



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MÉXICO
FACULTAD DE PLANEACIÓN URBANA Y REGIONAL



**ALMACENES DE CARBONO EDÁFICO EN SISTEMAS
PRODUCTIVOS EN LA COMUNIDAD DE CEVATÍ, SAN
JOSÉ DEL RINCÓN, ESTADO DE MÉXICO**

TESIS

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:
LICENCIADA EN CIENCIAS AMBIENTALES**

PRESENTA:

JULIETA CONTRERAS MARTÍNEZ

DIRECTORES DE TESIS

DRA. BELINA GARCÍA FAJARDO

DR. GUSTAVO ÁLVAREZ ARTEAGA

TOLUCA DE LERDO, ESTADO DE MÉXICO, ABRIL DE 2014

Este trabajo de tesis forma parte del proyecto intitulado “CAMBIOS DE USO DE SUELO INDUCIDOS POR ACTIVIDADES AGROPECUARIAS, EN ECOSISTEMAS TERRESTRES TEMPLADOS Y CÁLIDOS DEL ESTADO DE MÉXICO: IMPACTOS LOCALES Y EMISIONES GLOBALES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO.” financiado por CONACYT con la clave CONACYT-SEMARNAT 107956, dirigido por la Dra. María Estela Orozco Hernández

Agradecimientos

Agradezco al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por el apoyo otorgado para la realización de éste proyecto de tesis, la cual pertenece al proyecto: “CAMBIOS DE USO DEL SUELO INDUCIDOS POR ACTIVIDADES AGROPECUARIAS EN ECOSISTEMAS TERRESTRES TEMPLADOS Y CÁLIDOS DEL ESTADO DE MÉXICO; IMPACTOS LOCALES Y EMISIONES GLOBALES DE GASES EFECTO INVERNADERO” dirigido por la Dra. Orozco Hernández dentro del Cuerpo Académico de Estudios Territoriales y Ambientales (CAETA) de la FaPUR. En particular, agradezco la beca recibida para llevar a cabo el desarrollo de esta tesis.

A mis directores de tesis, Dra. Belina y Dr. Gustavo por su valiosa guía, por su esfuerzo y dedicación, quienes con sus conocimientos, su experiencia y su motivación han logrado en mí que pueda terminar mis estudios con éxito.

Agradezco a la Mtra. Paty por haber confiado en mí, por la paciencia, por los consejos, el apoyo y el ánimo que me brindó.

Agradezco a la Dra. Estela su confianza en la elaboración de este trabajo y la vinculación al proyecto.

A Urani Bastida y María Domitila Bastida por su apoyo a lo largo de la elaboración de la investigación. A Rocío, Vanya Abraham y Sarai por su ayuda en el muestreo de campo, a Tony por su cada uno de los consejos en el trabajo de laboratorio.

Agradezco al Sr. Álvaro y su familia, al Sr. Cruz, habitantes de, la comunidad de Cevatí, que prestaron sus terrenos y su valioso tiempo para las entrevistas

Dedicatorias

A mi Mamá, por ser la amiga que me ha ayudado a crecer, gracias por estar conmigo en todo momento. Gracias por la paciencia que has tenido y el amor incondicional que me has brindado. Gracias por todo el apoyo en esta tesis y en mi vida.

A mi Papá por ser un gran apoyo en mi carrera y por compartir sus conocimientos para la elaboración de este proyecto, porque gracias a él sé que la responsabilidad se debe vivir como un compromiso de dedicación y esfuerzo.

A mis hermanos Jesús y Chayito, que con su amor me han enseñado a salir adelante, gracias por preocuparse por su hermana mayor.

ÍNDICE

Resumen	8
Abstract	8
Introducción	9
Planteamiento del problema.....	11
Justificación	12
Objetivo general	13
Objetivos específicos	13
Pregunta de investigación	13
CAPÍTULO I: MARCO TEORICO DE REFERENCIA	14
Carbono y materia orgánica en el suelo	15
Ciclo del carbono.....	15
Reservorios de carbono	17
Dinámicas del carbono orgánico en los suelos	19
Importancia del carbono en los cultivos	19
La materia orgánica y prácticas de manejo agropecuarias.....	20
Métodos para la medición de carbono	21
Sistemas agrícolas y pecuarios.....	23
Sistemas agrícolas	23
Clasificación de sistemas agrícolas	24
Sistemas pecuarios	26
Clasificación de sistemas de producción ganadera	26
Casos de estudio.....	28
Área de estudio	33
Localización	33
Geología	34
Clima.....	34

Edafología.....	34
Hidrología	34
Aspectos socioeconómicos	35
CAPÍTULO II: MATERIALES Y MÉTODOS.....	37
Etapas de la investigación.....	40
Etapa I. Revisión bibliográfica	40
Etapa II. Trabajo de campo.....	40
Etapa III. Análisis de laboratorio	43
Etapa IV: Análisis de resultados.....	45
CAPITULO III: ESTIMACIÓN DE LOS ALMACENES DE CARBONO ORGÁNICO EN EL SUELO EN SISTEMAS PRDUCTIVOS.....	47
Caracterización de los sistemas productivos agropecuarios	48
Sistemas productivos agrícolas.....	48
Descripción de las parcelas de uso agrícola.....	52
Sistemas productivos pecuarios.....	53
Descripción de las parcelas de uso pecuario.....	54
Análisis fisicoquímicos del suelo.....	55
Carbono orgánico en el suelo	58
CAPITULO IV: ALMACENES DE COS EN SISTEMAS PRODUCTIVOS.....	60
Almacenes de COS en los sistemas productivos de Cevatí.....	61
Conclusiones	68
Propuestas	70
REFERENCIAS.....	71
ANEXOS.....	75
Anexo 1: Mapa de localización de sistemas productivos.....	76
Anexo 2: Resultados de los análisis de laboratorio para los suelos de los sistemas productivos agropecuarios.....	77
Gramíneas con Intercalación de Cultivos (Gim).....	77
Agrícola con Pastoreo (AP).....	78
Gramíneas con Rotación de Cultivos (GRC)	79
Gramíneas de Grano Chico (GGC).....	80

Pecuario Estabulado (PE)	81
Gramíneas (G).....	82
Anexo 3: Cuestionario sobre uso de suelo: agrícola y pecuario.....	83
Anexo 4: Formato de muestreo de suelo	88

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ciclo terrestre del carbono	15
Figura 2. Ciclo del Carbono (FAO, 2010).....	16
Figura 3. Reservorios de Carbono (ídem).....	18
Figura 4. Comparación de los métodos de diferencia entre reservas y ganancia-pérdida	22
Figura 5. Mapa de localización.....	33
Figura 6. Metodología	39
Figura 7. Diseño de muestreo	41
Figura 8. Muestreo de parcelas.....	42
Figura 9. Fertilizante químico	50
Figura 10. Densidad Aparente	56
Figura 11. pH KCl y en H ₂ O	57
Figura 12. Almacenes de Carbono Orgánico para los diferentes sitios de estudio	58
Figura 13 . Almacenes de COS en sistemas productivos.....	63
Figura 14. Resultados	63
Figura 15. Modelo de regresión lineal que explica la acumulación de COS para los diferentes sitios de estudio con base al tiempo de haber iniciado su manejo	65

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Casos de estudio.....	29
Tabla 2. Población de Cevatí, San José del Rincón.....	35
Tabla 3. Parcelas de muestreo	41
Tabla 4. Total de muestras recolectadas	42
Tabla 5. Métodos de análisis de suelo	43
Tabla 6. Ciclo agrícola.....	51
Tabla 7. Ciclo pecuario.....	53
Tabla 8. Propiedades físicas y químicas del suelo	55
Tabla 9. Coeficientes de correlación de <i>Pearson</i> entre las variables evaluadas	59

Resumen

Los suelos agrícolas y pecuarios se consideran como sumideros de carbono con potencial para mitigar la creciente concentración atmosférica de CO₂ a través del secuestro de carbono edáfico. El objetivo de la investigación fue analizar los almacenes de carbono edáfico en sistemas productivos agrícolas y pecuarios en la comunidad de Cevatí, San José del Rincón, Estado de México, en junio de 2012.

El diseño de la investigación se llevó a cabo considerando la herramienta metodológica de estudio de caso, la cual permite comprender las dinámicas presentes en un contexto local.

La selección de parcelas fue a partir de uso de entrevistas no estructuradas a los productores para identificar los sistemas productivos más representativos del área de estudio. Se muestrearon suelos de seis parcelas para el estudio: cuatro de agricultura de temporal y dos de uso pecuario; colectando un total de 53 muestras de los sitios. Se realizaron análisis de color, Densidad Aparente (D.A), pH, y contenido de materia orgánica (M.O) de las muestras en laboratorio.

Los resultados de la reserva carbono orgánico fluctuaron entre 42.94 y 74.64 t/ha, los valores más altos fueron encontrados en la parcela con menor tiempo de manejo agropecuario.

Abstract

Agricultural soils and livestock are considered potential carbon sinks to mitigate atmospheric CO₂ concentration through soil carbon sequestration. The objective of this research was to analyze soil carbon sinks in agricultural and grassland systems in the town of Cevatí, in the village of San Jose del Rincon.

The research design carried out a case study as a methodological tool which allows understanding the current dynamics in a local context.

The selection of plots was based on the use of unstructured interviews to farmers in order to identify the most representative production systems in the study area. Six plots were sampled for this study: 4 rain-fed agriculture land use plots and 2 grassland use plots, collecting a total of 53 samples. Laboratory analysis of soil colour, bulk density, pH, and content of organic matter of the samples were carried out.

The results of the organic carbon sinks fluctuated between 42.94 and 74.64 t / ha, the highest values were found in the plot with shorter period under agricultural management

INTRODUCCIÓN

Las actividades humanas han generado transformaciones al entorno natural ocasionando cambios a largo plazo con perturbaciones, principalmente en la cubierta del suelo, siendo las más importantes la deforestación, prácticas agrícolas inadecuadas, sobrepastoreo, extracción de leña, industria y urbanización (Elvira Quesada, 2006).

La deforestación es uno de los cambios a la cubierta terrestre que ha favorecido el cambio climático y la mayor emisión de gases de efecto invernadero (GEI) en la atmósfera, siendo el dióxido de carbono uno de los GEI más importantes por las grandes cantidades en las que se emite (Pineda Jaimes, *et al.*, 2009).

La problemática ambiental que origina el incremento en la concentración del CO₂ atmosférico ocasionado por los cambios de uso de suelo, ha generado el interés de contrarrestar este problema mediante la fijación de carbono en los ecosistemas terrestres, desarrollado diferentes medidas de mitigación destinadas a reducir las causas y atenuar los efectos del mencionado cambio. Una de estas propuestas se plasma en el Protocolo de Kioto, el cual reconoce que las emisiones netas de carbono pueden ser reducidas ya sea disminuyendo la tasa a la cual se emiten a la atmósfera los gases de invernadero o incrementando la tasa por la cual esos gases son retirados de la atmósfera gracias a los sumideros (FAO, 2002).

Los suelos agrícolas están entre los mayores depósitos de carbono del planeta y tienen alto potencial para secuestrar de carbono y de esta manera mitigar la creciente concentración atmosférica de CO₂. Dentro del contexto del Protocolo de Kioto y las subsiguientes discusiones de la Conferencia de las Partes (COP) en sus diferentes versiones, hay un cierto número de características que hacen que el secuestro de carbono en las tierras agrícolas y forestales pueda ofrecer posibilidades de estrategias atractivas de modo de mitigar el incremento en la atmósfera de las concentraciones de gases de invernadero (FAO, 2002).

Considerando que el sector agropecuario puede actuar como sumidero de carbono, se desarrolló este trabajo en la comunidad de Cevatí, San José del Rincón, lugar donde la mayor parte de los modos de vida de su población se asocian a los sistemas productivos agrícolas y pecuarios.

Durante la investigación, se identificaron las condiciones naturales y el papel que están desempeñando las prácticas de manejo de las familias productoras para conocer las potencialidades de sus recursos naturales y humanos.

El presente trabajo, consta de cuatro capítulos, en el primero se estableció el marco teórico que permitiera establecer los conceptos base para identificar el papel de los suelos en el ciclo del carbono, la agricultura y prácticas de manejo como fuente de sumidero potencial de carbono y los tipos de sistemas productivos.

En el segundo capítulo, se presenta el desarrollo de la metodología utilizada para la estimación de los almacenes de carbono iniciando con una breve descripción del medio físico y aspectos socioeconómicos de la localidad de Cevatí.

Después se describe el procedimiento para el muestreo de suelos, y los parámetros usados para realizar los análisis de laboratorio a las muestras edáficas.

El capítulo tres, exponen los resultados de la estimación de las concentraciones de carbono en suelo bajo seis sistemas productivos iniciando con la descripción de los sistemas productivos y, en el último capítulo se presenta la discusión de resultados, finalmente las conclusiones, la bibliografía y los anexos.

Planteamiento del problema

El calentamiento global es uno de los mayores problemas ambientales que enfrenta la humanidad; es la causa de la multiplicación de fenómenos climáticos extremos tales como sequías, inundaciones, ondas de frío y calor. La principal influencia sobre el calentamiento global surge a partir de la intensificación de emisiones de GEI, como el dióxido de carbono (CO₂) y el metano (CH₄).

