

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA

UNIDAD XOCHIMILCO

DIVISIÓN DE CIENCIAS BIOLÓGICAS Y DE LA SALUD

DEPARTAMENTO DE PRODUCCIÓN AGRÍCOLA Y ANIMAL

LICENCIATURA EN AGRONOMÍA

“Medir captura de carbono en árboles del sistema MIAF en lama bordo”

Prestador del servicio social:

Briseida Yolanda Torres López

Matricula:

2172028985

Asesor interno:

  
Dra. Fuentes Ponce Mariela Hada

Núm. Económico 34017

Asesor externo:

  
Dra. Estrada Herrera Isabel del Rayo

Lugar de realización: Municipio de Santo Domingo Tonaltepec que forma parte de los nueve municipios que conforman el Geoparque Mundial de la Mixteca Alta Oaxaca.

Fecha de inicio y termino: Del 20 de septiembre de 2022 al 20 de marzo de 2023

## Índice

1. Introducción .....	3
2. Descripción específica de las actividades desarrolladas .....	4
2.1 Elaboración de un mapa de las parcelas con sistemas MIAF en lama bordos en el municipio de Tonaltepec. ....	4
2.2 Medidas de los árboles de durazno (principalmente la base inferior y superior del tallo, así como las ramas aguas arriba y aguas abajo) utilizando un vernier..	7
2.3 Calcular con formula alométrica la cantidad de carbono que representan los árboles en el sistema MIAF.....	9
2.3.1 Estimación de captura de carbono .....	10
2.4 Determinación de carbono en el suelo como reservorio en el sistema MIAF	14
2.4.1 Muestreo de suelos.....	14
2.4.2 Análisis de Materia Orgánica (Método de pérdida por Ignición) .....	15
2.4.3 Determinación de Carbono Orgánico (CO).....	17
2.5 Determinación de masa del suelo.....	19
2.6 Textura de suelo .....	22
3. Descripción del vínculo de las actividades desarrolladas con los objetivos de formación del plan de estudios.....	23

## 1. Introducción

El proyecto se realizó en el municipio Santo Domingo Tonaltepec que forma parte de los nueve municipios que conforman el Geoparque Mundial de la Mixteca Alta Oaxaca (Orozco Ramírez, et al., 2022) Latitud 17° 36' 38" N y Longitud 97° 21' 30" O.

El proyecto Geoparque Mixteca Alta surgió de la participación conjunta de autoridades municipales, instituciones educativas y de la población local con el fin de desarrollar un esquema de aprovechamiento sustentable de los recursos. Surgió con dos enfoques, uno educativo, que permitiera dar a conocer el extraordinario patrimonio natural y social histórico de la región y otro geoturístico, concebido como una herramienta que contribuya al bienestar de sus habitantes. El proyecto nace en el Municipio de Santo Domingo Yanhuítlan, en donde se ubica la sede central del Geoparque, y posteriormente se incorporaron otros ocho municipios: San Andrés Sinaxtla, San Bartolo Soyaltepec, San Juan Teposcolula, San Pedro Topiltepec, Santa María Chachoapam, Santo Domingo Tonaltepec, Santiago Tillo y San Juan Yucuita (Rosado y Ramírez, 2017).

El Geoparque Mundial de la Mixteca Alta Oaxaca es un proyecto comunitario, educativo, enfocado al público interesado en aprender cómo la naturaleza y la sociedad interactúan. El Geoparque tiene una serie de aspectos geológicos de importancia ya que son rasgos únicos en un país o una región, los cuales permiten comprender la evolución de un determinado lugar a través del tiempo. En agricultura destacan dos distintos sistemas de terrazas: 1) laderas donde se cultiva el maíz de temporal, 2) lama bordos (práctica más conservada, formada por una pared de piedra también conocido como camellón o muro) que se construyen sobre arroyos para aprovechar la erosión de los suelos que se encuentran más arriba; en el cual se cultiva el maíz de cajete que aprovecha la humedad residual del suelo de la temporada (Orozco Ramírez, 2019).

El sistema MIAF es el producto de la colaboración entre el INIFAP y el Colegio de Postgraduados en Ciencias Agrícolas, es una tecnología con diversos objetivos; incrementar el ingreso neto y el empleo familiar, proteger el suelo de la erosión,

fomentar la interacción entre los cultivos componentes, e incrementar la captura de carbono atmosférico (Turrent Fernández, et al., 2017)

