron la cantidad de 72 muestras de necromasa, 72 muestras de arvenses y 36 de cultivo, obteniendo 180 muestras en total.

**5.6.3 Etapa de Gabinete final:** Análisis estadísticos y la elaboración del informe de investigación.

Se realizó un análisis de varianza no paramétrico de Kruskal Wallis, posteriormente se elaboró un análisis estadístico donde se determinaron los coeficientes de correlación de Pearson (R) y coeficientes de determinación ( $R^2$ ) entre la variable independiente (Peso Fresco) y variable dependiente (Peso Seco). También se utilizó el software InfoStat a fin de analizar estadísticamente las variables a estudio para obtener datos y gráficos en modelos avanzados. Además, se hizo uso de Excel versión 2013 y elaboración de informe de investigación.

### 5.7 Diseño Experimental

Se estableció un experimento en parcelas apareadas de 1000 m<sup>2</sup> divididas en dos sistemas de manejo (conservación y convencional). Sistemas en que se pretende evaluar la producción de biomasa en cultivos, necromasa y arvenses para comparar la producción, en dependencia del tipo de tecnología, tipo de cultivos y de los lugares donde se estableció el experimento (Condega (San Diego) y Estelí (El Limón y Moropotente)).

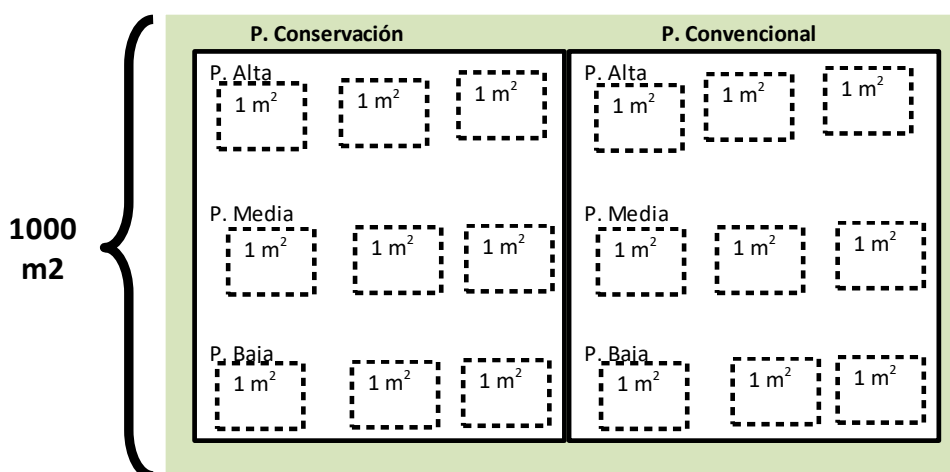


Figura 3. Diseño de parcelas apareadas con sistemas convencional y de conservación para los municipios de Estelí, Condega

## VI. Resultados y Discusión

### **6.1 Disponibilidad de la biomasa superficial en función al tipo de agroecosistemas (Conservación y convencional).**

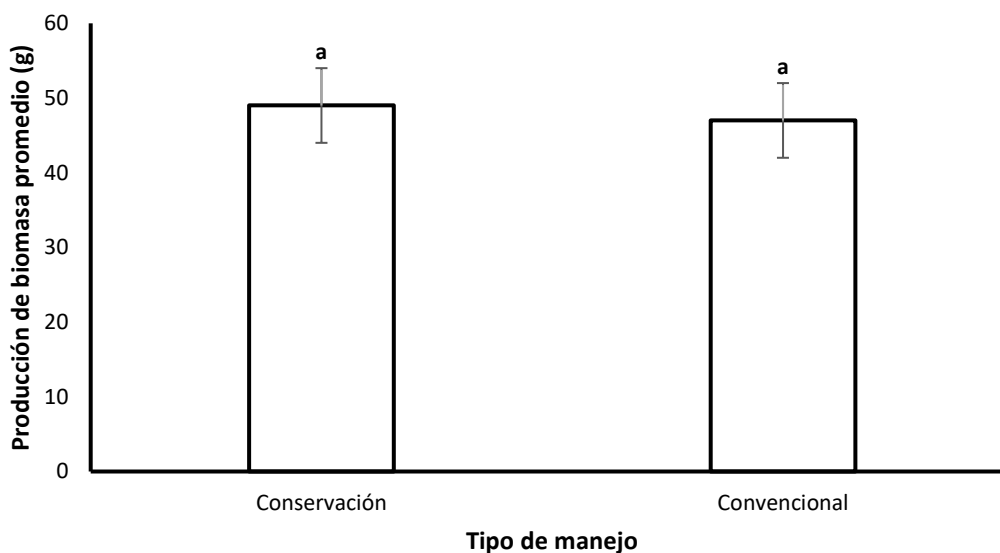
La agricultura de conservación comprende una serie de técnicas que tienen como objetivo fundamental conservar, mejorar y hacer un uso más eficiente de los recursos naturales mediante un manejo integrado del suelo, agua, agentes biológicos e insumos externos, para alcanzar tales objetivos hay que adoptar diferentes técnicas como: la utilización de rastrojos vegetales de las cosechas como medio natural de protección y fertilización de los suelos (Labrada, 2015).