Para enfrentar globalmente este problema en los últimos años se han creado diversos proyectos, programas e instituciones para reducir las emisiones de GEI, el más importante es el Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático (IPCC). El IPCC ha hecho una serie de propuestas destinadas a reducir las causas y atenuar los efectos del mencionado cambio. Una de estas propuestas se refiere a la reducción de las emisiones de CO₂, lo cual es de gran importancia debido al volumen producido en todos los años. La emisión de GEI es en parte consecuencia de la actividad agrícola, particularmente por el cambio de uso del suelo y la labranza, industrial, transporte, producción de energía, origen domésticos, incendios forestales, entre otros (COLPOS, 2004).

La agricultura es uno de los principales sectores emisores de CO₂, de acuerdo a Bockel, *et al.*, (2011), este sector es una fuente importante de GEI, puesto que cuando se combina con el cambio de uso de suelo, incluyendo la deforestación, su contribución supone más de un tercio de las emisiones totales de GEI. Globalmente, la producción agrícola y pecuaria es responsable de la mayoría de las emisiones de metano y de óxido nitroso.

De acuerdo con el Inventario Nacional de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero (2010), la participación del sector agrícola en las emisiones pasó de 46,204.3 Gg CO₂ en 1990 a 46,479.8 Gg CO₂ en 2010, lo cual representa el tercer lugar de emisiones de CO₂ con 12.3%.

Una forma de revertir estos efectos es capturar carbono mediante el manejo adecuado de los recursos naturales (COLPOS, 2004). Por ello la agricultura puede actuar como fuente o sumidero de CO₂ atmosférico dependiendo de las prácticas de uso de suelo, el clima, su composición mineralógica y la granulométrica y la topografía (Moreno May, *et al.*, 2010).

La comunidad de Cevatí en San José del Rincón ha experimentado cambios de cobertura y uso de suelo propiciados por el desarrollo de las actividades económicas primarias y el mejoramiento de la calidad de vida de la población, uno de esos cambios de uso de suelo fue hacia la agricultura. Los suelos de la comunidad se encuentran expuestos a pérdida de carbono orgánico debido a algunas prácticas de manejo intensivas, como lo es el cultivo de papa.

Justificación

De los diferentes usos de suelo, los sistemas productivos agropecuarios cuentan con alto potencial de captura y almacenamiento de carbono ya que las actividades agrícolas, dependiendo de las condiciones del terreno y las prácticas de manejo, pueden retener más cantidad de carbono orgánico. Las actividades pecuarias se desarrollan frecuentemente en tierras con vegetación natural o de pastizal inducido, tanto en zonas planas como en pendientes o laderas, al igual que las tierras lo que significa que los suelos en los que se sustentan las actividades mencionadas tendrán una capacidad diferente para almacenar carbono orgánico.

Teniendo en cuenta que el sector agropecuario puede actuar como sumidero de carbono, se desarrolló este trabajo en la comunidad de Cevatí, donde el estilo de vida de las personas depende de las actividades dependen principalmente de los sistemas productivos agrícolas y pecuarios. El estudio se desarrolló para conocer las potencialidades de sus recursos naturales y humanos, identificando las condiciones naturales y el papel que están desempeñando las prácticas de manejo de las familias productoras. Los sistemas productivos agropecuarios de la comunidad de Cevatí fueron seleccionados para la obtención de datos de almacenes de carbono edáfico por la facilidad brindada por los productores de obtener las muestras edáficas y la existencia de información previa de almacenes de carbono en el suelo en el área forestal de la comunidad, lo cual permite tener datos del suelo bajo diferentes condiciones de y analizar las afectaciones positivas o negativas en el suelo.

La importancia del estudio radica en que en la actualidad se han realizado numerosos estudios que documentan el potencial de captura de carbono en los diferentes usos de suelo, sin embargo, la mayoría de los estudios están enfocados a las características naturales que permiten la capacidad de almacenamiento de carbono en los diferentes ecosistemas terrestres dejando a un lado el papel que desempeña los dueños de las tierras, así como sus costumbres, tradiciones, prácticas de manejo y educación.

En esta perspectiva, el presente estudio integra el papel que desempeña el ser humano en el manejo de los sistemas productivos, así como las implicaciones de este manejo sobre los almacenes de carbono orgánico en suelos teniendo en cuenta prácticas de manejo que se llevan en los diferentes usos productivos agropecuarios.

Objetivo general

Analizar los almacenes de carbono edáfico en sistemas productivos agrícolas y pecuarios en la comunidad de Cevatí, San José del Rincón, Estado de México, en junio de 2012.

Objetivos específicos

- ❖ Caracterizar el manejo de los sistemas productivos agrícolas y pecuarios mediante información documental y de campo.
- ❖ Determinar las propiedades físicas y químicas de los suelos de los diferentes sistemas productivos.
- ❖ Estimar los almacenes de carbono edáfico en cada sistema productivo para el ciclo 2012.
- ❖ Determinar la influencia de las prácticas de manejo agrícola y pecuario sobre la conformación de los almacenes de carbono edáfico.

Pregunta de investigación

¿Cómo influyen las prácticas de manejo de los sistemas agrícolas y pecuarios en el almacenamiento de carbono en el suelo en la comunidad de Cevatí, San José del Rincón, México?



CAPÍTULO I: MARCO TEORICO DE REFERENCIA

En el presente capítulo se aborda el ciclo del carbono con el propósito de establecer los conceptos base para identificar la función de los suelos en el ciclo carbono. Se presenta una descripción de los sistemas productivos agrícolas y pecuarios, también estudios realizados acerca de distintas mediciones de secuestro de carbono edáfico en distintos sistemas agrícolas y pecuarios que se han realizado a nivel nacional e internacional, resaltando la medición que se realizó en la zona de estudio de COS en zona forestal que servirá como base para comparar los almacenes de carbono en de la localidad de Cevatí.

Carbono y materia orgánica en el suelo

Ciclo del carbono

White y Minang (2011), mencionan que el dióxido de carbono (CO_2) es intercambiado entre la vegetación terrestre y la atmósfera. Esto produce cambios en los balances netos entre el secuestro (también conocido como almacenamiento o fijación) y la liberación a lo largo de periodos de tiempo como cuando las nubes interceptan la luz solar, a lo largo de un ciclo estacional de predominancia del crecimiento y la descomposición, y las etapas del ciclo de vida de la vegetación o del sistema de uso de la tierra.

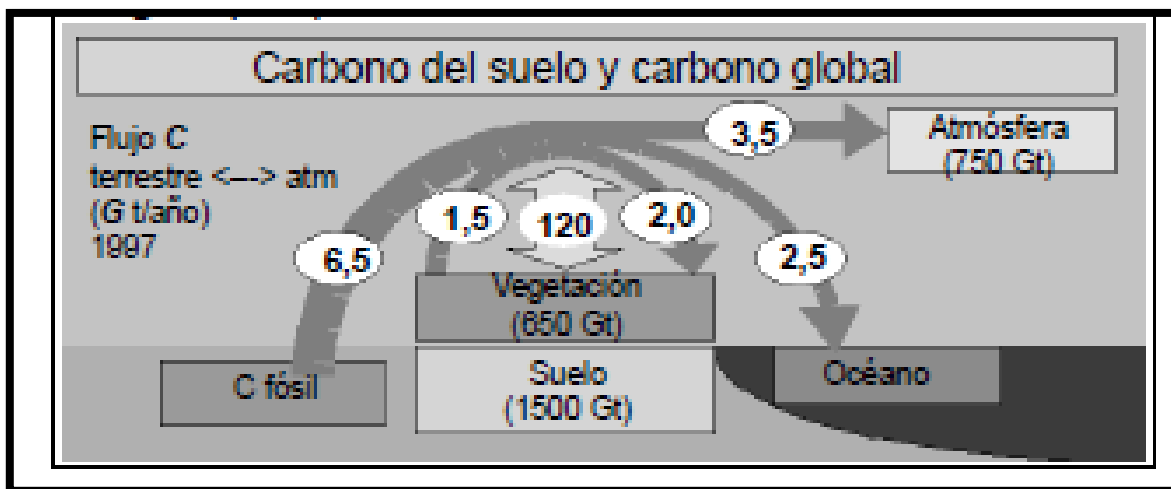


Figura 1. Ciclo terrestre del carbono (FAO, 2002)

En este ciclo, el carbono es almacenado (secuestrado) sobre la tierra por las plantas, cultivos y árboles, y bajo ella, en el suelo y raíces. El ciclo terrestre del carbono se presenta en la Figura 1.

El secuestro de carbono implica que el dióxido de carbono es capturado de la atmósfera a través de la fotosíntesis por los árboles y plantas para almacenarlo como celulosa en sus troncos, ramas, hojas y frutos, y a cambio devuelven oxígeno a la atmósfera. También las raíces de los árboles y plantas absorben dióxido de carbono. La descomposición de los materiales orgánicos aumenta la porción de carbono almacenado en el suelo, que es mayor que la cantidad total que hay en la vegetación y la atmósfera. Los animales inspiran oxígeno y espiran dióxido de carbono, y a través de sus heces emiten carbono y N_2O al suelo (FAO, 2010). En la Figura 2 se observa con más detalle cómo se desarrolla el ciclo del carbono.

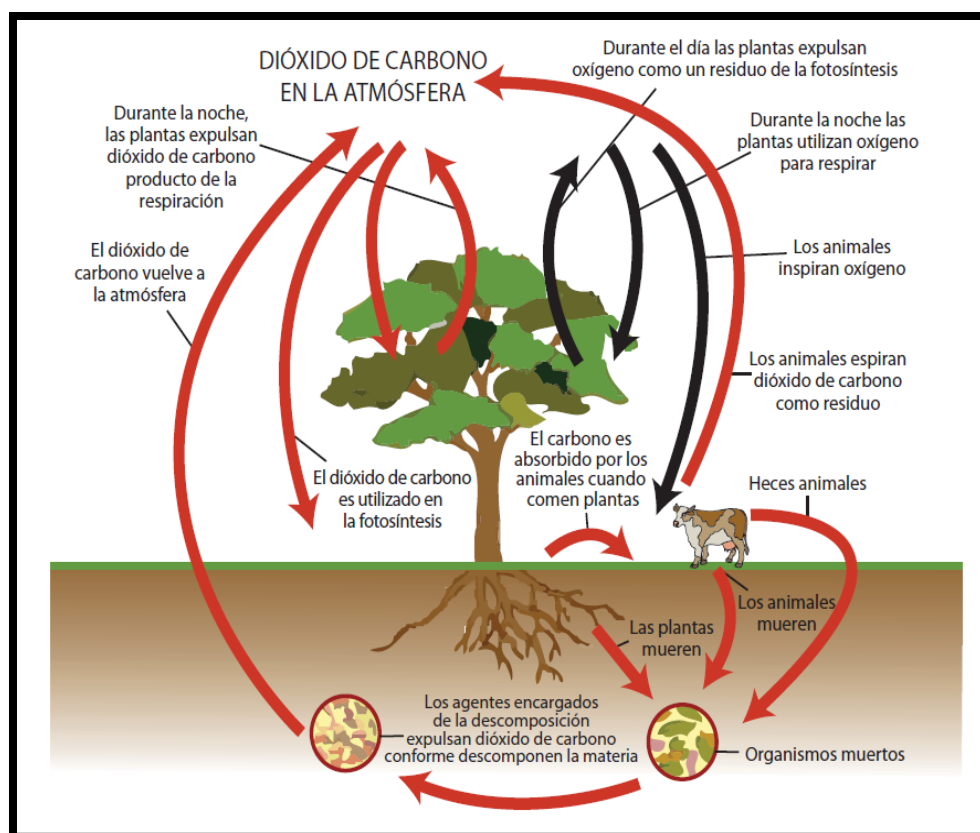


Figura 2. Ciclo del Carbono (FAO, 2010)

El almacén de carbono orgánico del suelo (COS) representa la mayor reserva en interacción con la atmósfera, se estima en cerca de 1 500 Pg C a 1 m de profundidad (cerca de 2 456 a dos metros de profundidad)¹. El carbono inorgánico representa cerca de 1 700 Pg pero es capturado en formas más estables tales como el carbonato de calcio. La vegetación (650 Pg) y la atmósfera (750 Pg) almacenan considerablemente menos cantidades que los suelos (FAO, 2002).

Reservorios de carbono

El carbono cumple un papel fundamental en los procesos fisicoquímicos y biológicos del planeta a través del ciclo de carbono. Los procesos de captura y emisión de carbono son parte de un sistema de cuatro reservorios de carbono: vegetación aérea y radical, materia en descomposición, suelos y productos forestales, los cuales están interrelacionados estrechamente, con tiempos de residencia y flujos asociados muy diferentes.