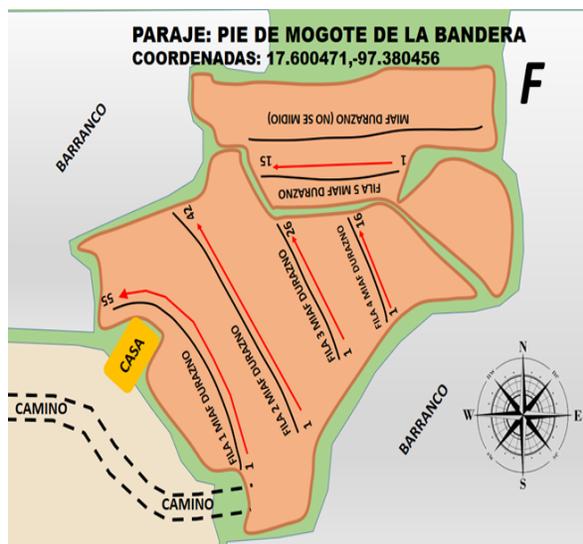
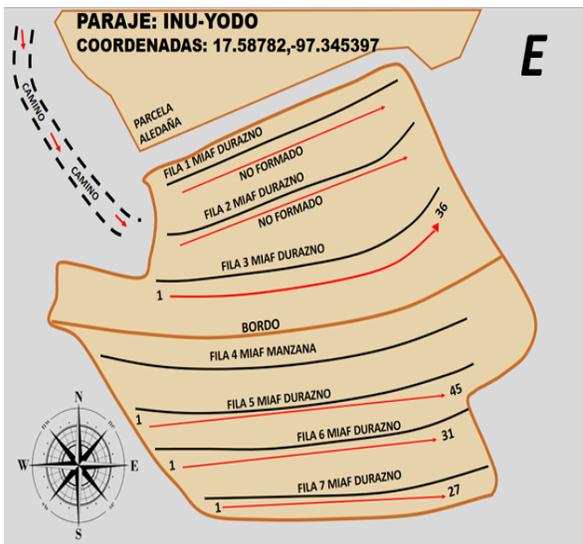
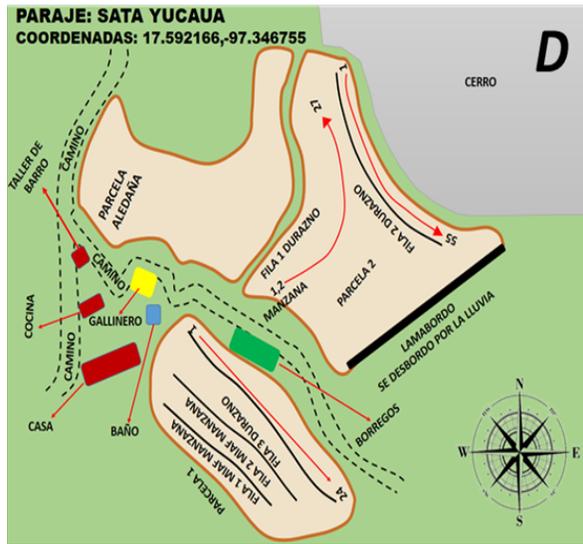
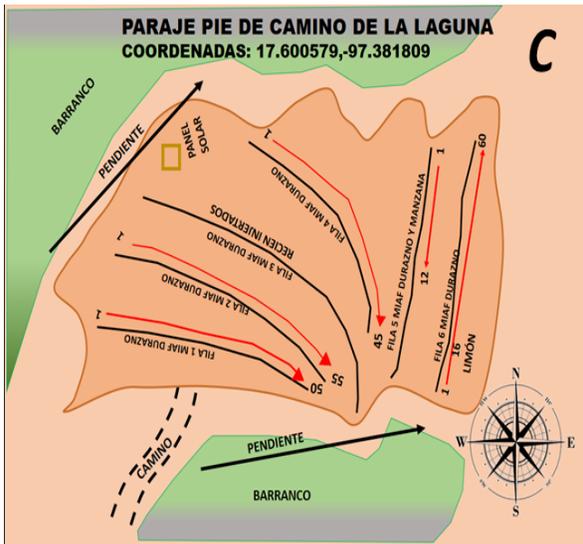
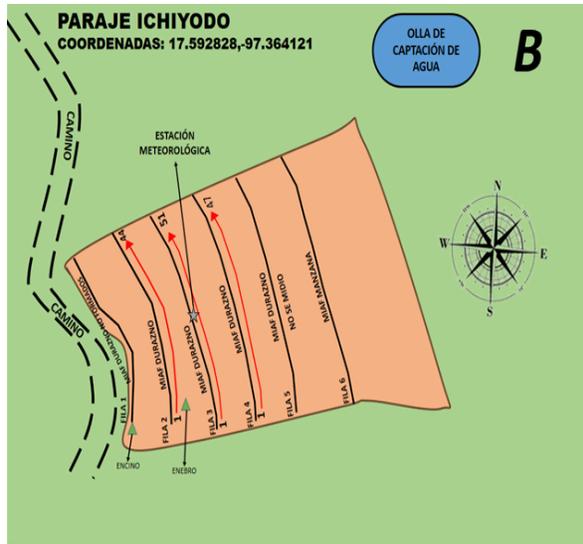
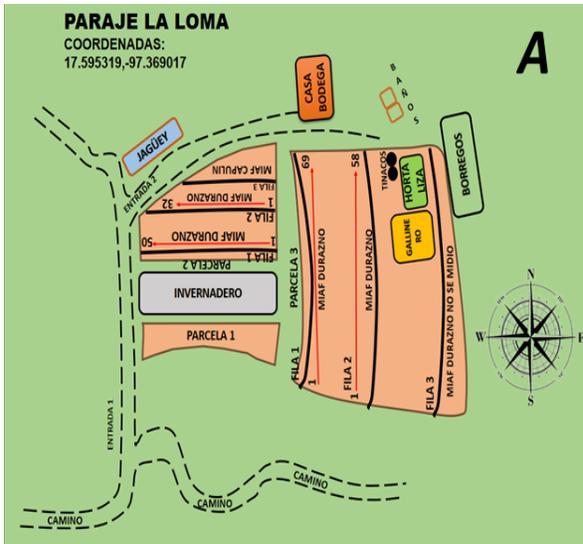
La Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural, a través del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), impulso el desarrollo de tecnologías orientadas a la producción sustentable y el aprovechamiento de los suelos agrícolas como el Sistema Milpa Intercalada en Árboles Frutales (MIAF), este sistema agroforestal de cultivos intercalados está constituido por tres especies, árbol frutal, maíz y frijol (de preferencia leguminosa), también lo constituye un filtro de escurrimientos en la base de las hileras de frutales con el fin de disminuir la velocidad de los escurrimientos, por lo que favorece la sedimentación de partículas de suelo y a su vez forma terrazas. El propósito de este sistema es aumentar el ingreso neto y el empleo familiar de los pequeños productores, al igual que proteger el suelo de la erosión hídrica e incrementar la captura de carbono, al igual que se tiene un mejor aprovechamiento de los siguientes recursos: luz, agua y nutrientes. En el sistema MIAF se pueden adaptar otros tipos de árboles frutales como manzano (condiciones templadas), guayabo, aguacate, limón persa (condiciones tropicales y subtropicales) esta innovación ha sido promovida por diversas organizaciones y es parte del programa sembrando vida (Cortés Flores, 2007)

**Objetivo del proyecto:** Calcular la captura de carbono en sistemas de milpa intercalada con árboles frutales (MIAF) en sistemas lama bordo.

## **2. Descripción específica de las actividades desarrolladas**

### **2.1 Elaboración de un mapa de las parcelas con sistemas MIAF en lama bordos en el municipio de Tonaltepec.**

Se elaboraron croquis de diez parcelas con la ayuda de Google maps para obtener las coordenadas geográficas, de las cuales solo tres parcelas son lama bordos. En la siguiente imagen se muestran los croquis de las parcelas donde se llevó a cabo el trabajo de campo, en cada croquis se cuantifico el número de filas y árboles de durazno.