En esta investigación no se encontraron diferencias estadísticamente significativas ( $p = 0.8466$ ) entre la disponibilidad de biomasa en los agroecosistemas que se manejan con cobertura (rastrojos de cultivos, arvenses y necromasa) y sin cobertura (Figura 4). El manejo convencional obtuvo una disponibilidad promedio de biomasa superficial de  $47 \pm 5$  ( $\text{g/m}^2$ ). Mientras que el manejo de conservación, generó  $49 \pm 5$  ( $\text{g/m}^2$ ). Equivalente a 0.47 y 0.49 toneladas por hectárea, respectivamente. Este resultado nos indica que el agroecosistema de conservación está siendo manejado como un sistema convencional.

Este resultado difiere a lo reportado por Alfaro *et al* (2017), quienes encontraron diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) en la producción de biomasa en ambos tipos de manejo conservación y convencional, es importante aclarar que esta investigación se realizó en la vida inicial del proyecto ASA y como era de esperarse se obtuvieron estos resultados a los que apuntaba este proyecto, no obstante cuando realizamos nuestra investigación dicho proyecto estaba en su etapa culminante por lo que nuestros resultados evidencian que no hubo sostenibilidad del proyecto por parte de los productores, ya que las parcelas de conservación se terminaron trabajando como tecnología convencional.

Así que podemos resaltar la importancia de trabajar el suelo con cobertura ya que según Rodríguez *et al* (2009) reportaron que la disponibilidad de cobertura reduce significativamente la erosión del suelo, además, contribuye a mejorar las propiedades físicas, químicas y biológicas del mismo.

Por otra parte en base a estos resultados obtenidos podemos decir que no existen evidencias suficientes para aceptar nuestra hipótesis alternativa, ya que apuntábamos a que la tecnología de conservación tendría mejores resultados en comparación a la tecnología convencional.



**Figura 4.** Producción de materia seca (MS) promedio según el tipo de agroecosistema. Las líneas sobre las barras representan los errores estándar. Medias con una letra común no son significativamente diferente,  $p > 0.05$ ,  $n = 90$ .

## **6.2 Producción de la biomasa superficial en función al tipo de cultivo (Maíz, Necromasa, Arvenses y sorgo).**

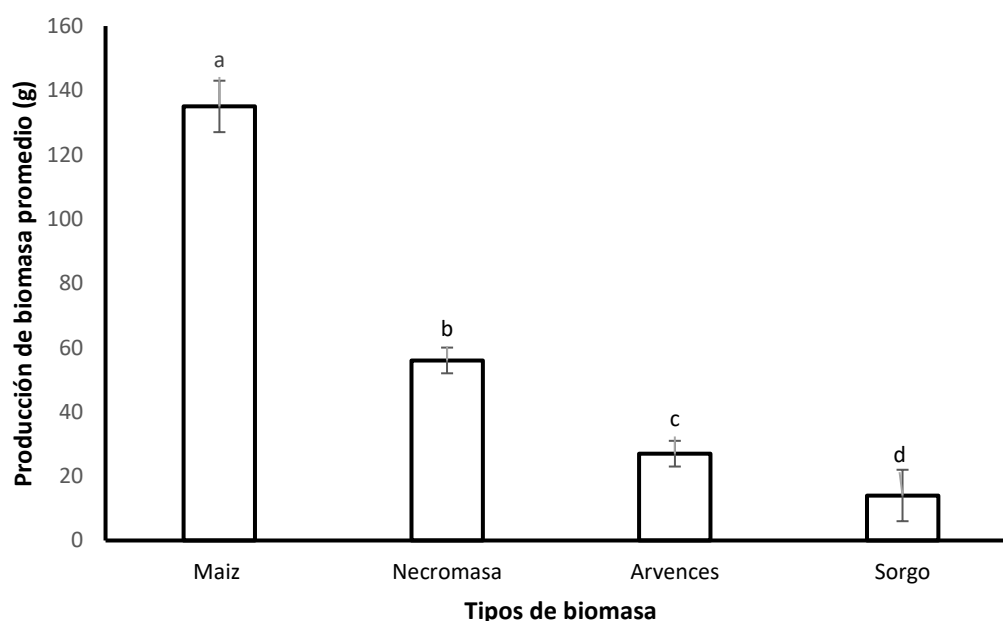
Se encontraron diferencias estadísticamente significativas ( $p = < 0.0001$ ) de la disponibilidad del tipo de biomasa entre maíz, necromasa, arvenses y sorgo (Figura 5).