Los reservorios de carbono (ver Figura 3) se pueden encontrar en los ecosistemas. White y Minang (2011) describen los diversos reservorios de carbono en la superficie, los cuales son:

- Biomasa de plantas vivas (aérea y subterránea)
- Biomasa de plantas muertas (aérea y subterránea)
- Suelo (en materia orgánica de la tierra y, en cantidades ínfimas, como biomasa animal y de microorganismos)

Carbono de la biomasa de plantas vivas

La biomasa aérea abarca todos los troncos leñosos, ramas y hojas de árboles vivos, plantas rastreras, enredaderas y epífitas, así como las plantas del sotobosque y la vegetación herbácea. En el caso de los suelos agrícolas, incluye árboles (como árboles frutales), cultivos y maleza. La biomasa subterránea abarca las raíces, la fauna del suelo y los microorganismos (ibídem, 4)

¹ 1 Pg = 10¹⁵ g = Gt = 109 toneladas métricas

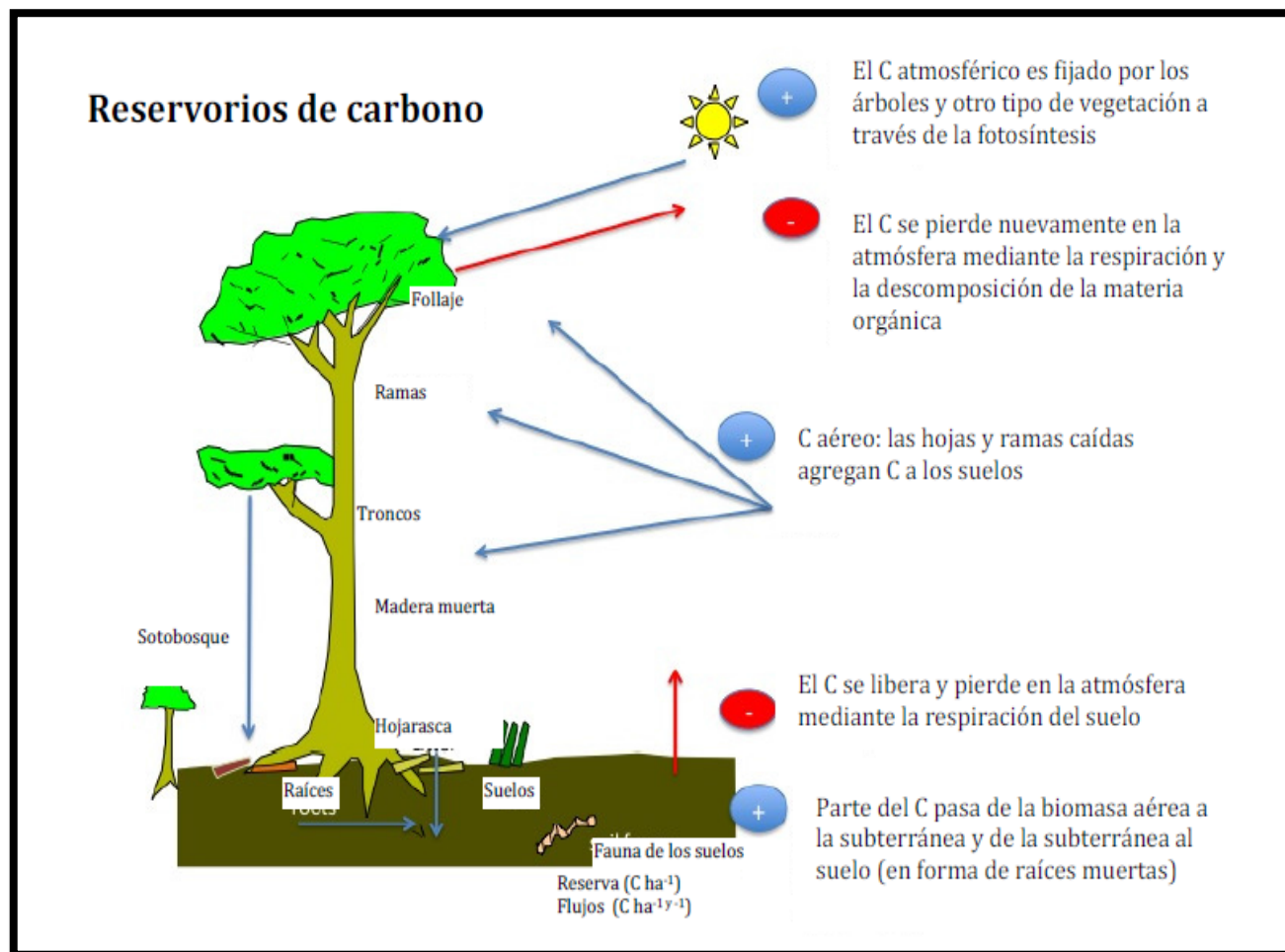


Figura 3. Reservorios de Carbono (ídem)

Carbono de la biomasa de plantas muertas

La materia orgánica muerta (necromasa) incluye árboles caídos y tocones, otros desechos leñosos gruesos, la capa de hojarasca y el carbón vegetal (o materia orgánica parcialmente carbonizada) sobre la superficie del suelo. Los árboles muertos pueden tardar aproximadamente 10 años en descomponerse y la necromasa constituye aproximadamente el 10% del total de reserva de carbono aéreo en un bosque natural saludable. Debido a que la tala suele enfocarse en aprovechar los árboles más valiosos y dañar muchos otros, la necromasa puede constituir 30-40% de la reserva de carbono aérea luego de la tala.

Si se utiliza fuego para realizar el desmonte, el carbono resultante se emitirá en forma directa o permanecerá por aproximadamente una década (ídem).

Carbono del suelo

El carbono del suelo abarca el carbono orgánico, el carbono inorgánico y el carbón vegetal. El principal tipo de carbono en el suelo se encuentra en diversas etapas de humificación y los plazos de recambio llegan hasta cientos (o incluso miles) de años, es el carbono orgánico. El bicarbonato, un tipo de carbono inorgánico, está presente en los suelos calcáreos pero es insignificante en los suelos neutros y ácidos (ibídem, 5)

Dinámicas del carbono orgánico en los suelos

Las existencias de COS representan un balance dinámico entre la absorción de material vegetal muerto y la pérdida por descomposición (mineralización). En condiciones aeróbicas del suelo, gran parte del carbono que ingresa al mismo es lábil y sola una pequeña fracción del que ingresa se acumula en la fracción húmica estable

Los diferentes reservorios de carbono que existen en el suelo tienen distintos tiempos medios de residencia variando de uno a pocos años, dependiendo de la composición, a décadas o a más de 1 000 años. Los diferentes compartimientos de materia orgánica en los suelos son influenciados por distintos factores.

Las partículas de materia orgánica libre y la biomasa microbiana de los suelos son controladas por el aporte de residuos (manejo de residuos de cultivos o cobertura del suelo) y el clima. La agregación del suelo, la textura y la mineralogía controlan la materia orgánica y por lo tanto, la labranza tiene un gran efecto sobre el tamaño de esos reservorios. Los otros reservorios son menos afectados por los factores agronómicos pero lo son sobre todo por factores pedológicos (FAO, 2002).

Importancia del carbono en los cultivos

El carbono es el elemento químico de mayor importancia vegetal, porque forma parte de todos os tejidos de la planta y de todos los principios inmediatos que la forman, sin que sea necesario añadir al suelo carbono, porque este elemento lo fijan las plantas absorbiendo por las hojas y partes verdes el anhídrido carbónico del aire, en virtud de un proceso fisiológico denominado fotosíntesis, o en función

clorofílica, donde existe un segundo tiempo por el cual la planta expulsa oxígeno. Para que se verifique la fotosíntesis se necesita el curso de la luz solar, cuya energía radioactiva contribuye a la formación de la materia viva de la planta, que produce el crecimiento de los tejidos.

La fotosíntesis no se produce cuando la planta no respira bien por las raíces, iniciándose entonces un proceso de debilidad general que termina con la extinción del vegetal.

A partir de la asimilación del carbono, se forman en las hojas los principios inmediatos que han de integrar los tejidos vegetales: azúcares, grasas, proteínas, vitaminas y hormonas (García Fernandez y García del Caz, 1982).

La materia orgánica y prácticas de manejo agropecuarias

Otro indicador importante dentro de los cultivos, es la materia orgánica del suelo. Es un indicador clave de la calidad del suelo, tanto en sus funciones agrícolas como en sus funciones ambientales, entre ellas se encuentra captura de carbono y calidad del aire. La materia orgánica del suelo es el principal determinante de su actividad biológica. La cantidad, la diversidad y la actividad de la fauna del suelo y de los microorganismos están directamente relacionadas con la materia orgánica.

La materia orgánica y la actividad biológica que esta genera tienen gran influencia sobre las propiedades químicas y físicas de los suelos. La agregación y la estabilidad de la estructura del suelo aumentan con el contenido de materia orgánica. Estas a su vez, incrementan la tasa de infiltración y la capacidad de agua disponible en el suelo así como la resistencia contra la erosión hídrica y eólica. La materia orgánica del suelo también mejora la dinámica y la biodisponibilidad de los principales nutrientes de las plantas (FAO, 2002).

La materia orgánica del suelo juega un papel de importante en el suelo y en el funcionamiento de los ecosistemas además interviene en forma activa en la formación del suelo, condiciona su comportamiento en relación al crecimiento de las plantas y microorganismos, al influir en el movimiento y almacenamiento de agua, intercambio catiónico, y constituir una fuente de nutrientes.

La materia orgánica procede de la descomposición de seres animales, de residuos vegetales y de microbios que existen en el suelo.

Un suelo se enriquece de materia orgánica por los restos de la vegetación espontánea que produce, al incorporar plantas en verde, por aportación de estiércol y otras sustancias húmicas, por residuos de cultivo y despojos de una

infinidad de microbios y de seres animales que anidan en el suelo. La pérdida de materia orgánica se produce en las circunstancias siguientes:

- ❖ Por repetidas labores de labranza, que airean el terreno y activan la mineralización y calcinación de los componentes orgánicos.
- ❖ Las lluvias continuas erosionan el suelo arrastrando humus, cuyo resultado son los suelos lateríticos, donde la sustancia húmica se encuentra en cantidades pequeñas.

Los suelos fértiles contienen cantidades medias de humus, sin tendencia a acumular y a destruir, donde aportaciones corrientes de compuestos orgánicos mantienen niveles constantes de dichas sustancias (García Fernández y García del Caz, 1982).

La cantidad de materia orgánica se incrementa indirectamente con la aportación de abonos minerales, porque aumentan las cosechas y los residuos de cultivo, los cuales mantienen un determinado nivel de humus frente a las causas que lo destruye.

La agricultura actual, donde la ganadería va siendo sustituida por los tractores, tiene como cuestión urgente reconstruir el nivel húmico del suelo, que va descendiendo año con año.

Métodos para la medición de carbono

Los cambios en las reservas promedio de carbono por cobertura terrestre pueden monitorearse utilizando diversos métodos que incluyen conjuntos de datos y cálculos secundarios de IPCC.

Además, los países pueden realizar inventarios forestales y muestreos *in situ* utilizando parcelas permanentes para los diferentes usos de suelo. Para medir los cambios en las reservas de carbono ocasionados por la degradación, IPCC (2006) recomienda dos opciones que no son mutuamente excluyentes (ver Figura 4):

- ❖ El método de diferencia entre reservas
- ❖ El método de ganancia-pérdida

El método de diferencia entre reservas utiliza los inventarios de reservas de carbono de usos de la tierra para calcular secuestros o emisiones. Las reservas de carbono en cada reservorio de carbono se calculan midiendo la reserva de biomasa existente al comienzo y al final de cada periodo de contabilización.

El método de ganancia-pérdida se basa en modelos de crecimiento entendiendo desde el aspecto ecológico el modo en que crecen los bosques y otros usos de suelo, junto con información sobre procesos naturales y acciones del ser humano que ocasionan pérdidas de carbono. Las ganancias de biomasa se calculan con base en índices de crecimiento típicos en términos de incremento anual medio menos pérdidas de biomasa calculadas para actividades como explotación forestal, daño por tala, recolección de leña y de otros productos, sobrepastoreo e incendios.

El costo de este método suele ser menor porque los reservorios de carbono se determinan por única vez al inicio y luego se generan modelos a través del tiempo.

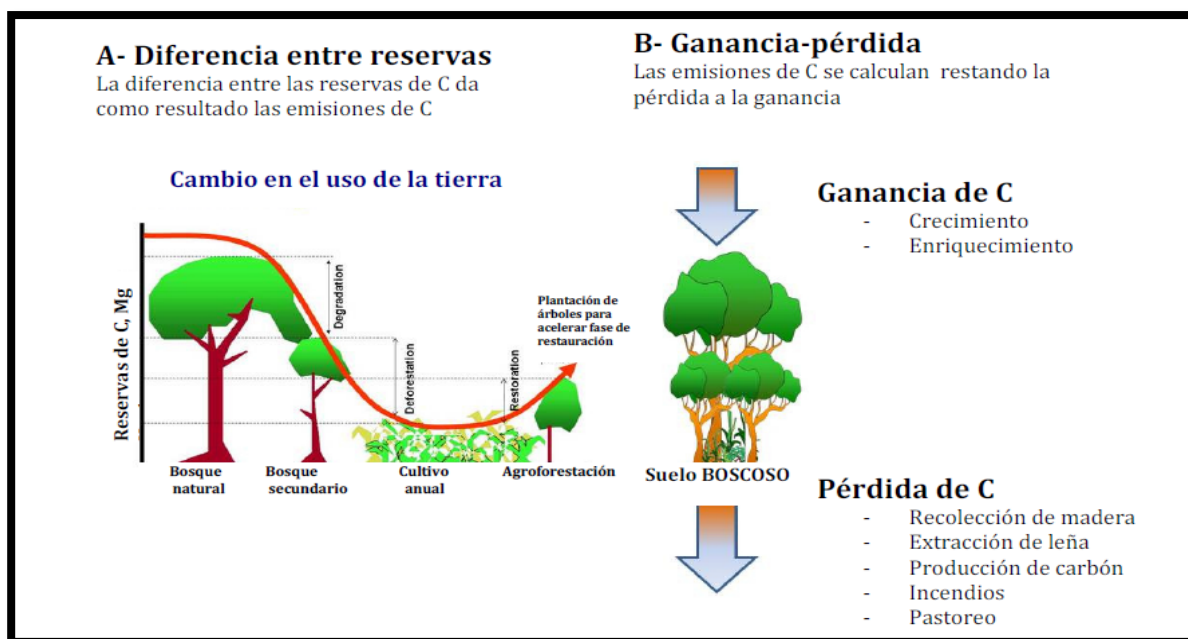


Figura 4. Comparación de los métodos de diferencia entre reservas y ganancia-pérdida (White y Minang, 2011)

De acuerdo a la FAO (2002), el método más comúnmente aplicado para estimar los reservorios de carbono en el suelo es la determinación del carbono orgánico total a diferentes profundidades o globalmente para uno o más horizontes y transformar los datos tomando en consideración la densidad y la pedregosidad del suelo.