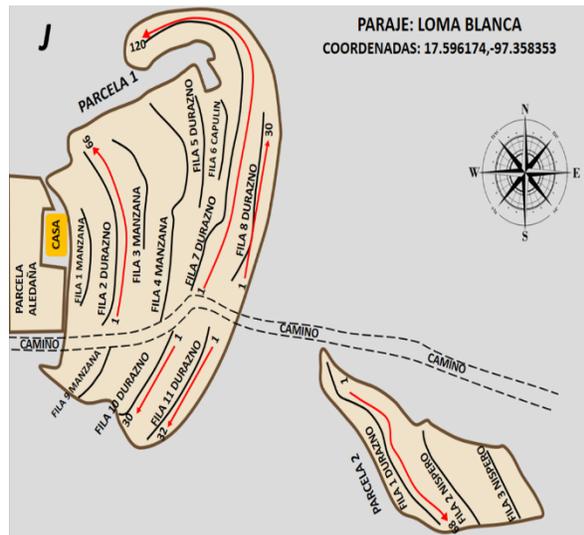
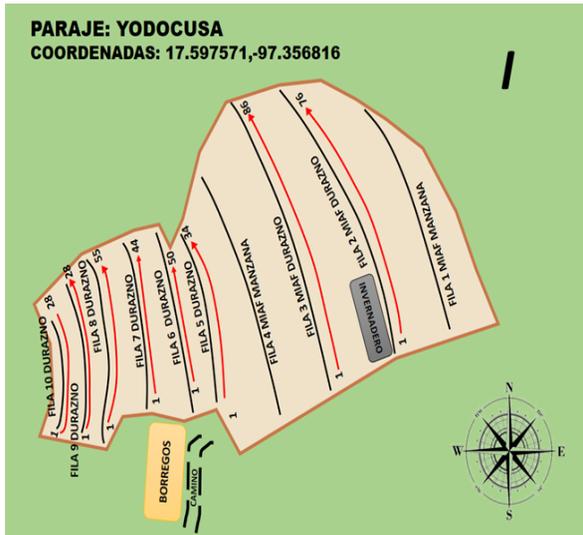
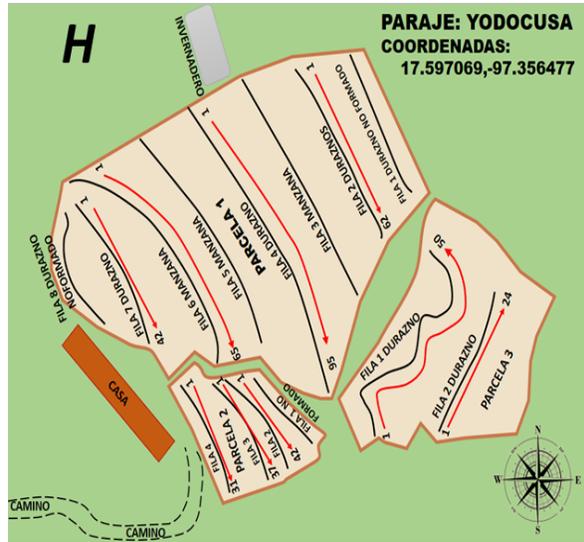
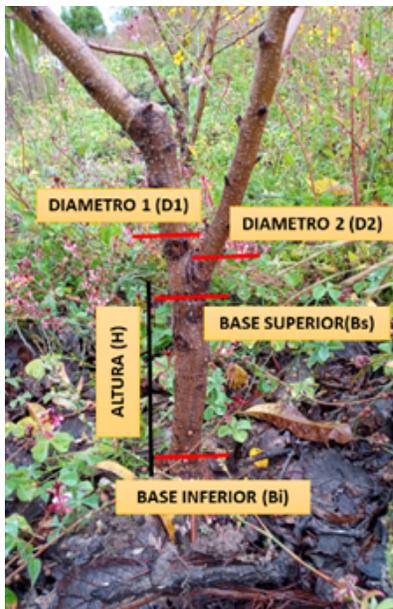


Figura 1: croquis de las parcelas, elaboración propia.

## 2.2 Medidas de los árboles de durazno (principalmente la base inferior y superior del tallo, así como las ramas aguas arriba y aguas abajo) utilizando un vernier.

Esta actividad se realizó en diez parcelas, midiendo un aproximado de 2,100 árboles de durazno, de los cuales 1,512 cumplieron con las especificaciones de acuerdo al esquema de medición (Figura 2). Los árboles actúan como sumideros debido a que tienen la capacidad de absorber CO<sub>2</sub> atmosférico mediante el proceso de fotosíntesis, la capacidad de absorción está en función de la especie, la tasa de crecimiento, la longevidad, el sitio, clima y periodo de rotación; parte del carbono es retenido en la biomasa aérea, la madera contiene un 48 % de carbono en forma de lignina y celulosa (Acosta Mireles, 2003; Estrada Herrera, 2007). Por lo que se midieron las siguientes variables: número de árboles, la altura, diámetro de la base inferior, diámetro de la base superior, diámetro de la rama 1 y diámetro de la rama 2; para obtener la altura se utilizó un metro y para medir los diferentes diámetros se utilizó un vernier; para estimar la captura de carbono de la biomasa aérea.



### NOTA:

- 1- La base inferior se toma de donde inicia el pie del árbol, se debe remover la hojarasca para llegar al suelo
  - 2- La base superior se toma en donde inicia la bifurcación de las ramas del árbol.
  - 3- Los diámetros 1 a 5 son dependiendo de las ramas de formación (definitivas) que el productor dejará para desarrollo, es decir, que ya no cortará (imagen).
  - 4- La altura se toma de donde se tomó la base inferior Bi a donde se toma la base superior Bs.
- Bi= Base inferior**  
**Bs= Base superior**  
**H= Altura**  
**D1= Diámetro 1 o Rama 1**  
**D2= Diámetro 2 o Rama 2**

Figura 2: esquema de medición árboles de durazno, elaboración propia.



*Figura 3: limpieza de hojarasca en la base de los árboles de durazno, elaboración propia.*



*Figura 4: medición de la Base inferior (Bi), Base superior (Bs), Altura (H), Diámetro 1 (D1), Diámetro 2 (D2),*



*Figura 5: árboles que cumplieron con las especificaciones del esquema de medición figura 2, elaboración propia.*



*Figura 6: árboles que no cumplieron con las especificaciones del esquema de medición figura 2, elaboración propia.*

### **2.3 Calcular con formula alométrica la cantidad de carbono que representan los árboles en el sistema MIAF.**

Se realizó una base de datos con las siguientes variables: 1) número de árboles, 2) altura (H), 3) diámetro de la base inferior (Bi), 4) diámetro de la base superior (Bs), 4) diámetro de la rama 1 (D1), 5) diámetro de la rama 2 (D2), en la cual se clasificaron los árboles que cumplieron con el esquema de medición (Figura 2), después se calculó la captura de carbono por parcela con fórmula alométrica (Estrada Herrera, 2007), la cual se describe a continuación.

**Volumen del tallo (VT):** primero se calcula el volumen del tallo del árbol (VT) utilizando los diámetros de las bases superior e inferior y la altura.

#### **Formula 1**

$$VT = ((Bs + Bi) / 2) * H$$

Bs= Diámetro de la base superior

Bi=Diámetro de la base inferior

H= altura

**Biomasa aérea (BA) de las ramas:** se sustituye el valor del diámetro (**D1 y D2**) de cada rama en ecuaciones independientes y se suman para obtener la biomasa aérea de ramas.