Encontrándose un promedio de biomasa superficial para el maíz de  $145 \pm 8$  ( $\text{g}/\text{m}^2$ ). Mientras que la biomasa superficial de la necromasa tiene un promedio de  $111 \pm 4$  ( $\text{g}/\text{m}^2$ ) para las arvenses  $69 \pm 4$  ( $\text{g}/\text{m}^2$ ), y por último el promedio de biomasa de sorgo tiene una disponibilidad de  $41 \pm 8$  ( $\text{g}/\text{m}^2$ ). Equivalentes a 1.45, 1.11, 0.69 y 0.41 toneladas por hectárea, respectivamente. Lo que nos indica que existe un mayor aporte de biomasa por restos de maíz y el mínimo aporte por sorgo. Según Brechelt (2008), reporta que las fuentes agrícolas además de ser una fuente de alimento han demostrado tener capacidad de captura de carbono, lo cual depende de la productividad de estos sistemas y de las condiciones ambientales bajo las que se cultiva.

Además Verhulst et al (2015) reporta que las concentraciones de carbono en el suelo están determinadas por el balance de los aportes como los residuos del cultivo, y las pérdidas de carbono por medio de la descomposición de la materia orgánica. El manejo para acumular COS requiere el incremento en el aporte de carbono, la reducción de la descomposición o ambos (verhulst, Francois, & Govaerts, 2015).

Las plantas pertenecientes a las gramíneas son de gran importancia ya que son capaces de aportar gran cantidad de biomasa. Estas presentan un beneficio adicional como mejoradoras del suelo desde el punto de vista de la fertilidad ya que tienen la propiedad de fijar el nitrógeno atmosférico en los nódulos de las plantas, esta particularidad le otorga la facultad de habitar en suelos de fertilidad pobre sin que esto afecte significativamente su producción y calidad de biomasa (Martinez & Leyva, 2014).

Por otra parte, hay que destacar la poca disponibilidad de arvenses en estos sitios conociendo que este es un efecto de la disposición de biomasa sobre el suelo, ya que según Nichols et al (2015) afirman que los residuos de cultivos que son retenidos en el campo y se incorporan por medio de labranza pueden afectar la dinámica de las malezas, tipo de labranza y podría ser único para cada sistema. Los residuos de cultivos dejados sobre la superficie del suelo tiene un efecto más predecible sobre las poblaciones de las malezas y, por lo tanto, son más importantes cuando se considera el manejo de malezas (Nichols, Verhulst, Cox, & Govaerts, 2015).



**Figura 5.** Producción de biomasa promedio según el tipo de cultivo. Las líneas sobre las barras representan los errores estándar. Medias con una letra común no son significativamente diferente,  $p > 0.05$ ,  $n = 90$ .

### **6.3 Producción de la biomasa superficial según la procedencia (San Diego/Condega, El Limón y Moropotente/Estelí).**

En los datos de producción de biomasa según la procedencia se encontraron diferencias estadísticamente significativas ( $p=0.0001$ ) (Figura 6).