Las estadísticas se calculan sobre diferentes muestras para determinar las existencias de carbono. Los resultados pueden ser expresados en kg/cm^2 , t/ha o Gt (Pg) totales sobre áreas especificadas y a varios rangos de profundidad.

Sistemas agrícolas y pecuarios

Como se ha mencionado anteriormente los sistemas de producción agrícolas y pecuarios tienen una gran influencia en los almacenes de carbono orgánico, a continuación se describen las principales características de estos sistemas. Los sistemas de producción agropecuarios se definen como el conjunto de insumos, técnicas, mano de obra, tenencia de la tierra y organización de la población para producir uno o más productos agrícolas y pecuarios (Jouve, 1988 citado por Cloter y Fregoso, 2006).

Los sistemas, complejos y dinámicos, están influenciados por el medio rural externo, incluyendo mercado, infraestructura y programas (Dixon *et al.*, 2001) por lo cual existen variaciones en el tipo manejo en cada sistema.

Sistemas agrícolas

La agricultura en México en su mayoría se practica bajo condiciones de minifundio, depende de las condiciones de temporal, utiliza la mano de obra familiar y se cultivan principalmente granos básicos (T. Martínez, *et al.*, 1994). Los campesinos que practican este tipo de agricultura reúnen algunas de las características siguientes:

1. Su producción la destinan fundamentalmente al autoconsumo y el excedente lo comercializan.
2. Los recursos productivos que disponen, tanto físicos como económicos, son insuficientes y limitados.
3. Usan de manera limitada las innovaciones agrícolas.
4. Utilizan formas elementales de organización para el trabajo y la producción, es decir, se distribuye el trabajo en forma individual o familiar.
5. El ingreso que obtienen de las actividades agrícolas no es suficiente para cubrir las necesidades de subsistencia familiar.

6. Generalmente tienen un nivel de escolarización bajo.
7. En su mayoría deben de completar sus ingresos económicos realizando otras actividades fuera de la parcela, ya sea el jefe de familia u otro miembro de la misma.
8. Sus necesidades fundamentales de vida como vivienda, alimentación, salud, vestido, etc. las satisfacen en forma precaria.
9. Utilizan racionalmente y en función de sus conocimientos empíricos, los escasos recursos que tienen a su disposición.
10. Conforman uno de los estratos más pobres dentro de la escala social del país.

De acuerdo a Dixon, *et al.* (2001), los sistemas agrícolas son un conjunto de aprovechamientos individuales con recursos básicos, pautas empresariales, medios familiares de sustento con limitaciones, en los cuales existen programas de desarrollo.

Así pues, un sistema agrícola puede definirse como una población de fincas individuales que presentan cierta semejanza en cuanto a sus bases de recursos naturales, recursos financieros y en modos de vida en el hogar. Entre los componentes que integran al sistema agrícola (ver Figura 5) se encuentran:

- ❖ Los recursos naturales, como los diferentes tipos de tierras, una variedad de recursos hídricos y el acceso a la propiedad comunal
- ❖ El clima y la biodiversidad
- ❖ El capital humano
- ❖ El capital social
- ❖ El capital financiero

Clasificación de sistemas agrícolas

La clasificación de los sistemas agrícolas propuesta por Dixon *et al.* (2001), se sustenta en los siguientes criterios:

- ❖ Recursos naturales básicos disponibles tales como el agua, las tierras, las zonas de pastoreo y de bosques; el clima, el paisaje, comprendida la

pendiente; la dimensión de la finca, el régimen y la organización de la tenencia de la tierra.

- ❖ La pauta dominante de las actividades agrícolas y de los medios de sustento de las familias, comprendidos los cultivos, el ganado, los árboles, la acuicultura, la cacería y la recolección, la elaboración y las actividades externas a la finca agrícola y también las principales tecnologías empleadas, que determinan la intensidad de la producción y la integración de los cultivos, el ganado y otras actividades.
- ❖ Los sistemas agrícolas pueden clasificarse en ocho categorías generales, en función del clima y de los recursos de que dispongan los agricultores de una región dada sean éstos:
 - ❖ Sistemas agrícolas de regadío
 - ❖ Sistemas agrícolas basados en el arroz acuático
 - ❖ Sistemas agrícolas de secano en zonas húmedas de elevado potencial de recursos
 - ❖ Sistemas agrícolas de secano en las estepas y tierras altas
 - ❖ Sistemas agrícolas de secano en zonas secas o frías de potencial bajo
 - ❖ Sistemas agrícolas duales (combinación de grandes explotaciones comerciales y de pequeñas fincas)
 - ❖ Sistemas de pesca artesanal costera
 - ❖ Sistemas agrícolas en zonas templadas, basados por lo general en la horticultura y la producción ganadera

Sistemas pecuarios

Seré *et al.*, (1996) definieron a los sistemas pecuarios como aquellos en los cuales más del 90% de la materia seca que alimenta al ganado proviene de dehesas, pasturas, forrajes anuales y alimento comprado y menos del 10% del valor total de la producción proviene de actividades agrícolas no ganaderas. Sere y Steinfeld (1996) también los definieron como sistemas mixtos.

Clasificación de sistemas de producción ganadera

A continuación se presentan tres clases de sistemas pecuarios más comunes de acuerdo a Seré *et al.*, (1996):

- ❖ Sistemas de pastoreo.
- ❖ Sistema mixto
- ❖ Sistema industrial.

Sistemas de pastoreo

Los sistemas de pastoreo son aquellos en los cuales más del 90% de la materia seca con la que se alimenta a los animales, proviene de dehesas, pasturas, forrajes anuales y alimento comprado y menos del 10% del valor total de la producción proviene de actividades agrícolas no ganaderas. Las tasas anuales de abundancia son menos de 10 unidades ganaderas por hectárea de tierra cultivada.

En términos de producción total, los sistemas de pastoreo suministran solamente el 9% de la producción global de carne. Los animales pastando son frecuentemente asociados con sobrepastoreo, degradación del suelo y deforestación pero hay también efectos positivos de los sistemas de pastoreo sobre el medio ambiente y la ganadería constituye la única fuente de ingresos para 20 millones de familias pastoriles.

Los sistemas de pastoreo son descritos para cada una de las siguientes regiones:

1. Árida
2. Semi-árida
3. Sub-húmeda y Húmeda
4. Tierras Altas Tropicales y Zonas Templadas

El impacto medioambiental dependerá además de si el ganado se desplaza en busca de alimento (móvil), si depende de pasturas comunales locales (sedentario) o si tiene acceso a suficiente alimento entre los límites de la granja (ganadería de campo abierto y pastizales).

Sistemas mixtos

Los sistemas mixtos son definidos por Seré *et. al*, (1996), como aquellos en los cuales más del 10% de la materia seca que alimenta al ganado proviene de productos secundarios de cosecha y/o soca o más del 10% del valor de la producción proviene de actividades agrícolas no ganaderas.

Globalmente, los sistemas agrícolas mixtos producen la mayor proporción de carne total (54%) y leche (90%) y la agricultura mixta es el principal sistema de pequeños granjeros en la mayoría de los países en desarrollo. La agricultura mixta es probablemente el más benigno sistema de producción agrícola, toda vez que hay muchas oportunidades para el reciclaje de nutrientes.

El impacto de estos sistemas sobre el medio ambiente dependerá de la fuente de alimento, por lo tanto son descritos sistemas aparte por provisión de alimento como:

1. Pastoreo comunal
2. Residuos de cosecha
3. Procesos de corte y acarreo
4. Producción en la granja
5. Alimento externo

Sistemas industriales

De acuerdo a Sere y Steinfeld (1996), estos sistemas tienen unas tasas de poblamiento promedio mayores a 10 unidades de ganado por hectárea de tierra cultivada y mayores del 10% de la materia seca que alimenta al ganado es producida en la granja. Los sistemas industriales proporcionan menos del 50% de la producción global de carne de ave o cerdo y el 10% de la producción de carne de res y carnero.

Ellos dependen de suministros de comida externos, energía y otros insumos y la demanda por esos insumos puede entonces tener efectos sobre el medio ambiente en regiones diferentes a aquellas donde la producción ocurre. El impacto de la ganadería sobre el medio ambiente en esos sistemas depende tanto de las especies involucradas:

- ❖ Producción avícola
- ❖ Producción porcina
- ❖ Producción de carne de rumiante estabulado
- ❖ Producción urbana de lácteos a gran escala como del procesamiento de los insumos (suministro alimenticio) y el producto (productos animales)

Casos de estudio

En los últimos años, la elaboración de inventarios sobre la emisión y sumideros de gases de efecto invernadero (GEI) ha tomado gran importancia debido al impacto que ha generado el cambio climático.

Las estimaciones sobre emisiones y captura de GEI han permitido generar estrategias de mitigación y adaptación ante el cambio climático elaboradas a partir de la creación de diversos convenios, instituciones, ONG's y proyectos que cuentan con participación activa para reducir las externalidades producidas por el cambio climático.

Entre los estudios destacan las estimaciones de emisiones y almacenes de carbono, ya que es uno de los GEI más importantes y que ocupa el segundo lugar en emisiones a la atmósfera por función de cambio de uso de suelo a nivel mundial. La problemática específicamente para México, es que este fenómeno es de singular importancia, ya que se encuentra dentro de los 20 países con mayores emisiones y por otro lado se encuentra entre las regiones más vulnerables a los impactos asociados al cambio climático debido a las condiciones bioclimáticas y socioeconómicas (Ordóñez y Mansera, 2001).

No obstante, la realización de inventarios de COS cuenta con una limitante, el muestro de campo. Paz Pellat, *et al.*, (2010) menciona que una alternativa para el muestro de campo es el uso de tecnologías como sensores remotos. Sin embargo, es necesario contar con datos obtenidos en campo para escalar las estimaciones de COS en los pixeles de diferentes satélites para generar concentraciones de COS con mayor precisión.

Hoy en día ante la necesidad de contar con más datos que permitan evaluar los diferentes sumideros de carbono se han realizado estudios acerca de estimaciones de COS en bosques y en sistemas productivos agrícolas y pecuarios, en los cuales se han adaptado diversas metodologías para generar datos confiables acerca de los almacenes de carbono. Estas investigaciones pueden ayudar a completar otros estudios a diversas escalas, como lo es con el uso de sensores remotos.

Para la presente investigación, fue necesario realizar una recopilación de distintas mediciones de secuestro de carbono edáfico en distintos sistemas productivos para posteriormente comparar los almacenes de COS de los estudios previos con los resultados obtenidos.

A continuación se presentan investigaciones acerca de diversas estimaciones de COS, mostrando la medición que se realizó en la zona de estudio de COS en zona forestal que servirá como base para comparar los almacenes de carbono en de la localidad de Cevatí.

Tabla 1. Casos de estudio

COS	PROYECTO	OBJETIVO	RESULTADOS
AGRICOLA Y PECUARIO	Carbono en sistemas ganaderos en un paisaje de conservación REBIMA Chiapas, México (Morales Coutiño, 2010)	Estimación del carbono almacenado en un paisaje ganadero de la REBIMA en el municipio de Maravilla Tenejapa, Chiapas	La estimación de carbono para cada uno de los compartimentos por sistema mostró que el C en el suelo es el mayor almacén, seguido de la biomasa viva y la materia orgánica muerta. El C en los árboles contiene un promedio de 35.7 t/ha. En el compartimento del suelo, es principalmente la capa más superficial, de 0-10 cm, la que contiene el mayor C, 65 a 70 t/ha en los tres sistemas, y por último el C de la biomasa del mantillo fresco.
	El secuestro de carbono en la agricultura y su importancia con el calentamiento global (Sandoval Estrada, <i>et al.</i> , 2003)	Analizar de la cantidad de carbono que puede ser secuestrado mediante la aplicación de diferentes manejos agronómicos. Integración de una visión de los distintos sistemas agrícolas propuestos (cero labranza o siembra directa y rotaciones de cultivos) que mejoran la retención del COS.	El COS tiende a incrementarse con las prácticas de labranza de conservación, porque existe menos materia orgánica es oxidada desde el suelo. El potencial de secuestro de carbono bajo no labranza es de 300 a 500 kg /ha.