#### **Formula 2**

$$BA = EXP(-2.76398 + 2.367 \ln(D1)) + EXP(-2.76398 + 2.367 \ln(D2))$$

D1= Diámetro rama 1

D2=Diámetro rama 2

**Biomasa del tallo (BT):** una vez obtenido el volumen del tallo (fórmula 1), se procede a calcular la biomasa del tallo con la siguiente fórmula que considera la densidad de la madera.

**Formula 3**

$$BT=(VT+0.6) /100$$

VT= Volumen del Tallo

**Biomasa Total (BTt):** para obtener la biomasa total, se suma la biomasa aérea de las ramas (fórmula 2) y la biomasa del tallo (fórmula 3) para obtener la biomasa total del árbol.

**Formula 4**

$$BTt=BA+BT$$

BA= Biomasa Aérea

BT= Biomasa del Tallo

**Estimación del carbono en la biomasa aérea de los árboles frutales:** se multiplica la fórmula 4 por el **factor 0.5**, valor correspondiente a las estimaciones experimentales del contenido de C en la madera de estos árboles (Acosta Mireles, 2003).

$$\text{Carbono} = BTt * 0.5$$

BTt=Biomasa Total

### 2.3.1 Estimación de captura de carbono

Se muestrearon 10 parcelas las cuales tienen un promedio de 164.87 kg de captura de carbono (Grafica 1). La parcela Yodocusa de la productora Antonia: tiene una estimación de captura de carbono de 254.27 kg, siendo la parcela con mayor captura de carbono, cabe destacar que tiene un total de 401 árboles de los cuales 191 cumplieron con las especificaciones del esquema de medición (figura 2), esta plantación tiene un promedio de 2.66 de Biomasa Total (Tabla 1) ya que los arboles tienen la misma edad y el mismo manejo; la parcela la loma: tiene una estimación de 256.39 Kg de captura de carbono, con 209 árboles de durazno de los cuales 202 cumplieron con el esquema de medición (figura 2) esta parcela a pesar de tener una

menor plantación tiene un promedio de 2.50 de Biomasa Total (Tabla 1), en su mayoría son árboles de mayor tamaño, por lo que la biomasa aérea de las ramas y del tallo es mayor, debido a esto presenta una captura de carbono significativa; Parcela Yodocusa del productor Javier: se estimó una captura de carbono de 250.66 Kg, con una plantación de 486 árboles de durazno de los cuales 202 árboles cumplieron con el esquema de medición (figura 2), de acuerdo a la tabla 1, la parcela tiene un promedio de 2.49 de Biomasa total, gran parte de los árboles estaban recién injertados, no formados y otros presentaban poco desarrollo como se muestra en la figura 6, por lo que no se tomaron en cuenta para las mediciones, esto fue un factor importante ya que pocos árboles cumplían con el esquema de medición (figura 2) de lo contrario sería la parcela con mayor captura de carbono.