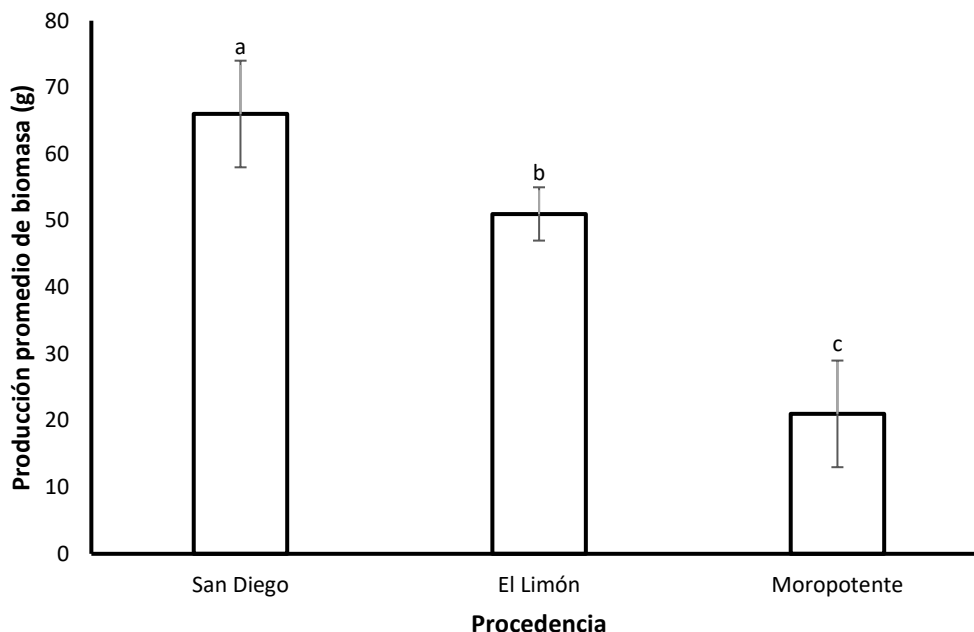
En la comunidad de San Diego del municipio de Condega se obtuvo un promedio de  $66 \pm 8$  (g/m<sup>2</sup>), en la comunidad El Limón del municipio de Estelí el promedio es de  $51 \pm 4$  (g/m<sup>2</sup>), por consiguiente en Moropotente el promedio es de  $21 \pm 8$  (g/m<sup>2</sup>). Así que podemos decir que la disponibilidad de biomasa es diferente en cada una de las procedencias.

Existen diferencias significativas relacionadas a la procedencia de todos los muestreos realizados, ya que al comparar el aporte de biomasa de los diferentes lugares, se obtuvo mayor disponibilidad de biomasa en la comunidad de San Diego, se pueden observar las desviaciones estándar entre más se acercan a las medias más diferencia hay en cada una de las procedencias.

Considerando la mayor disponibilidad de cobertura vegetal en la comunidad de San Diego es necesario mencionar que estos restos de vegetación de cultivos sirven como manto de cobertura para darle mejor fertilidad al suelo, además se encontró una mayor cantidad de material vegetal en distintos grados de descomposición lo que nos indica la existencia de recursos minerales y nutricionales, que una vez descompuestos forman el alimento esencial para el crecimiento de las plantas.

Nuestros resultados difieren a lo reportado por Rodríguez et al (2009), quienes no encontraron diferencias significativa al comparar diferentes especies de pinos en diferentes procedencias ( $p = 0.06$ ), debido a las condiciones de competencia de luz, humedad y temperatura, lo que nos indica que las procedencias con mayor cobertura permitirán disminuir más pronto el problema de la erosión del suelo, además de aportar más residuos vegetales y favorecer el mejoramiento del suelo (Dominguez, Capulin, Razo, & Diaz, 2017).

El suelo orgánico produce una mayor biomasa aérea seca comparada con el suelo convencional lo que hace suponer que el testigo orgánico conserva un mayor potencial de producción. Además, presenta una alta estabilidad en aspectos físicos, químicos y biológicos alcanzada por el manejo a largo plazo y cuenta con una población microbiana muy establecida, en relación a nuestros resultados podemos asumir que en la comunidad de San Diego se adoptó el manejo de conservación al manejo convencional, ya que a pesar de no muestrear cultivos los resultados nos indican como el sitio con mayor producción de biomasa esto es equivalente a la gran cobertura que el suelo dispone en este sitio.



**Figura 6.** Disponibilidad de biomasa superficial según la procedencia. Las líneas sobre las barras representan los errores estándar. Medias con una letra común no son significativamente diferente,  $p > 0.05$ ,  $n = 90$ .

#### **6.4 Relación entre peso fresco y seco de la biomasa a través de modelos lineales**

De acuerdo con los resultados obtenidos, existe una ecuación alométrica con buenos ajustes estadísticos que estima la biomasa total. En la figura 7 se presenta el mejor modelo ajustado ya que este resultó de la combinación de dos variables la dependiente (peso seco) y con transformación de logaritmo natural de la variable independiente (peso fresco).

Cabe señalar que el mejor modelo lo evaluamos con el coeficiente de asociación, es decir, el valor más próximo a 1, en este caso es el modelo potencial que en un 75% depende el peso seco del peso fresco, al utilizar esta ecuación para una predicción tendremos un margen de confiabilidad de 75% y un margen de error del 25%.