COS	PROYECTO	OBJETIVO	RESULTADOS
	Almacenamiento de carbono en el suelo y la biomasa arbórea en sistemas de uso de la tierra en paisajes ganaderos de Colombia, Costa Rica y Nicaragua (Ibrahim, <i>et al.</i> , 2007).	Evaluar de tres paisajes ganaderos con los diferentes usos de suelo: pasturas degradadas, pasturas naturales y mejoradas con y sin árboles, bancos forrajeros, plantaciones forestales, bosques riparios y bosques secundarios.	Los resultados muestran que las pasturas degradadas no están aportando significativamente al secuestro de carbono tienen 63.06 <i>t/ha</i> , mientras que las pasturas mejoradas con árboles y los sistemas silvopastoriles son usos de la tierra con mayores potenciales, cuentan con un almacén de 121.7 y 97.3 <i>t/ha</i> .
	Estimación de la captura de carbono en suelos, bajos diferentes sistemas productivos agropecuarios en el municipio de Zacazonapan, Estado de México (Torres García, 2013)	Estimar la captura de COS bajo diferentes sistemas productivos agropecuarios en el municipio de Zacazonapan Estado de México, en el año 2011.	Los resultados de los diferentes sistemas muestreados fueron los siguientes: *Ganadería extensiva y cubierta vegetal de selva baja caducifolia: 121.23 <i>t/ha</i> *Ganadería extensiva: 112.87 <i>t/ha</i> *Agrícola de temporal y ganadería: 124.17 <i>t/ha</i> *Agricultura de temporal con presencia forestal: 93.66 <i>t/ha</i> *Caña de azúcar: 124.52 <i>t/ha</i>
BOSQUE	Almacén de carbono (c) total en bosques de <i>Pinus patula</i> Schl. Et Cham., en Tlaxco, Tlaxcala (Acosta, <i>et al.</i> , 2001)	Determinar los almacenes de carbono (C) en rodales de diferente composición, en los estratos aéreo y subterráneo	El mayor contenido de C fue en el rodal de Pino-Oyamel (Po), con 300.9. <i>t/ha</i> . El que presentó menor contenido de C es el rodal de Pino (P) con 183.2 <i>t/ha</i> . Se encontró que en los primeros 20 cm de profundidad del suelo se concentra la mayor cantidad de C y conforme aumenta la profundidad disminuye la cantidad de éste.
	Almacenes de carbono en bosques montanos de niebla de la sierra Norte de Oaxaca, México (Álvarez Arteaga, <i>et al.</i> , 2013)	Evaluar del contenido de C en los almacenes aéreos y subterráneos en cinco comunidades de bosque montano de niebla en la Sierra Norte de Oaxaca, situadas entre 1500 y 2500 m de altitud.	Los almacenes de carbono en la fracción mineral del suelo se mantuvieron constantes entre 1500 y 2000 m (220 <i>t/ha</i>), pero desde 2400 m declinaron hasta 158 <i>T/ha</i> a los 2500 m. . En promedio, la reserva de carbono en biomasa y suelo para los bosques montanos de niebla fue 384.16±40.13 <i>t/ha</i> .

COS	PROYECTO	OBJETIVO	RESULTADOS
	Medición de la captura de carbono en suelos forestales, en la localidad de Cevatí, San José del Rincón, Edo. de México (Quiroz Torres, 2013)	Cuantificar de carbono en suelos de bosque templado, en un predio con actividad de aprovechamiento forestal.	De los rodales muestreados de suelo en la vegetación forestal que se encuentra en el área de estudio, se obtuvo: * <i>Abies religiosa</i> : 138.49 t/ha * <i>Cupressus lindleyi</i> 172.77 t/ha * <i>Quercus rugosa</i> 196.36 t/ha * <i>Pinus pseudostrobus</i> 141.50 t/ha Un análisis extra en Cevatí, fue la toma de muestra de una parte considerada pradera, en donde la cantidad de carbono almacenado aquí fue de casi 180 ton /ha.
	Estimación de carbono en suelos de selva baja caducifolia en el municipio de Zacazonapan, México (Espinoza Zaragoza y Rivera Vergara, 2013)	Estimar la cantidad de carbono almacenado en suelos con cobertura de selva baja caducifolia, así como sus cambios a uso de ganadería extensiva y agricultura en terrenos del municipio de Zacazonapan Estado de México.	De los rodales muestreados de suelo del estudio, se obtuvo: *Uso forestal con ganadería extensiva: 33.45 t/ha *Uso forestal con ganadería extensiva: 31.01 t/ha *Forestal arbórea: 97.75 t/ha *Forestal con agricultura de temporal y ganadería extensiva: 27.29 t/ha *Forestal con agricultura de temporal y ganadería: 37.74 t/ha
OTROS	Análisis multifractal del carbono en los suelos 3. Estimaciones escalantes (Paz Pellat, et al., 2010)	Uso de sensores remotos como alternativa para el muestreo de campo. Se presentan los resultados de escalar muestras de campo hasta las dimensiones de los píxeles de diferentes satélites	Se muestran precisión de los satélites para escalar los resultados provenientes de campo y estimar concentraciones de COS con mayor precisión.

Dentro del área de estudio del presente trabajo, existe un estudio previo de una cuantificación de COS de bosque templado, en un predio con actividad de aprovechamiento forestal, estudio realizado por Quiroz, (2013). De los rodales muestreados de suelo en la vegetación forestal que se encuentra en el área de estudio, se obtuvieron los siguientes valores: *Abies religiosa* con 138.49 t/ha, *Cupressus lindleyi* 172.77 t/ha, *Quercus rugosa* 196.36 t/ha y *Pinus pseudostrobus* 141.50 t/ha.

Los casos de estudio recopilados permiten tener una visión acerca de los almacenes en distintos usos de suelo, incluyendo las condiciones físicas, prácticas de manejo y cambios de uso de suelo en los diferentes proyectos de investigación. Lo que permite observar que en los primeros 20 cm de profundidad del suelo se concentra la mayor cantidad de carbono y conforme aumenta la profundidad disminuye la cantidad de éste.

Asimismo, el COS tiende a incrementarse con las prácticas de labranza de conservación, porque existe menos materia orgánica disponible para ser oxidada desde el suelo. Dentro de las prácticas de manejo agrícola analizadas en los diversos estudios la no labranza resultó que tiene un potencial de secuestro de carbono bajo no labranza entre 300 y 500 kg /ha.

Área de estudio

En este apartado se describen las características físico-geográficas, naturales y socioeconómicas del área de estudio, comenzando con la descripción geográfica, para localizar la zona del proyecto, el tipo de roca, suelo y clima. Seguido de esto, se describe la dinámica social y económica de la localidad para identificar la importancia que tienen las actividades económicas como la agricultura y ganadería para la población. Lo cual permite dar una perspectiva en las que se encuentra el área de estudio y tratar de interrelacionar los factores sociales en el tema de estudio.

Localización

El proyecto se realizó en el municipio de San José del Rincón, México en la localidad de Cevatí, ubicada en el noroeste del municipio. Ésta se sitúa en las coordenadas $19^{\circ}42'02''$ y $100^{\circ}13'15''$ a una altitud de 2959 metros.

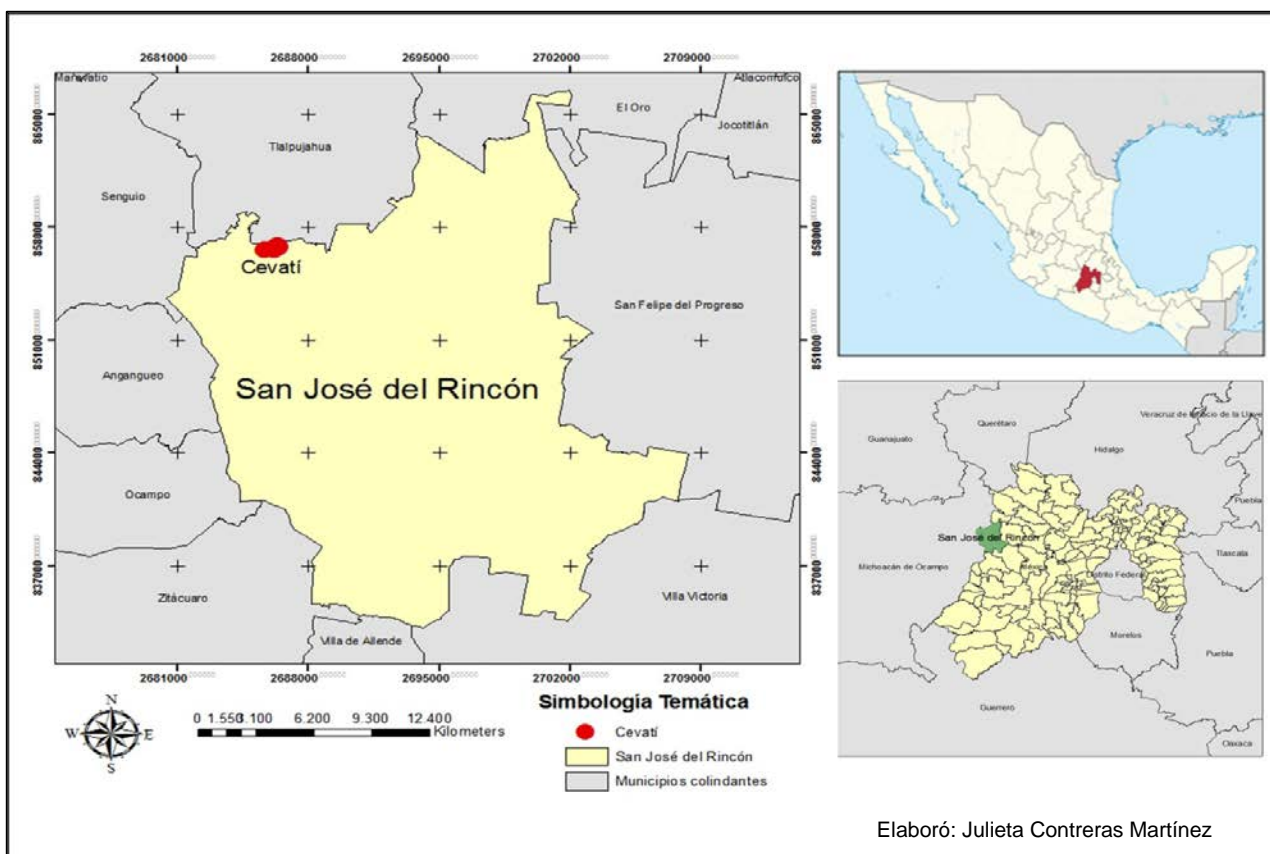


Figura 5. Mapa de localización

Geología

La formación geológica de la zona data del Cenozoico, al periodo Terciario superior y su tipo de roca es ígnea extrusiva. Abarca sierras volcánicas complejas, debido a la variedad de sus antiguos aparatos volcánicos, mesetas lávicas escalonadas, lomeríos basálticos y el valle por el cual el río Lerma se dirige hacia el norte de la presa Solís (GEM, 2009).

Clima

El clima predominante pertenece al subgrupo de climas semifríos, específicamente C(E)(w2)(w)b(i)g que corresponde a semifrío subhúmedo con lluvias en verano de mayor humedad en donde la temperatura media anual oscila entre los 8° y 12°C. y la precipitación total anual entre los 1,000 y 1,200 mm. (Casa A., 2001)

Edafología

El suelo que predomina en el área de estudio es el Andosol, el cual se caracteriza por tener una capa superficial de color negro o muy oscuro, en ocasiones ocre y la textura que posee es esponjosa o muy suelta, son suelos profundos rico en fósforo, el cual no es fácil de asimilar para los cultivos; estos suelos, además sufren de un gran grado de erosión cuando carecen de vegetación (GEM, 2009).

La FAO (2001) describe a los Andosoles como suelos que tienen un buen drenaje interno debido a su alta porosidad y su presencia en terrenos altos. Son suelos relativamente resistentes a la erosión hídrica debido a la estabilidad de los agregados y su alta permeabilidad al agua. Sin embargo, aquellos suelos Andosoles perturbados por actividades como la deforestación son vulnerables a procesos erosivos.

Cuando se presentan en condiciones de falta de humedad en estos suelos se ocasiona deterioro de las propiedades de retención de agua, capacidad de intercambio iónico, el volumen del suelo, y en última instancia, la cohesión de las partículas. En el caso extremo de éstos se deshacen en un polvo fino que es muy susceptible a la erosión del viento (FAO, 2001).

Hidrología

La comunidad de Cevatí se encuentra en la Región Hidrológica número 12 del Río Lerma, de la cuenca del Río Lerma-Toluca, Subcuenca del Río Otzolotepec-Atlacomulco, subcuenca Tributaria San Jerónimo Pilitas. Existen corrientes intermitentes en la zona de estudio, sin embargo, no se encuentran en zonas de cultivo, si no en la parte de uso forestal.

Aspectos socioeconómicos

De acuerdo al Censo de Población y Vivienda 2010 (INEGI), la localidad tiene un total de 96 habitantes, 44 hombres y 52 mujeres, de los cuales no existe ninguno de habla indígena. En la Tabla 2 se observa que en el año 2005 la comunidad contaba con 109 habitantes, 55 hombres y 54 mujeres (Censo de Población y Vivienda 2005, INEGI); lo cual muestra que la población de la comunidad disminuyó, esto debido a una posible migración. La población cuenta con los servicios básicos como agua potable y drenajes. Los materiales de vivienda, son de su mayoría de techo de lámina con paredes de madera y piso de tierra.