*Grafica 1: captura de carbono por parcela y promedio, elaboración propia.*

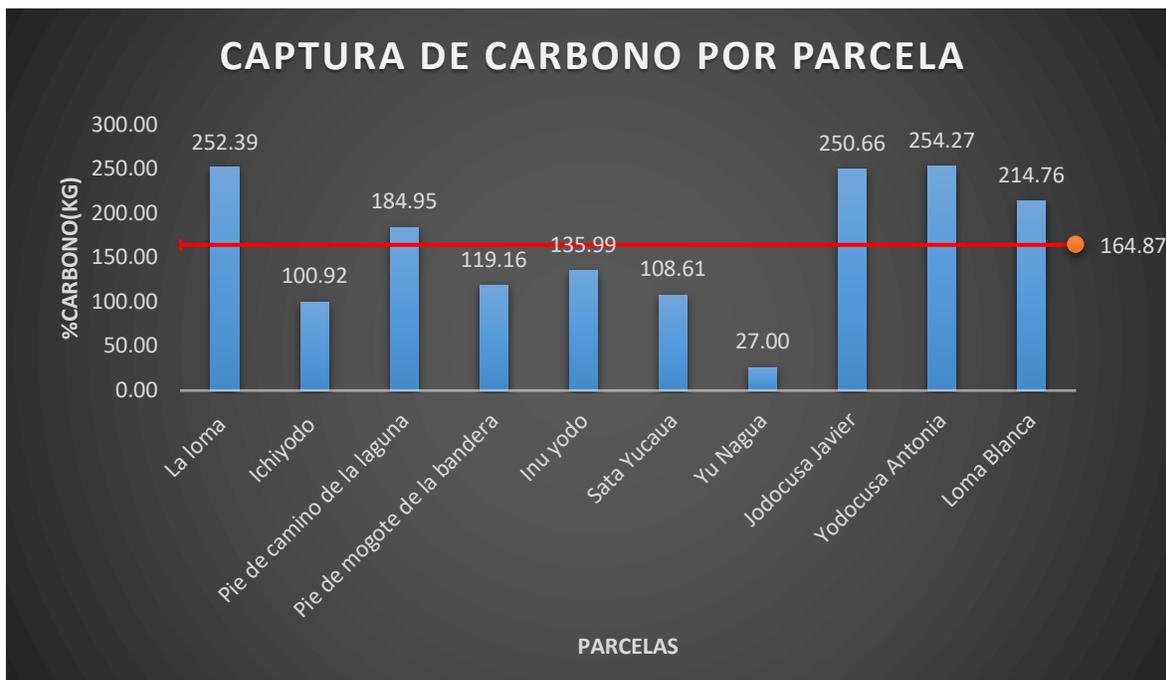


Tabla 1: Variables medidas en los árboles de las parcelas MIAF

Variables	Parcelas									
	La loma	Ichiyodo	Pie de camino de la laguna	Pie de mogote de la bandera	Inu Yodo	Sata Yucaua	YU Nagua	Yodocusa Javier	Yodocusa Antonia	Loma blanca
<b>Total de árboles</b>	209	143	222	154	192	106	253	468	401	369
<b>No. Árboles medidos</b>	202	133	180	132	125	87	28	202	191	228
<b>Altura (H) Promedio</b>	13.11	15.02	21.22	13.12	16.74	16.26	11.23	22.10	19.07	18.16
<b>Base 1 (B1) Promedio</b>	4.13	2.71	2.06	1.69	1.67	1.42	1.40	1.98	1.98	2.18
<b>Base 2 (Bs) Promedio</b>	3.62	2.47	1.61	1.43	1.29	1.13	1.20	1.62	1.92	1.78
<b>Rama 1 (cm) Promedio</b>	2.84	1.92	1.34	1.17	1.05	0.93	0.89	1.21	1.35	1.42
<b>Rama 2 (cm) Promedio</b>	2.38	1.63	0.93	0.99	0.91	0.86	0.69	1.14	1.08	1.78
<b>Volumen del tallo (VT) cm Promedio</b>	198.28	128.17	102.69	42.75	59.53	30.32	24.85	110.76	137.31	23.21
<b>Biomasa aérea (BA)R1 cm Promedio</b>	0.72	0.79	0.90	0.98	1.11	1.17	1.16	0.97	0.94	0.92
<b>Biomasa aérea (BA)R2 cm Promedio</b>	0.76	0.84	0.62	1.07	1.21	1.16	1.21	0.99	1.03	0.98
<b>Biomasa del tallo (BT) Promedio</b>	1.19	0.77	0.62	0.26	0.36	0.18	0.15	0.66	0.82	0.14
<b>Biomasa total (BTt) Promedio</b>	2.50	1.52	2.06	1.81	2.18	2.50	1.93	2.49	2.66	1.88

<b>Carbono (Kg)</b>	1.25	0.76	1.03	0.90	1.09	1.25	0.96	1.25	1.33	0.94
<b>Promedio</b>										
<b>Captura de C por parcela</b>	252.39	100.92	184.95	119.16	135.99	108.61	27.00	250.66	254.27	214.76

Los árboles actúan como sumideros ya que absorben CO<sub>2</sub> atmosférico mediante la fotosíntesis y liberan oxígeno, parte del carbono es retenido en la biomasa aérea, la madera contiene un 48 % de carbono en forma de lignina y celulosa (Acosta Mireles, 2003; Estrada Herrera, 2007). La captura de carbono en la biomasa aérea ha contribuido a la incorporación de especies arbóreas en sistemas agroforestales, el sistema MIAF incrementa la captura de carbono tanto en suelo como en plantas, en forma de muros o barreras vivas de árboles frutales, este sistema de producción es sustentable ya que incrementa los ingresos de los productores agrícolas al vender la fruta y además los árboles frutales de durazno pueden capturar entre 1 y 2 toneladas de carbono por hectárea al año (Hernández López, 2014)

El sistema MIAF es una tecnología con diversos objetivos cuyo son el incremento del ingreso neto y el empleo familiar, ligado a que la plantación de árboles frutales ya esté en producción, es un sistema a largo plazo ya que requiere de tiempo y dedicación para que los árboles frutales empiecen a producir y de esta forma poder vender la fruta. Algunos productores han optado por injertar los árboles de durazno para que produzcan en menor tiempo ya que la producción en arboles de durazno comienza al cuarto año de edad. De acuerdo a los resultados obtenidos, las parcelas tienen una captura de C baja ya que en su mayoría son arboles pequeños que tienen entre 1 o 2 años de edad, esto siendo un factor importante ya que entre más desarrollados sean los árboles tienen mayor capacidad de capturar carbono.

Existen diversos factores que ponen en riesgo el sistema MIAF específicamente tratándose del Municipio de Santo Domingo Tonaltepec, pero el factor más importante para los productores es la falta de agua, ya que esta se vuelve una limitante para el sistema MIAF.

## 2.4 Determinación de carbono en el suelo como reservorio en el sistema MIAF

### 2.4.1 Muestreo de suelos.

Para la toma de muestras de suelo se utilizó el método de Zig-zag que consiste en recolectar submuestras (0-10 y 10-20 cm de profundidad) en líneas cruzadas caminando entre 25 a 30 pasos de cada punto seleccionado a lo largo de la parcela (Mendoza y Espinoza, 2017) después de obtener las dos submuestras se mezclaron por separado para tener dos muestras compuestas, para este caso la primera submuestra fue de 0-10 cm de profundidad y la segunda de 10-20 cm de profundidad.

Se tomaron muestras de suelo en los parajes de Ichiyodo "A" (esta parcela se dividió en cuatro franjas por las filas de árboles frutales ya que estas hacen un bordo), Sata Yucaua "B" (en esta parcela hay 2 lama bordos) y Yunagua "C" (parcela con 3 lama bordos) (figura 7).

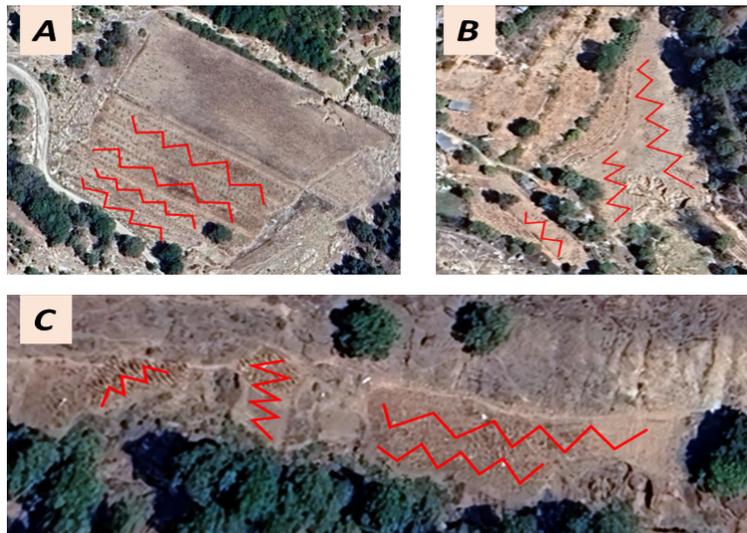


Figura 7: Muestreo de suelo en las distintas parcelas, utilizando el método de Zig-zag, elaboración propia.

El método de muestreo fue el siguiente: 1) se utilizó una pala la cual se marcó de 0 a 10 cm y de 10 a 20 cm; 2) una vez identificados los puntos a muestrear se eliminó la cubierta vegetal y piedras de la superficie; 3) se cavó un hueco en forma de “V” del ancho de la pala; 4) se hizo un corte en el suelo de aproximadamente 3 cm de espesor; 5) se depositaron las submuestras en cubetas limpias de plástico (cubetas marcadas con la profundidad de cada submuestra de 0 a 10 cm y 10 a 20 cm); 6) se procedió a mezclar las submuestras en las cubetas para obtener muestras compuestas; 7) en bolsas de plástico previamente etiquetadas e identificadas se reservó aproximadamente un kilo de cada muestra, (figura 8), posteriormente se trasladaron al laboratorio de Suelos y Aguas de la UAM Xochimilco donde se realizó el análisis de Materia Orgánica por el método de pérdida por ignición.



Figura 8: Toma de muestras de suelo.