Estos resultados son similares a lo descrito por López *et al* (2014) donde los coeficientes de correlación de Pearson, demuestran un fuerte grado de asociación lineal positiva entre las variables que mejor determinaron la producción total por individuo de biomasa seca leñosa, estas correlaciones

resultaron estadísticamente significativas ( $p = < 0.05$ ) y se obtuvieron coeficientes de correlación cercanos a 1, además, las variables evaluadas se ajustaron a modelos de regresión lineal (López, Castillo, & Altamirano, 2014).

En base a las variables dependiente e independiente se ajustaron varios modelos, donde: “y” = Peso Seco de biomasa y “x” = al valor que asuma cada variable independiente (Tabla 3) se hizo transformación de la variable independiente a logaritmo natural con el fin de mejorar el ajuste de los modelos alométricos. Se muestran modelos lineales a fin de predecir la producción de materia seca (MS), a través de análisis estadísticos de necromasa, arvenses y cultivo en peso fresco y peso seco de 90(g) se evidencia, que los coeficientes de determinación ( $R^2$ ) 0.753 por que el PSSM depende del PFSM y la relación que tienen las dos variables en la gráfica con una función potencial de  $y = 0.6165x + 0.8258$ . Sin embargo, todos los modelos son significativos porque todos tienen un valor menor a 0.05, así que son modelos válidos.

Así que, en base a estos resultados obtenidos podemos decir que rechazamos nuestra segunda hipótesis alternativa o de investigación, ya que apuntábamos que el modelo más ajustado para estimar la mayor significancia de producción de biomasa en relación a nuestras dos variables de estudio sería el modelo lineal; sin embargo, el modelo que resultó con mejores ajustes es el modelo potencial.

Considerando que el modelo con mejores ajustes a estas variables estudiadas como es el modelo potencial se obtuvo con un 75% de confiabilidad por ello podemos observar en la figura 7 que no todos los puntos del diagrama de dispersión caen sobre la línea de regresión lineal.

Tabla 3. Modelos de ecuaciones alométricas para la predicción de biomasa

| Modelo           | Ecuación                                 | R            | R2           | P            |
|------------------|------------------------------------------|--------------|--------------|--------------|
| Lineal           | $y = 0.1331x + 20.076$                   | 0,659        | 0,435        | 0,000        |
| Logarítmico      | $y = 14.814\ln(x) - 18.771$              | 0,798        | 0,637        | 0,000        |
| <b>Potencial</b> | <b><math>y = 0.6162x + 0.8258</math></b> | <b>0,868</b> | <b>0,753</b> | <b>0,000</b> |
| Exponencial      | $y = 12.79e^{0.0045x}$                   | 0,569        | 0,324        | 0,000        |

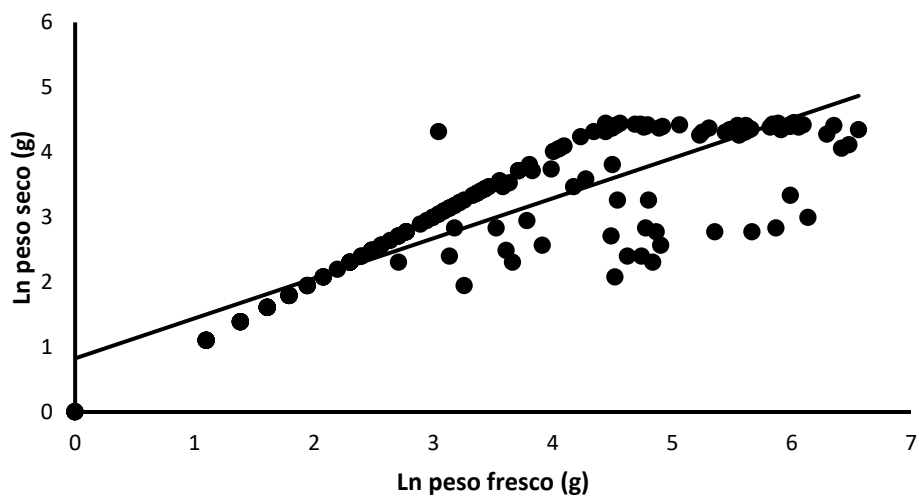


Figura 7. Relación entre Peso Fresco y Peso Seco de la biomasa a través de modelos lineales.