De acuerdo a los Resultados sobre localidades con menos de 5 mil habitantes (INEGI, 2010), la localidad tiene 24 personas económicamente activas² de las cuales son hombres, 50 personas no económicamente activas³ donde 11 son hombres y 39 son mujeres. Cuenta con 11 personas ocupadas⁴, las cuales son hombres. La principal actividad económica de la zona es la agricultura (INEGI, 2010).

Tabla 2. Población de Cevatí, San José del Rincón

AÑO	2005			2010		
	Hombres	Mujeres	Total	Hombres	Mujeres	Total
Datos demográficos						
Total de población en la localidad	55	54	109	44	52	96

Fuentes: INEGI (2005, 2010)

Al comprender los aspectos medioambientales y socioeconómicos como una primera perspectiva de la zona de estudio, nos permite obtener un diagnóstico sobre el aprovechamiento de los recursos naturales que cuenta la localidad y además la dinámica poblacional.

² Personas de 12 años y más que trabajaron; tenían trabajo pero no trabajaron o; buscaron trabajo en la semana de referencia.

³ Personas de 12 años y más pensionadas o jubiladas, estudiantes, dedicadas a los quehaceres del hogar, que tienen alguna limitación física o mental permanente que le impide trabajar.

⁴ Personas de 12 a 130 años de edad que trabajaron o que no trabajaron pero sí tenían trabajo en la semana de referencia.

Esto nos muestra, que los habitantes de la localidad de Cevatí presentan procesos de migración, lo cual se observa en la disminución de población. Lo cual nos permite inferir que los recursos naturales no se encuentran sometidos actualmente a una alta presión antropogénica.

La principal actividad económica de los habitantes de la comunidad, es la agricultura. Tomando en cuenta que no existen corrientes intermitentes en zonas de cultivo, si no en la parte de uso forestal, las actividades agrícolas son de temporal, expuestas a un clima semifrío subhúmedo con precipitación total anual entre los 1,000 y 1,200mm. No obstante, los suelos que conforman el área de estudio, son vulnerables a erosionarse cuando no tienen la humedad necesaria convirtiéndose en un polvo fino que muy es susceptible a la erosión del viento. Estos datos se ratifican en la caracterización de los sistemas productivos y los análisis fisicoquímicos del suelo.



CAPÍTULO II: MATERIALES Y MÉTODOS

Para el desarrollo de la investigación se eligió la herramienta metodológica de *estudio de caso* para comprender las dinámicas presentes en contexto particular, para este trabajo, se enfocan a las actividades agrícolas y pecuarias de comunidad de Cevatí.

De acuerdo con Martínez Carazo, (2006) el método de *estudio de caso* es:

...es una herramienta valiosa de investigación, y su mayor fortaleza radica en que a través del mismo se mide y registra la conducta de las personas involucradas en el fenómeno estudiado. Además los datos pueden ser obtenidos desde una variedad de fuentes, tanto cualitativas como cuantitativas; esto es, documentos, registros de archivos, entrevistas directas, observación directa, observación de los participantes e instalaciones u objetos físicos con el fin de describir.

Este método consiente en el uso de diferentes técnicas de recolección y análisis de la información que permite complementar el presente estudio, por tanto, permitió elaborar análisis cualitativo y cuantitativo de las condiciones medioambientales, las características de sistemas productivos y los almacenes de COS.

Los sistemas productivos agropecuarios de la comunidad de Cevatí fueron seleccionados para la obtención de datos de almacenes de COS, en primera instancia porque existe un estudio previo que cuenta con datos de almacenes edáficos en el área forestal en la misma comunidad que sirve como referencia para el estudio (ver Capítulo 1) y esto permitió tener identificados a productores lo que facilitó su participación para obtener información del manejo de los sistemas productivos y el muestreo de los suelos agrícolas.

El diseño general de la investigación se fundamentó en cuatro etapas: una de carácter teórico- conceptual, otra de carácter empírico de trabajo de campo, una tercera de carácter experimental en laboratorio y por último la fase analítica (ver Figura 6).

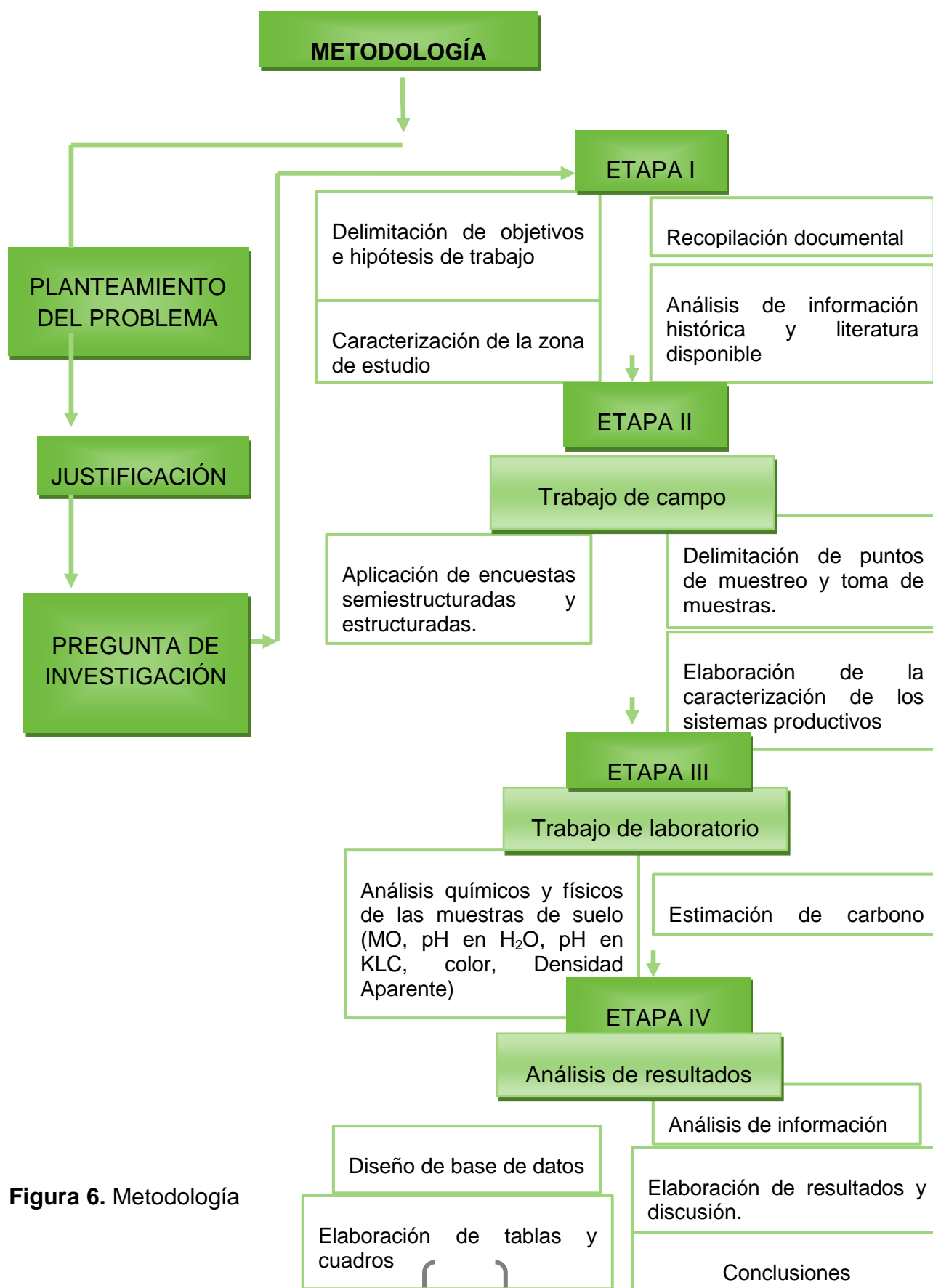


Figura 6. Metodología

El diseño metodológico permitió integrar datos cuantitativos de almacenes de COS que se ligan a los datos cualitativos de las prácticas de manejo de las actividades agropecuarias, donde se considera relevante identificar los COS en un contexto más amplio considerando los cambios de uso de suelo en la comunidad de Cevatí. A continuación se detallan las etapas que conformaron la investigación para realizar el presente estudio.

Etapas de la investigación

Etapa I. Revisión bibliográfica

En la primera etapa, se realizó una revisión bibliográfica con el propósito de recopilar información que sobre los tipos de reservorios de carbono, el papel de los suelos en el ciclo del carbono y su importancia en los sistemas productivos agrícolas, características de los sistemas productivos y estudios previos de estimaciones de almacenes de carbono.

Etapa II. Trabajo de campo

En la segunda etapa, el análisis empírico o de trabajo de campo involucró dos aspectos:

1. El primero, de carácter cualitativo, emplea encuestas, iniciando con entrevistas no estructuradas aplicadas a los campesinos cuyos modos de vida están relacionados a las actividades productivas, esto con el objeto de obtener una visión preliminar del manejo y seleccionar los sistemas productivos de la zona de estudio.

Se eligió a tres productores de la comunidad para la aplicación de entrevistas, los cuales permitieron acceso a sus terrenos para la obtención de las muestras edáficas.

Posteriormente en otras visitas a la comunidad se les aplicaron encuestas estructuradas a los campesinos que permitieron analizar la dinámica de sus actividades agrícolas y pecuarias. El cuestionario (ver Anexo 3) que se aplicó permitió recopilar información sobre la disponibilidad de capitales, tales como: naturales (tipo de suelo, clima y recursos naturales), humanos (habilidades, conocimientos) y sociales (ayuda de la familia, amigos e informaciones sobre prácticas de manejo adecuadas).

2. El segundo, se enfocó en la recolección de muestras de suelo: selección de las zonas de muestreo y diseño de muestreo.

❖ Selección de zonas de muestreo

La elección de los puntos a muestrear consistió en primera instancia en establecer las parcelas en las cuales se extrajeron las muestras edáficas a través de un análisis empírico con un primer acercamiento con los productores con una entrevista no estructurada para identificar los sistemas productivos más representativos del área de estudio tomando en cuenta tipo de cultivo sembrado en cada sitio, estableciendo seis parcelas para el estudio (ver Tabla 3) cuatro son de agricultura de temporal y dos son de uso pecuario (ver mapa de localización de sistemas productivos Anexo 1).

Tabla 3. Parcelas de muestreo

PARCELA	ACTIVIDAD
GRAMÍNEAS CON INTERCALACIÓN DE CULTIVOS (GIM)	Cultivo anual de maíz con intercalación de chícharo, haba y frijol
GRAMÍNEAS DE GRANO CHICO (GGC)	Cultivo de trigo
GRAMÍNEAS (G)	Con cultivo anual de maíz
GRAMÍNEAS CON ROTACIÓN DE CULTIVOS (GRC)	Cultivo de maíz con rotación de cultivo de papa
AGRÍCOLA CON PASTOREO (AP)	Cultivo anual de avena con pastoreo
PECUARIO ESTABULADO (PE)	Pecuario estabulado

❖ Diseño de muestreo

El diseño del muestreo se realizó al azar en zig-zag (Figura 7) a una profundidad de 20 cm de acuerdo a la NOM-021-SEMARNAT-2000.

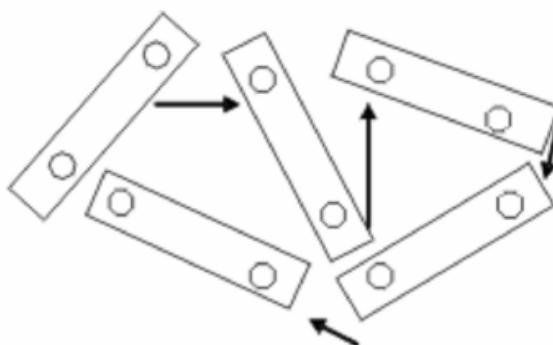


Figura 7. Diseño de muestreo (COLPOS, 2001)

En consideración de que las muestras deben ser representativas de los suelos de la zona de estudio se tomó en cuenta el área y las condiciones topográficas de la parcela para determinar el número de muestras edáficas extraídas, se

considera adecuado tomar de 15 a 40 muestras en cada parcela en terrenos de 5000 y 10000 m² (COLPOS, 2001). El total de muestras edáficas recolectadas por parcela fueron las siguientes:

Tabla 4. Total de muestras recolectadas

PARCELA	MUESTRAS RECOLECTADAS
GIM	16
GGC	12
G	6
GRC	6
AP	7
PE	6
Total	53

Como lo muestra la siguiente Figura 8, cada punto fue ubicado previamente mediante GPS, después extraídas las muestra fueron depositadas en bolsas de plástico con etiquetas que indicaban el lugar, número de parcela, número de muestra y fecha del muestreo.



Figura 8. Muestreo de parcelas

Etapa III. Análisis de laboratorio

En la tercera etapa se realizaron los análisis de laboratorio de las muestras recolectadas en campo, el cual se llevó a cabo en dos fases, la preparación de muestras para su análisis y la aplicación de los métodos analíticos del suelo.

Preparación de muestras para su análisis.