#### 2.4.2 Análisis de Materia Orgánica (Método de pérdida por Ignición)

El contenido de materia orgánica (MO) del suelo constituye una determinación primordial en el análisis del suelo y de la dinámica del carbono (C), lo que permite evaluar los efectos producidos por diversos usos del suelo (Eclesia, et al., 2012)

El método de calcinación o pérdida de peso por ignición (LOI), cuantifica el contenido de MO a partir de diferencias de peso de suelo tamizado a 0.149mm, posterior a que las muestras son sometidas a 350°C durante 2 horas (David M, 1988). El procedimiento fue el siguiente (figura 9): se tamizo el suelo seco al aire en malla numero #100 (0.149 mm), se pesó un crisol de porcelana para cada muestra y se registró el peso (M1), después se agregaron 2 g de suelo al crisol, posteriormente los crisoles se colocaron en la estufa a 105 °C durante 8 horas para la eliminación del agua hidroscópica de la muestra, después se colocaron en un desecador con sílica gel aproximadamente 20 minutos hasta alcanzar temperatura ambiente, a continuación, se pesan los crisoles por separado (M2) y se colocan en la mufla a una temperatura de 350°C durante dos horas, posterior al proceso de ignición se colocan los crisoles en el desecador con sílica gel (30 minutos aproximadamente) hasta alcanzar la temperatura ambiente y se registra el peso (M3).



Figura 9: Procedimiento para determinar el % de MO y calcular el % de Carbono Orgánico, elaboración propia.

Para el cálculo del % de Materia Orgánica se utilizó la siguiente fórmula (resultados en la tabla 2):

$$MO(\%) = \frac{M2 - M3}{M2 - M1} \times 100$$

### 2.4.3 Determinación de Carbono Orgánico (CO)

Con los datos de MO del suelo se calculó el porcentaje de COS, mediante la siguiente fórmula (resultados en la tabla 2):

$$CO(\%) = \frac{MO\%}{1.724}$$

Tabla 2: Materia Orgánica del suelo (MOS) y Carbono Orgánico (COS).

Muestra	Paraje o parcela	MO (%)	CO (%)
1	Sata Yucaua	3.87	2.24
2	Sata Yucaua	4.05	2.35
3	Sata Yucaua	2.78	1.61
4	Sata Yucaua	1.56	0.91
5	Yu Nagua	1.51	0.88
6	Yu Nagua	2.23	1.29
7	Yu Nagua	2.06	1.19
8	Yu Nagua	0.94	0.55
9	Yu Nagua	1.64	0.95
10	Yu Nagua	1.22	0.71
11	Ichiyodo	0.42	0.24
12	Ichiyodo	0.40	0.23
13	Ichiyodo	0.52	0.30
14	Ichiyodo	1.45	0.84
15	Ichiyodo	0.44	0.26
16	Ichiyodo	0.46	0.27
17	Ichiyodo	0.45	0.26
18	Ichiyodo	0.37	0.21

Las prácticas agrícolas tales como: la labranza, incorporación de residuos y rotación de cultivos intervienen en la captura de carbono orgánico del suelo (COS), de acuerdo a estudios la capa superior del suelo en parcelas con manejo de cero

labranza y retención de residuos tiene una mejor captura de carbono orgánico, pero tiene una tasa baja de descomposición de materia orgánica en comparación a parcelas con manejo de labranza convencional (Fuentes, et al., 2009). Otro aspecto a considerar es la rotación de cultivos debido a que afecta a la captura de CO<sub>2</sub> ya que está ligado al tipo de cultivo en la rotación, calidad y cantidad de residuos del cultivo y el desarrollo de las raíces (Wright y Hons, 2005).

De acuerdo a la tabla 2 la parcela de Sata Yucaua presenta mayor contenido de MO y CO en comparación a la parcela de Yu Nagua e Ichiyodo, este resultado puede depender de acuerdo al tipo de manejo del suelo, en este caso en la parcela Sata Yucaua se practica la labranza mínima y el cultivo milpa (maíz, frijol y calabaza), además de realizar la incorporación de residuos o rastrojo, esto ayuda a mejorar la estructura del suelo por ende puede que esto sea el motivo por el que tiene una mayor porcentaje de MO y CO. Para el caso de la parcela Yu Nagua esta parcela recientemente está siendo reactivada y esto podría influenciar en el resultado del % de MO y CO ya que en varios años no se ha removido el suelo. Por otra parte, en la parcela de Ichiyodo se practica la labranza convencional y no se incorporan residuos, esto afectando al porcentaje de MO y CO.

El cambio climático es uno de los problemas ambientales que enfrenta la humanidad actualmente, ocasionado por el incremento de los gases de efecto invernadero en la atmósfera, su ciclo natural ha sido alterado por las acciones humanas en los últimos años, derivado de las emisiones de las industrias, uso excesivo de agroquímicos, ganadería intensiva, cambio de uso de suelo, entre otros, la acumulación de CO<sub>2</sub> en la atmosfera se debe a que los sumideros naturales no alcanzan a capturarlo. El método de captura de carbono a bajos costos es una propuesta para disminuir el CO<sub>2</sub> en la atmosfera, una opción es el mejoramiento de las tierras de labor para aumentar el almacenamiento de carbono en los suelos proveniente de la fotosíntesis de las plantas ya que estas almacenan de 2 a 3 veces la cantidad presente en la atmosfera (Santiago, 2016).

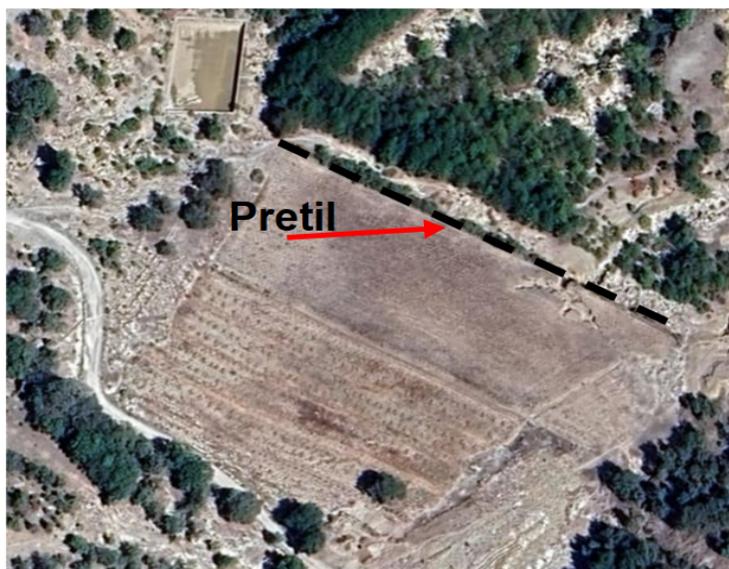
La captura de carbono en los suelos es una alternativa para disminuir la emisión de gases efecto invernadero y mejorar la calidad de los suelos. Los suelos se han

considerado como sumideros de carbono debido a la capacidad que tienen para almacenar carbono en forma orgánica, el aumento de las actividades como la deforestación, el pastoreo y la agricultura han incrementado la liberación de carbono hacia la atmósfera (Hernández, et al., 2014; Robert, 2002).