## VII. CONCLUSIONES

- Según los muestreos realizados se logró comparar la producción de biomasa en ambas tecnologías no encontrando ninguna diferencia entre la disponibilidad de biomasa en los agroecosistemas de agricultura de conservación y convencional debido a que ambas tecnologías estaban siendo trabajadas con el sistema de agricultura convencional.
- El cultivo de maíz obtuvo mayor disponibilidad de biomasa debido a que esta especie de gramíneas son capaces de aportar gran cantidad de biomasa, ya que tienen la propiedad de fijar el nitrógeno atmosférico en los nódulos de las plantas. De acuerdo a la procedencia, se determinó con una mayor producción de biomasa la comunidad de San Diego en el Municipio de Condega, Considerando que se encontró la mayor disponibilidad de cobertura vegetal.
- Se construyeron diferentes modelos alométricos para estimar la producción de biomasa en agroecosistemas con manejo convencional y de conservación siendo el modelo potencial el más ajustado para predecir la producción de biomasa. Ya que este fue evaluado con el coeficiente de asociación, el valor más próximo a 1. Al utilizar esta ecuación obtuvimos un margen de confiabilidad de 75% y un margen de error del 25%.

## VIII. RECOMENDACIONES

- Darle seguimiento a esta investigación por parte de estudiantes de ingeniería ambiental haciendo muestreos con cultivos en ambas tecnologías para determinar los contenidos de carbono orgánico aportados por diferentes tipos de materiales vegetales dispuestos en las parcelas.
- Promover el manejo de la conservación de suelo y la importancia de la biomasa como cobertura en el suelo y los cultivos a través de capacitaciones a los agricultores.
- Efectuar a través de instituciones encargadas por proyectos como estos que se dé seguimiento y monitoreo de técnicas de manejo agrícola.

## IX. BIBLIOGRAFÍAS

- Adame, S., Lopez, J., Flores, D., & Serrato, R. (junio de 2014). *carbono organico de la hojaresca en los bosques de la biosfera mexicana*. Obtenido de oaji.net
- Acosta, M., Quednow, K., Etchevers, J., & Monreal, C. (2001). Un metodo para la medicion de carbono almacenado en la parte aerea de sistemas con vegetacion natural e inducida en terrenos de laderas en Mexico. *INIFAP*, 9.
- Alvarez, G. (2008). Modelos alométricos para la estimación de biomasa aérea de dos especies nativas en plantaciones forestales del trópico de Cochabamba, Bolivia. *Centro Agronomo Tropical de Investigación y enseñanza (CATIE)*, 17.
- Alcantara, V. (2017). *Carbono orgánico del suelo*. Roma.
- Alfaro, A., Urrutia, C., & Pinell, F. (2017). Dinamica de la biomasa y materia organica en sistema de agricultura, de conservacion, convencional y bosque; en los municipios de Esteli y Condega. *no publicada*
- Alfaro, J. G. (2002). *Plantas competidoras un componente mas de los agroecosistemas*. San Jose, Costa Rica: Editorial Universidad Estatal a Distancia, EUNED.
- Aristizábal, J. D. (2011). Desarrollo de modelos de biomasa aérea en sombríos de cafeto (*Coffea arabica*) mediante datos simulados. *Fundación Natura*, 49.
- Aposta, A. M., Caballero, A. M., & Reyes, R. (mayo de 2016). El sorgo, una alternativa economica y sostenible de alimento en el municipio Jobabo. *DELOS, Desarrollo Local Sostenible*, 5.
- Becerra. (miercoles de mayo de 2017). *EcuRed*. Obtenido de conocimiento con todos y para todos: [www.ecured.cu](http://www.ecured.cu)
- Bolaños, S. B. (29 de septiembre de 2015). Miraflores Moropotente: El corazon de la neblina del bosque. *METRO Nicaragua*, pág. 1.
- Carlos Granados, D. S. (2 de Noviembre de 2014). *Ecología*. Obtenido de Efecto de Borde en la Composicion y en la estructura de los bosques templados: [www.icarito.cl](http://www.icarito.cl)
- Carolina Sanchez, Z. M. (2010). *Efecto de la cobertura en las propiedades del suelo y en la produccion del frijol irrigado*, 42.
- Castillo, C. M. (2011). Dinamica poblacional de arvences en el cultivo de maiz.
- Diaz, J. B. (26 de octubre de 2017). El Tiempo. *El suelo produce el 95% de los alimentos que consume el mundo*, pág. 3.