Las muestras se llevaron al laboratorio para prepararlas para su análisis comenzando por el secado a temperatura ambiente sobre papel periódico durante 15 días, una vez seco el suelo se colocó sobre papel periódico limpio para proceder a triturarlo con un mazo de madera, evitando romper las partículas del suelo y los fragmentos de rocas visibles. Después se pasó por un tamiz de 2 mm de abertura. Una porción aproximada de 5g de suelo se tamizó en una malla de 0.25mm para el análisis de materia orgánica.

Análisis fisicoquímicos del suelo

Después de la preparación de las muestras, a cada una de las muestras de suelo se les realizaron los siguientes análisis de acuerdo con la Norma-021RENAT2000: color en seco y húmedo (Código Munsell, 1990), pH en KCl y H₂O, Densidad Aparente (método AS-03) y materia orgánica (Walkley y Black), (ver Tabla 5). A continuación se describe la importancia de la realización de éstos análisis y una descripción breve del método.

Tabla 5. Métodos de análisis de suelo

PARÁMETROS	MÉTODO
Color	Código Munsell, 1990
pH	Método AS-02
Densidad aparente	Método AS-03
Materia orgánica	Walkey y Black

Fuente: Elaboración propia

Determinación de color del suelo

El color del suelo se determinó con las tablas Munsell (1990). Este análisis permite inferir características importantes del suelo, como su composición mineralógica, su edad o los procesos edáficos que tienen lugar, como la acumulación de carbonatos, la presencia de materia orgánica humificada, etc. Del mismo modo, permite diferenciar entre distintos tipos de horizontes de un mismo perfil o entre perfiles de distintos suelos.

También permite obtener una visión preliminar sobre su composición, donde las coloraciones varían dependiendo del revestimiento de partículas muy finas de materia orgánica humificada (oscuro), óxidos de hierro (amarillo, pardo, anaranjado y rojo), óxidos de manganeso (negro) y otros, o puede ser debido al color de la roca parental (FAO, 2009).

Potencial de hidrogeno

Se utilizó un potenciómetro en suspensión del suelo, se agregaron 25 ml de agua destilada a un vaso (1) y 25 ml de KCl 1N al vaso (2) y se agitaron durante 30 min. Con el potenciómetro calibrado se obtuvo las lecturas de pH de las muestras.

El valor de pH del suelo proporciona información acerca de propiedades físicas (estructura, porosidad), químicas (disponibilidad de nutrientes, descomposición de la materia orgánica, mineralización del hidrogeno, etc.) y biológicas (humificación, movilidad, absorción de los nutrientes). Se tomó pH en agua y KCL, el primero permite determinar la concentración de protones que está en la disolución del suelo y al usar KCl se determina la concentración de iones ácidos fijados en el complejo adsorbente más la concentración de protones que hay en la disolución (Jordán López, 2006).

Densidad aparente

Para calcular la densidad aparente se pesó una probeta de 10 ml vacía y seca a la que se le agregó suelo hasta los 10 ml. y se golpeó ligeramente 10 veces sobre la franela. Nuevamente se pesó la probeta con los 10 ml. de suelo. Para obtener los resultados de densidad aparente se resta al peso de la probeta con el suelo, el peso de la probeta sola; se divide el resultado de la diferencia entre 10, para obtener la densidad del suelo.

La densidad aparente es un parámetro importante para la descripción de la calidad del suelo y la función del ecosistema. La densidad aparente del suelo se define como la masa de una unidad de volumen de suelo seco.

Este volumen incluye tanto sólidos como los poros, por lo que la densidad aparente refleja la porosidad total del suelo. Valores de densidad aparente bajos (generalmente por debajo de $1,3 \text{ kg dm}^{-3}$) indican generalmente una condición porosa del suelo. Los valores de densidad aparente altos indican un ambiente pobre para el crecimiento de raíces, aireación reducida, y cambios indeseables en la función hidrológica como la reducción de la infiltración del agua (FAO, 2009).

Carbono orgánico en suelo (COS)

Se utilizó el método Walkley y Black, el cual se basa en la oxidación del carbono orgánico del suelo por medio de una disolución de dicromato de potasio (KCr_2O_4) y el calor de reacción que se genera al mezclarla con ácido sulfúrico concentrado (H_2SO_4). Después de un tiempo de espera la mezcla se diluye, se adiciona ácido fosfórico para evitar interferencias de Fe^{3+} y el dicromato de potasio residual es valorado con sulfatoferroso (FeSO_4 1N. pH 7).

Posteriormente se realizaron los cálculos empleando la formula

$$\% \text{ de C. Orgánico} = \frac{B-T}{G} N \times 0.39$$

Dónde:

B = Volumen de sulfato ferroso gastado para valorar el testigo (ml)

T = Volumen de sulfato ferroso gastado para valorar la muestra (ml)

N = Normalidad exacta del sulfato ferroso (valorar por separado al momento de analizar las muestras)

G = Peso de la muestra empleada (g)

$$\% \text{ M. O.} = \% \text{ C. orgánico} \times 1.724.$$

Después de obtener la concentración de MO, se estimó el almacén de para cada muestra recolectada aplicando la siguiente fórmula:

$$\text{CA: } \text{CS} \times \text{DA} \times \text{P} \times 100$$

Donde:

CA: carbono almacenado, $\text{t} \cdot \text{ha}^{-1}$

CS: contenido de materia orgánica en el suelo, %

DA: densidad aparente

P: profundidad del suelo

Se multiplicó por 100 para convertir a toneladas ha^{-1}

Etapa IV: Análisis de resultados

La última etapa corresponde a la fase de análisis de resultados, la cual parte de la elaboración de una base de datos en la que se integraron las características físicas y químicas del suelo como: color en seco y húmedo, pH en KCl y H₂O, Densidad Aparente y Materia Orgánica y las prácticas de manejo empleadas por los productores en los sitios de muestreo como: aplicación de estiércol, tipos de cultivo, método de siembra y aplicación de insecticidas de los sistemas productivos agrícolas y pecuarios.

Posteriormente, se realizó el análisis estadístico descriptivo de los datos, utilizando el diagrama de caja, las medidas de tendencia central (media, mediana y desviación estándar) y un análisis paramétrico de regresión lineal.

El diagrama de caja se utilizó para identificar valores atípicos que sesgaron los datos, se eliminaron 2 datos correspondientes a dos puntos de muestreo, que mostraban valores muy altos de carbono que no correspondían con los demás datos, posiblemente se debían a errores de muestreo o análisis. Finalmente se utilizaron los valores de 51 puntos de muestreo con los cuales se realizaron los análisis estadísticos posteriores.

Se graficaron los puntos por sistema productivo indicando su media y desviación estándar. Se utilizó el coeficiente de correlación de *Pearson* para observar el comportamiento entre los parámetros fisicoquímicos del suelo obtenidos del análisis de laboratorio. Adicionalmente se realizó el análisis paramétrico de regresión lineal empleado dos variables: el contenido de COS (t/ha) y el tiempo de cultivo de los sitios (años) con el fin de identificar la relación de los almacenes de carbono con el tiempo que han sido manejados los puntos. Se emplea un dato de referencia de almacén de carbono en bosque de Quiroz (2013) para comparar los almacenes de COS asociados a los cambios de uso de suelo.



CAPITULO III: RESULTADOS



A continuación se presentan los resultados de campo y los obtenidos de los diferentes análisis de laboratorio, tales como: el ciclo agrícola, la caracterización de los sistemas productivos agropecuarios y, densidad aparente, pH (en agua y KCl), color, porcentaje de materia orgánica, porcentaje de carbono orgánico, así como los análisis de los resultados de laboratorio y por último, las conclusiones del estudio.

Caracterización de los sistemas productivos agropecuarios

De acuerdo a las entrevistas aplicadas a los tres productores que manejan las parcelas seleccionadas en el área de estudio se obtuvo la información para describir las prácticas de manejo durante el ciclo agrícola y pecuario, el cual resume el conocimiento acumulado y heredado por generaciones del medio natural, así como las técnicas y herramientas necesarias para el desarrollo de los cultivos.

Sistemas productivos agrícolas

Aproximadamente, para el año de 1825, se abrieron las primeras tierras de cultivo, en estos sistemas productivos agrícolas se cultiva maíz, trigo, avena, chícharo, haba y frijol; los cuales tienen un ciclo agrícola (ver Tabla 6) que involucra distintas prácticas de manejo y tradiciones religiosas realizadas por los productores. Los productores agrícolas cultivan en el ciclo primavera-verano (una vez al año) y utilizan semilla criolla para la siembra de maíz para autoconsumo (subsistencia). Los productores han denominado al suelo como *polvilla* (polvo), este suelo cuando se encuentra desprovisto de vegetación por varios años se erosiona con el viento.

El tipo de agricultura en la comunidad de Cevatí es la de temporal, lo que implica a los campesinos ajustar los calendarios agrícolas a las precipitaciones. Las primeras lluvias se presentan generalmente a mediados de marzo, sin embargo, en ocasiones éstas se retrasan alterando las actividades agrícolas. Empero, se mantiene un calendario de actividades inspirado en el ciclo del crecimiento del maíz, principal medio de subsistencia. En el trabajo del campo participa todo el grupo familiar, hombres, mujeres y niños.

Para los productores el ciclo agrícola inicia con la bendición de las semillas el 2 de febrero a la iglesia de San José del Rincón, para después sembrar en marzo o abril dependiendo del inicio de la temporada de lluvias.

- **Labranza o barbecho:** Este proceso consiste en la roturación del suelo por medio de yuntas (o tronco de caballos y en ocasiones es de ganado vacuno) para mover y ablandar la tierra.
El primer trabajo que se realiza es la raya o partir surco, se voltea la tierra para hacer el surco luego se realiza la cruz con el arado y a una profundidad a 30 cm para colocar las semillas.
- **Siembra:** se realiza en marzo o abril, una vez que se presentan las primeras lluvias. Se siembra a pie colocándose de 3 a 4 granos de maíz más 2 a 3 de haba, chícharo o frijol.
- **Aplicación de fertilizante:** Consiste en la aplicación de estiércol de animal y en la fertilización química. La fertilización se realiza únicamente al momento de la siembra, después de que se colocan de semillas y se tapan con tierra. Se agregan 8 bultos de fosfato diamónico (DAP) 18-46-00 (ver Figura 9) por hectárea y en los surcos que se observa que no tiene fertilizante, se agrega estiércol al cual llaman comúnmente lama o majada que obtienen del ganado vacuno, ovino y equino.
- **Escarda** A finales de mayo se hace la primera escarda (con la yunta) con la finalidad de asegurar las condiciones propicias para el crecimiento de la planta, por ello se utiliza el arado para cubrir y proteger la planta con tierra, Se realiza una segunda escarda se hace a finales de junio, con el mismo propósito que la primera. (de 30 a 45 días entre la 1ª y 2ª escarda).
- **Deshierbe:** Durante la época de lluvias se quita la maleza o plantas no comestibles que compitan con la planta de maíz por humedad y nutrientes.
- **Cosecha:** Una tradición que existe en las familias dedicadas al campo, es que cada 15 de agosto se arreglan las milpas con flores que se obtienen del jardín de sus casas y sacan una imagen de la virgen de Guadalupe para que recorran las milpas y sin embargo, esta costumbre no permite extraer ni cortar ninguna mazorca antes de esta fecha así puedan empezar a cosechar elotes.

Cada tipo de cultivo de cosecha en tiempos distintos, en el caso del chícharo de empieza a cosechar entre los meses de junio a julio, el haba en agosto junto con los elotes, el frijol se cosecha entre noviembre y diciembre.

Por otra parte, el trigo se siembra en marzo y se cosecha en junio, se barbecha, luego se tapa con la yunta. La fertilización es con sal 3 bultos/ha y 2 bultos de tierra/ha.

La avena (forrajera) para alimentación del ganado se siembra en junio y se cosecha en octubre, la siembra y la fertilización es la misma, se pasa la rastra, se siembra al boleó (se lanza un puño de semillas a la tierra), se pasa la nivelación (viga con ramas para que quede parejita la tierra).



Figura 9. Fertilizante químico

Tabla 6. Ciclo agrícola

MESES	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Maíz Haba Chícharo Frijol	Preparación del terreno		Siembra Fertilización		1er Escarda	2da Escarda	Deshierbe					Preparación del terreno
										Cosecha de maíz		
						Cosecha de chícharo	Cosecha haba y elotes				Cosecha de frijol	
Trigo			Siembra			Cosecha						
Avena						Siembra				Cosecha		
Ambiente	Temporada de heladas			Temporada de lluvias						Temporada de heladas		

Fuente: Elaboración propia

Descripción de las parcelas de uso agrícola

Se describen las parcelas muestreadas, indicando sus cultivos, su superficie, y datos de manejo agrícola, se presentan de acuerdo al tipo de plantas:



GRAMÍNEAS CON INTERCALACIÓN DE CULTIVOS (GIM)

Parcela con cultivo anual de maíz con intercalación de chícharo, haba y frijol; cuenta con una superficie de 5088 m². Posee más de 100 años de manejo agrícola con cultivo anual de maíz. Mano de obra familiar combinado con tracción animal con fertilización química (ocho bultos de 18-46 por ha) y estiércol de forma indirecta.



GRAMÍNEAS DE GRANO CHICO (GGC)

Parcela con cultivo de trigo; tiene una superficie de 1276 m². Posee más de 100 años de manejo agrícola, sin embargo desde hace dos años sólo se cultiva trigo. Mano de obra familiar. Tiene un relieve cóncavo y convexo.