## 2.5 Determinación de masa del suelo

Los agricultores de la región Mixteca Oaxaqueña han optado por realizar prácticas de conservación como: terrazas de formación sucesiva, terrazas de banco, terrazas individuales para frutales, sistemas de producción lama bordos, presas de control de azolve y bordos de captación de agua de lluvia (jagüeyes). Desde la época prehispánica se han aprovechado las escorrentías y la erosión del suelo para crear nuevas áreas de producción (Lama bordos), esta es una técnica tradicional de conservación del suelo y agua, esta técnica fue una respuesta a la falta de tierras cultivables y una solución para terrenos inclinados (Santiago, 2016).

Esta actividad se realizó en tres parcelas que son lama bordos. Paraje Ichiyodo: longitud del pretil 135 m, altura 2 m



*Figura 10: Identificación del pretil del paraje de Ichiyodo, imagen satelital.*

Con respecto a la tabla 2 los porcentajes de MO y CO están asociados al tipo manejo del suelo así también como el tipo de cultivo y las prácticas de conservación aunado a la altura y antigüedad del lama bordo, específicamente este lama bordo tiene menor altura que los otros dos, esto pudiendo ser factor en el resultado.

Paraje Sata Yucaua: este paraje está conformado por 2 lama bordos (figura 1 D) en la parcela 1 el pretil tiene un diámetro de 27 m y una altura de 2.5 m, en la parcela 2 no se pudieron realizar las mediciones correspondientes debido a que el pretil del lama bordo se desbordo por la temporada de lluvias.



Figura 11: identificación del pretil de la parcela 1 en el paraje Sata Yucaua, imagen satelital.

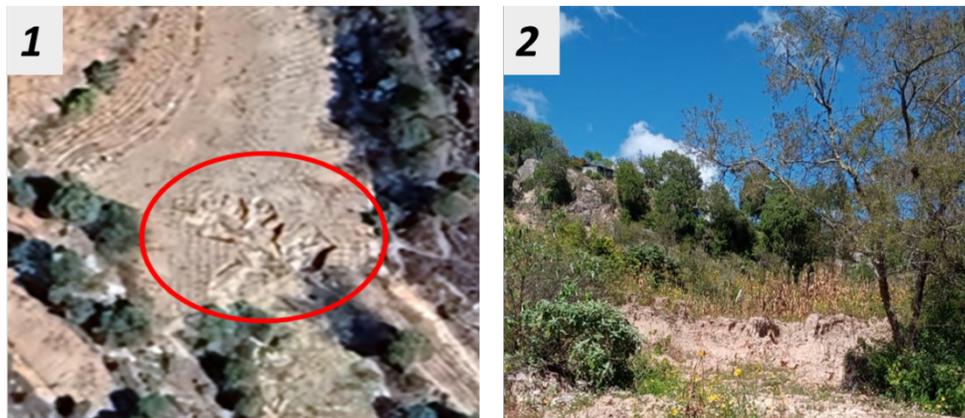


Figura 12: Desbordamiento del lama bordo de la parcela 2 en el paraje de Sata Yucaua, 1) imagen satelital, 2) elaboración propia.

Específicamente esta parcela tiene un mayor porcentaje de MO y CO debido al manejo de suelo y las prácticas de conservación que se implementan a de más de que los pretiles en estos lama bordos son más altos.

Paraje Yu Nagua: se registraron tres parcelas con lama bordos (figura 1 G), los cuales se encuentran en mal estado ya que presentan desbordamiento en los pretils a causa del abandono y el paso de años, el productor Álvaro Rodríguez recientemente ha comenzado a reactivar los lama bordos (figura 13).



*Figura 13: Identificación de los pretils y la pérdida de suelo por erosión y desbordamiento de los pretils, Imagen satelital.*

El ciclo terrestre del carbono representa la mayor reserva en interacción con la atmosfera, los sistemas lama bordos tienen una gran bariabilidad de propiedades físicas y químicas de los suelos por la antigüedad de construcción y el grado de la pendiente del terreno, la importancia de la altura del pretil radica en que a mayor profundidad del suelo el reservorio de C será mayor (Robert, 2002; Santiago, et al., 2018).

## 2.6 Textura de suelo

Con la ayuda de una encuesta complementaria que se realizó a los diferentes productores, se determinó el tipo del suelo local de cada parcela. Ya que no se determinó la textura de suelo en laboratorio.

Questionario de datos complementarios a las mediciones en campo y toma de muestras

1.- Superficie de la parcela (ha, m<sup>2</sup>):

2.- Ubicación Geográfica de la parcela:

3.- Número de árboles a medir (durazno):

4.- Especie de frutales establecidos aparte de duraznos:

5.- Fecha aproximada de establecimiento:

6.- Fecha aproximada de replantación y causa de replantación:

7.- Tipo de suelo (local):

8.- Manejo de la plantación:

Actividad	si	cuales	no
abonado			
fertilización			
Riegos de auxilio			
Podas			
Prácticas de conservación			

\*registrar fechas aproximadas de las actividades (podas de formación, de raleo, etc).

9.- Problemas principales a los que se enfrenta el productor en el establecimiento y manejo del MIAF:

¡Muchas gracias por su colaboración!

Figura 14: Cuestionario de datos complementario (Isabel del Rayo Estrada).

Tabla 3: Tipo de suelo (descripción local) de acuerdo a los resultados de las encuestas, elaboración propia.

Tipo de suelo (local)	
Paraje	Tipo de suelo
La loma	Arcilloso-Limoso
Ichiyodo	Arcilloso-Arenoso
Pie de camino de la laguna	Arcilloso
Pie de mogote de la bandera	Arcilloso
Inu Yodo	Arenoso
Sata Yucaua	Arcilloso-Arenoso
Yu Nagua	Arcilloso-Arenoso
Yodocusa (productor Javier)	Arcilloso
Yodocusa (productor Antonia)	Arcilloso
Loma blanca	Arcilloso-Limoso

El tipo de suelo predominante de la zona es leptosol (suelos jóvenes y delgados predominantes en laderas con mucha pendiente) y regosol (suelos poco desarrollados, formados a partir de materiales no consolidados y en áreas de pendientes) (Estrada Herrera, 2016).