- Dominguez, P. A., Capulin, J., Razo, R., & Diaz, M. A. (2017). Influencia de factores edáficos en el crecimiento de una plantacion de pinus en Santiago de Anaya, Hidalgo, México. *Facultad de Ciencias Forestales*, 2.
- Eveling Lara, W. M. (2008). Dinamica de arvences y entomofauna asociada a diferentes modelos de compost en nopal.
- FAO. (2008). La papa cultivo. *año internacional de la papa*.
- Fonseca, W., Alice, F., & Rey, J. (2009). Modelos para estimar la biomasa de especies nativas en plantaciones y bosques secundarios en la zona caribe de Costa Rica. *Universidad Nacional Autónoma de Costa Rica*, 36.
- Flores, Hugo Ernesto c. d. (2013). efecto de la cobertura de suelo de tres cultivos sobre la erosion. *chapingo serie zonas aridas*, 25.
- Hernández, Y. (2015). Agricultura de conservación. *EcuRed*, 4.
- INTA. (2010). Cultivos del maiz. *guia tecnologica del maiz*.
- Jose Zeas, J. B. (1996). Uso de rastros de maiz como cobertura superficial y sus implicaciones en la economia.
- López, K., Castillo, I., & Altamirano, D. (2014). Biomasa aérea y modelos alométricos para Acacia Pennatula, en condiciones naturales del tropico seco Nicaraguense. *Revista científica de FAREM - Estelí. Medio Ambiente, tecnología y desarrollo humano*, 47.
- Labrada, R. (2015). *Agricultura de conservación*. Ecuador: Proyecto Prometeo de la secretaría superior Ciencia, Tecnologia e Innovación.
- Martin Aquino, A. V. (2015). Participacion de la biomasa area en tres especies arborea.
- Martinez, A., & Leyva, A. (2014). Biomasa de los cultivos en el ecosistema. Sus beneficios agroecológicos. *SciELO*, 5.
- Mora, r. (lunes de junio de 2011). estacion experimental para la zona norte. *la prensa*, pág. 1.
- Mostacedo, B. (3 de Octubre de 2000). *Manual de Métodos Básicos de Muestreo y Análisis en Ecología Vegetal*. Obtenido de Método cuadrante:  
file:///C:/Users/PC/Downloads/128539723.Mostacedo2000EcologiaVegetal1-1.pdf
- Nichols, V., Verhulst, N., Cox, R., & Govaerts, B. (2015). Agricultura de conservacion y manejo de maleza. *CIMMYT*, 5.
- Nubia Quinceno, G. T. (2016). Estimacion del contenido de bimasa, fijacion d carbono y servicios ambientales.
- Peña, C. M. (2010). *Determinacion de cenizas totales o residuo mineral*. Abivert.

Peña, C. (03 de Enero de 2011). *Avibert*. Obtenido de Determinación de cenizas por el metodo de calcinación: [avibert.blogspot.com](http://avibert.blogspot.com)

Pérez, J., & Merino, M. (publicado 2016). *Biomasa*.

*PNDH*. (08 de NOVIEMBRE de 2012). Obtenido de PNDH.

Renan Agüero, A. R. (2016). abundancia y cobertura de arvences bajo manejo convencional y organico de cafe.

RIGOBERTO CASTRO, A. H. (2011). Comparacion de metodos para estimar rendimiento de forraje. 9.

SENNINGER. (15 de mayo de 2015). Goteo vs Riego por Aspersión. *senninger*.

Tortosa, G. (16 de octubre de 2009). *Materia orgánica en agricultura y los residuos orgánicos*. Granada : compostando ciencia.

Villasanti, C. (2013). *El manejo de suelo con Buenas Prácticas Agrícolas*. Paraguay: Agricultura para el adesarrollo (MAG).

Verhulst, N., Isabelle, F., & Bram, G. (2015). Agricultura de conservación y captura de carbono en el suelo: Entre el mito y la realidad del agricultor. *CIMMYT*, 14.

verhulst, N., Francois, I., & Govaerts, B. (2015). Agricultura de conservacion y captura de carbono del suelo. *MasAgro*, 3.