La ubicación de las diferentes parcelas y el tipo de suelo local coinciden, las parcelas que se encuentran en lomas son arcilloso-limoso como es el caso de los parajes La loma y Loma blanca; para el caso de de las parcelas que se encuentran en laderas con pendiente poco pronunciada o llanos son de tipo arcilloso, por ejemplo los parajes: Pie de camino de la laguna, Pie de mogote de la bandera, Yodocusa (productor Javier) y Yodocusa (productor Antonia); los parajes de Sata Yucaua, Yu Nagua e Ichiyodo son loma bordos y coinciden con el tipo de suelo local que es arcilloso-arenoso.

### 3. Descripción del vínculo de las actividades desarrolladas con los objetivos de formación del plan de estudios

El objetivo del plan de estudios es formar profesionales en ingeniería agronómica con capacidad científica y tecnológica para desarrollar y aplicar metodología de diagnóstico y de evaluación de sistemas agrícolas regionales con capacidad para generar estrategias técnicas de manejo del ciclo productivo agrícola, de protección

vegetal, de transferencia tecnológica y de creación y gestión de empresas agrícolas que maximicen la calidad en la producción agrícola. Todo ello con un enfoque integral y en una perspectiva de sustentabilidad de los recursos biológicos, físicos y socioculturales de los sistemas agrícolas.

Los sistemas lama bordos son de importancia agronómica debido a que es un método de conservación y recuperación de suelos en lugares que tienen afectación de erosión hídrica, siendo esto una de las limitantes para practicar la agricultura, por lo consiguiente es de suma importancia saber cómo implementar estos sistemas de recuperación de suelos de acuerdo a la zona que se trate. Esto está relacionado con lo que se estudió en el módulo del medio físico de los sistemas agrícolas de la carrera de Agronomía

El tomar medidas de los árboles frutales especialmente de los duraznos que son unos de los árboles que se implementan en los sistemas MIAF nos ayudara a obtener el porcentaje de carbono capturado por árbol, esto es de gran interés ya que al implementar más sistemas MIAF se puede contribuir a la reducción del dióxido de carbono de la atmósfera.

La edafología de suelos es una parte fundamental para la formación de todo agrónomo ya que es necesario saber identificar y clasificar los tipos de suelo.

Con toda la información se realizó un diagnóstico de un sistema agroforestal con perspectiva a fomentar el manejo sustentable de los agrosistema objetivo fundamental que promueve la carrera de agronomía.

#### **4. Bibliografía**

Rosado González, E. M. & Ramírez Miguel, X., 2017. Importancia del trabajo comunitario participativo para el establecimiento del Geoparque Mundial de la UNESCO Mixteca Alta, Oaxaca, México. *Investigaciones geográficas*, Issue 92.

Acosta Mireles, M., 2003. *Diseño y aplicación de un método para medir los almacenes de carbono en sistemas con vegetación forestal y agrícolas de ladera en México (Tesis Doctor en ciencias agrícolas)*, México: s.n.

Cortés Flores, J. I., 2007. Desarrollo agropecuario, forestal y pesquero. En: A. Turrent Fernadez, y otros edits. *La Milpa Intercalada en Árboles Frutales (MIAF) Tecnología multiobjetivo para las pequeñas unidades de producción*. México: Porrúa, p. 102.

David M, B., 1988. Use of loss-on-ignition to assess soil organic carbon in forest soils. *Communications in Soil Science & Plant Analysis*, pp. 19: 1593-1599.

Eclesia, R. y otros, 2012. Shifts in soil organic carbon for plantation and pasture establishment in native forests and grasslands of South America. *Global Change Biology*, pp. 3237-3251.

Estrada Herrera, I. . D. R., 2007. *Carbono de biomasa aérea, en suelo y su relación con la fracción fina de este reservorio (Tesis Maestra en Ciencias)*, Montecillo, Texcoco, Edo. México: Colegio de Postgraduados.

Estrada Herrera, I. D. R., 2016. *ALTERNATIVAS DE RECUPERACIÓN DE LA FERTILIDAD DE SUELOS DEGRADADOS EN LA MIXTECA ALTA OAXAQUEÑA (Tesis Doctora en Ciencias)*, Montecillo, Texcoco, Edo. de México: Colegio de Postgraduados.

Fuentes, M. y otros, 2009. Fourteen years of applying zero and conventional tillage, crop rotation and residue management systems and its effect on physical and chemical soil quality. *European Journal of Agronomy*, pp. 228-237.

Hernández López, F. J., 2014. *Hernández Lopez , F. J., 2014. Línea base de carbono en suelos con el Sistema Milpa Intercalada con Árboles Frutales (MIAF) y biomasa aérea (Tesis Maestro en Ciencias)*, Montecillo, Texcoco, Edo. México: Colegio de Postgraduados.

Hernández, J. E., Tirado Torres, D. & Beltrán Hernández, R. I., 2014. Captura de carbono en los suelos. *Padi Boletín científico del ICBI, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo.*

Orozco Ramírez, Q., 2019. UNESCO. [En línea] Available at: <https://es.unesco.org/fieldoffice/montevideo/CambioClimatico/SitiosUnesco/MixtecaAltaMexico>

[Último acceso: 12 09 2022].

Orozco Ramírez, Q., Lorenzen, M., Fernández de Castro Martínez, G. & Ramírez, C., 2022. Factores sociales y biofísicos de la transición forestal en el Geoparque Mundial UNESCO Mixteca Alta. *Investigaciones geográficas* (108). *Scielo*.

Robert, M., 2002. *Captura de carbono en los suelos para un mejor manejo de la tierra* (No. 96). *Food & Agriculture Organization*. s.l.:s.n.

Santiago Mejía , B. E., 2016. *Evaluación de las Obras de Conservación de suelos en la Mixteca Alta de Oaxaca (Tesis Maestra en Ciencias)*, Montecillo, Texcoco. Edo. de México: s.n.

Santiago Mejía, B. E. y otros, 2018. Variabilidad espacial de propiedades físicas y químicas del suelo en un sistema lama-bordo en la Mixteca Alta de Oaxaca, México. *Agricultura, sociedad y desarrollo*, 15(2), pp. 275-288.

Turrent Fernández, A. O. y otros, 2017. MasAgro o MIAF ¿Cuál es la opción para modernizar sustentablemente la agricultura tradicional de México?. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, p. 7.

Wright, A. L. & Hons, F. M., 2005. Soil carbon and nitrogen storage in aggregates from different tillage and crop regimes. *Soil Science Society of America Journal*, 69(1), pp. 141-147.