## X. ANEXOS

### Anexo 1: Cronograma de actividades

| Cronograma de actividades semanal                            |       |       |        |      |       |         |       |       |  |  |  |
|--------------------------------------------------------------|-------|-------|--------|------|-------|---------|-------|-------|--|--|--|
| ACTIVIDADES                                                  | 2018  |       |        |      |       | 2019    |       |       |  |  |  |
|                                                              | Marzo | Abril | Agosto | Sept | Enero | Febrero | Marzo | Abril |  |  |  |
| Sugerencia del tema                                          |       |       |        |      |       |         |       |       |  |  |  |
| Discusión de la sugerencia del tema y objetivo               |       |       |        |      |       |         |       |       |  |  |  |
| Revisión de artículos monográficos, libros y tesis           |       |       |        |      |       |         |       |       |  |  |  |
| Estructura de protocolo y redacción de justificación         |       |       |        |      |       |         |       |       |  |  |  |
| Discusión para la propuesta de la metodología                |       |       |        |      |       |         |       |       |  |  |  |
| Revisión de redacción del protocolo con el profesor          |       |       |        |      |       |         |       |       |  |  |  |
| Modificación de los errores del protocolo                    |       |       |        |      |       |         |       |       |  |  |  |
| Revisión de la metodología del protocolo con el profesor     |       |       |        |      |       |         |       |       |  |  |  |
| Modificación de los errores del protocolo                    |       |       |        |      |       |         |       |       |  |  |  |
| Revisión de todo el documento del protocolo con el profesor  |       |       |        |      |       |         |       |       |  |  |  |
| Revisión y modificación de todo el documento con el profesor |       |       |        |      |       |         |       |       |  |  |  |
| Presentación de la defensa                                   |       |       |        |      |       |         |       |       |  |  |  |
| Muestreo en la estación experimental el limon                |       |       |        |      |       |         |       |       |  |  |  |
| Muestreo en la comunidad el limon                            |       |       |        |      |       |         |       |       |  |  |  |
| Parte experimental en el laboratorio                         |       |       |        |      |       |         |       |       |  |  |  |
| Muestreo en la comunidad san diego condega                   |       |       |        |      |       |         |       |       |  |  |  |
| Parte experimental en el laboratorio                         |       |       |        |      |       |         |       |       |  |  |  |
| Parte experimental en el laboratorio                         |       |       |        |      |       |         |       |       |  |  |  |
| Muestreo en la comunidad san diego condega                   |       |       |        |      |       |         |       |       |  |  |  |
| Parte experimental en el laboratorio                         |       |       |        |      |       |         |       |       |  |  |  |
| Muestreo en miraflores-moropotente esteli                    |       |       |        |      |       |         |       |       |  |  |  |
| Parte experimental en el laboratorio                         |       |       |        |      |       |         |       |       |  |  |  |
| Parte experimental en el laboratorio                         |       |       |        |      |       |         |       |       |  |  |  |
| Análisis de los datos recolectados en campo y en laboratorio |       |       |        |      |       |         |       |       |  |  |  |
| Análisis de los datos recolectados en campo y en laboratorio |       |       |        |      |       |         |       |       |  |  |  |
| Análisis de gráficas de resultados y discusión               |       |       |        |      |       |         |       |       |  |  |  |
| Revisión del documento                                       |       |       |        |      |       |         |       |       |  |  |  |
| Revisión del documento                                       |       |       |        |      |       |         |       |       |  |  |  |
| Pre-Defensa                                                  |       |       |        |      |       |         |       |       |  |  |  |
| Defensa                                                      |       |       |        |      |       |         |       |       |  |  |  |

### Anexo 2: Tabla 3. Recolección de datos

| Fecha | Lugar | Tipo de manejo | Gradiente | Réplica | Tipo de biomasa | PF Total (gramos) | PFS (Gramos) | PSS (Gramos) | PS Total (Gramos) |
|-------|-------|----------------|-----------|---------|-----------------|-------------------|--------------|--------------|-------------------|
|       |       |                |           |         |                 |                   |              |              |                   |

### Anexo 3: Tabla 4. Materiales a utilizar

| Materiales en campo                 | Materiales en laboratorio |
|-------------------------------------|---------------------------|
| Cuadrante de PVC (1m <sup>2</sup> ) | Horno                     |
| Dinamómetro (5000g)                 | Desecador                 |
| Pesola (100 y 1000g)                | Pesola (100 y 1000g)      |
| Bolsas de papel kraft (10 gramos)   | Lapicero                  |
| Bolsa plástica (25Lb)               | Cámara fotográfica        |
| Lapicero, Marcador                  | Libreta                   |
| Cámara fotográfica                  |                           |
| Libreta                             |                           |

## Anexo 4: Fotografías



Foto 1. Muestreo con el método del cuadrante en los diferentes sistemas (Conservación-Convencional)



Foto 2. Selección manual de cultivo, arvense y necromasa



Foto 3. Sub parcela después del muestreo



Foto 4. Muestras identificadas en campo



Foto 5. Peso fresco de la biomasa





**Foto 6. Secado de muestras en el horno del laboratorio Estación Experimental**



**Foto 7. Muestras dentro del desecador**



**Foto 8. Peso seco de la biomasa**



Foto 9. Parcelas apareadas con tecnologías de conservación y convencional en la comunidad de San Diego –Condega



Foto 10. Parcelas apareadas con tecnologías de conservación y convencional en la comunidad El Limón - Estelí