GRAMÍNEAS (G)

Parcela con cultivo anual de maíz; cuenta con una superficie de 2247 m². Posee más de 100 años de manejo agrícola con cultivo anual de maíz. Mano de obra familiar combinado con tracción animal con fertilización química y estiércol de forma indirecta.



GRAMÍNEAS CON ROTACIÓN DE CULTIVOS (GRC)

Parcela con cultivo anual de maíz; cuenta con una superficie de 5832 m². Tiene 30 años de manejo agrícola con cultivo anual de maíz, sien embargo desde hace cuatro años se realizó una rotación de cultivo con papa, después se cultivó maíz y al año siguiente de nuevo se cultivó papa. Para sembrar maíz se utiliza mano de obra familiar combinado con tracción animal con fertilización química y estiércol de forma indirecta. Para sembrar para se utilizó maquinaria (tractor).

Sistemas productivos pecuarios

Se presenta el ciclo pecuario elaborado a partir de las entrevistas aplicadas a los productores. En la Tabla 7, se observan los meses en que se realiza el pastoreo en milpa, alimentación con rastrojo, alimentación con residuos verdes de milpa, alimento comprado, permanencia en el corral, la temporada de compra y venta de animales.

Tabla 7. Ciclo pecuario

ANIMALES	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Borregos Reses Caballos Aves	PM	P M		P	P						PM	PM
							A V	AV				
	AR	A R	AR	AR						AR	AR	AR
			C	C	C	C	C	C	C	C		
					AC	AC		V	CA			

P= pastoreo en zona comunal **PM**= Pastoreo en Milpa **AR**=alimentación con rastrojo
AV=alimentación con residuos verde de milpa **AC**= alimento comprado **C**= permanencia en Corral **CA**= temporada de compra de animales **V**= temporada de venta de animales

Los productores con actividad pecuaria crían borregos, reses, caballos y aves (guajolotes pollos, gallinas y gallos) con un promedio de 8 cabezas de animales, debido a que existen limitantes, como tales como el espacio suficiente en su casa, poca asistencia técnica y los recursos suficientes para la manutención.

Descripción de las parcelas de uso pecuario

A continuación se presentan las dos parcelas de uso pecuario estudiadas para este trabajo, tomando en cuenta superficie, tiempo de uso de suelo y antecedentes de manejo.

AGRÍCOLA CON PASTOREO (AP)

Parcela con cultivo anual de avena con pastoreo; cuenta con una superficie de 4850 m². Tiene más de 100 años de uso agrícola (cultivo de maíz), sin embargo desde hace cuatro años se siembra avena. Mano de obra familiar con fertilización química y estiércol de forma directa.

Animales	Número de cabezas
Borregos	4
Reses	2
Caballos	1
Aves	10



PECUARIO ESTABULADO (PE)

La parcela de pecuario estabulado tiene una superficie de 1509 m². Tiene más de 100 años de manejo agrícola, sin embargo desde 15 años sólo se utiliza para uso pecuario debido a la formación de cárcavas por erosión hídrica.

Animales	Número de cabezas
Reses	5
Caballos	2



En general los sistemas productivos de la localidad de Cevatí, son sistemas mixtos para autoconsumo. Estos sistemas se caracterizan por alimentar al ganado con los productos de la cosecha y usar el estiércol de los animales para fertilizar sus parcelas.

Análisis fisicoquímicos del suelo

Los resultados obtenidos en laboratorio de las propiedades físicas y químicas del suelo se muestran en la Tabla 8, se encuentran los parámetros (color, Densidad Aparente, pH H₂O, pH KCl, MO (%) y COS (*t/ha*)) evaluados para cada parcela, también se encuentran a detalle los datos cuantitativos de cada parcela en el Anexo 2.

Tabla 8. Propiedades físicas y químicas del suelo

PARCELAS	Color	Densidad d Aparente g/cm ³	pH H ₂ O	pH KCl	MO (%)	Carbono orgánico (<i>t/ha</i>)
GIM	10 YR 4/4	0.85	5.86	5.02	4.61	42.94
GGC	10YR 3/3	0.90	5.96	5.05	4.45	45.56
G	7.5 YR 3/2	0.91	5.31	4.50	4.74	49.83
GRC	10YR 2/2	0.82	5.80	4.99	7.87	74.64
AP	10YR4/3	0.83	5.81	5.18	5.72	55.28
PE	10YR 4/4	0.88	5.94	4.95	6.09	62.02

Color

El color del suelo se encontró entre los rangos de 10YR 4/4 y 7.5YR 3/2, lo que señala que cuentan con materia orgánica humificada y se encuentran en un ambiente templado.

Densidad aparente

La densidad aparente (ver Figura 10) entre las parcelas varió de 0.82 a 0.91 g/cm⁻³ entre los sitios de estudiados. Esto indica que los suelos presentan una condición porosa y que cuenta con una ambiente para el crecimiento de raíces y la infiltración del agua.

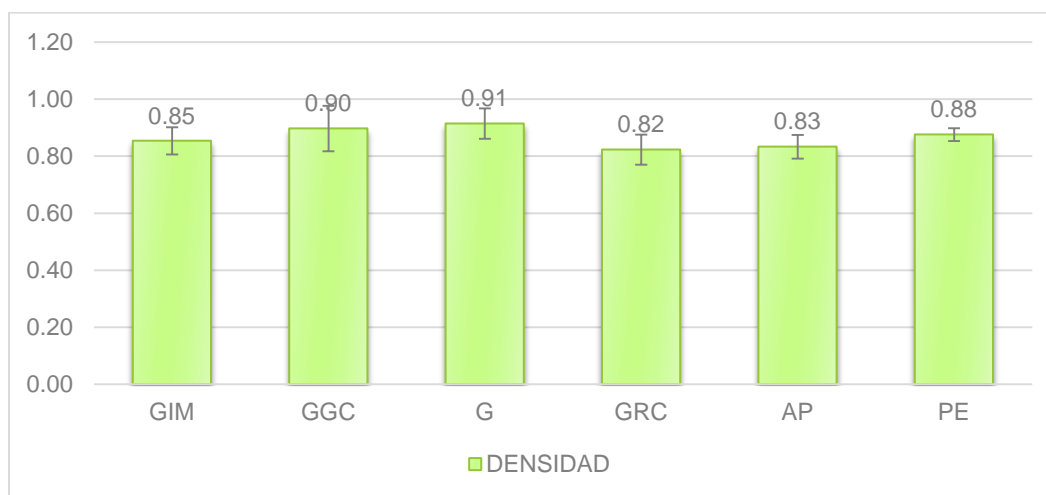


Figura 10. Densidad Aparente

Potencial de hidrogeno

Los rangos de pH (Figura 11) fueron de 5.31 a 5.96 para los sistemas agrícolas con manejo agrícola (GIM, GGC, G y GRC) y de 5.81 a 5.94 para los sistemas con manejo pecuario (AP y PE); esto sugiere que el suelo es moderadamente ácido. El pH que cuentan las seis parcelas del estudio tiene un rango óptimo en el que la absorción de nutrientes es la idónea para el cultivo de maíz, trigo, avena, chícharo y haba (Thompson y Troeh, 2002).





Figura 11. pH KCl y en H₂O

Materia orgánica

Los contenidos de materia orgánica fluctuaron entre 4.45 y 7.87%. Los valores más altos fueron encontrados en la parcela GRC, dedicada al cultivo de papa, sin embargo esto aún no es un indicador que este cultivo proporcione al suelo materia orgánica. Después encontramos las parcelas AP y PE, con 5.72 y 6.09 %, con mayor porcentaje de materia orgánica, lo cual se esperaba debido a la deposición de excretas de manera directa dura debido al manejo pecuario que permite la aplicación de estiércol de manera directa. Los valores más bajos en materia orgánica se encontraron en las parcelas con GIM, GGC y G, con 4.61, 4.45 y 4.74 % donde se cultiva principalmente maíz.

Los resultados obtenidos en laboratorio de las características fisicoquímicas del suelo nos muestran que las parcelas tienen un suelo con pH moderadamente ácido, el cual se encuentra en un rango óptimo en el que la absorción de nutrientes es la idónea para el cultivo de maíz, trigo, avena, chícharo y haba (Thompson & Troeh, 2002) . También, los sitios cuentan con un ambiente para el crecimiento de raíces y la infiltración del agua (FAO, 2009), de acuerdo a su densidad aparente. El color del suelo señala que las parcelas poseen materia orgánica humificada, esto se confirma con el análisis de materia orgánica donde se obtuvieron valores entre 4.45 y 7.87%.

Carbono orgánico en el suelo

Como se describe en la metodología, la estimación de los almacenes de carbono se realizó multiplicando el contenido de materia orgánica en el suelo por la densidad aparente y la profundidad del suelo (20cm). Después se multiplicó por 100 para convertir a toneladas por hectárea. Posteriormente, para obtener el porcentaje de carbono en suelo se aplicó la siguiente fórmula:

$$\%COS: \%MO \text{ suelo} / 1.724$$

Los resultados de los almacenes de carbono orgánico en el suelo entre las parcelas se muestra en la Figura 15, donde el COS fluctuó entre 42.94 y 74.64 *t/ha*, los valores más altos fueron encontrados en la parcela GRC, seguida de los sitios AP y PE con 55.28 y 62.02 *t/ha*; por ultimo encontramos los sitios G, GIM y GGC 49.83, 42.94 y 42.94 *t/ha*.

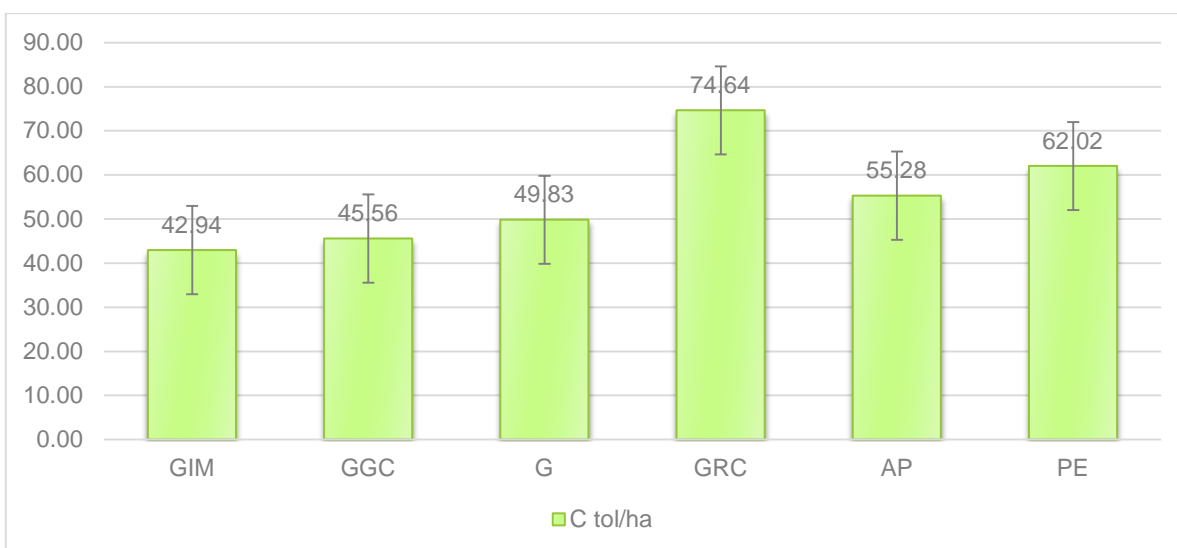


Figura 12. Almacenes de Carbono Orgánico para los diferentes sitios de estudio

El COS estimado en los sitios de estudio y los parámetros obtenidos de Densidad Aparente, pH H₂O, pH KCl, MO (%) permitieron realizar un análisis estadístico para observar la relación entre cada parámetro. En la Tabla 8 se muestra la correlación entre las variables evaluadas.

Tabla 9. Coeficientes de correlación de *Pearson* entre las variables evaluadas

Variabales	DA	MO	pH H₂O	pH KCL
COS	-0.3	0.9	0.01	0.02
DA		-0.5	-0.2	-0.4
MO			0.04	0.1

COS: Carbono Orgánico del Suelo (t/ha), DA: Densidad Aparente g/cm³, MO: Materia Orgánica (%)

Los coeficientes de correlación de las variables evaluadas nos muestran que el COS tiene una correlación positiva alta con la materia orgánica ($p=0.9$, autocorrelación) y una correlación baja positiva con el pH H₂O y pH KCl ($p=0.01$ y 0.02). Sin embargo, la densidad aparente tiene una correlación baja negativa con el COS ($p=-0.3$) y el pH ($p= -0.02$ y -0.4) y una correlación media negativa con la materia orgánica ($p=-0.5$).

De acuerdo con los resultados de correlación de *Pearson*, se encontró que a mayores contenidos de COS y materia orgánica la densidad aparente disminuye. Por tanto, a mayor densidad aparente los contenidos de COS, materia orgánica y pH disminuyen



CAPITULO IV: ALMACENES DE COS EN SISTEMAS PRODUCTIVOS

ALMACENES DE COS EN LOS SISTEMAS PRODUCTIVOS DE CEVATÍ.

El objetivo del presente trabajo fue analizar los almacenes de carbono edáfico en los sistemas productivos agrícolas y pecuarios de la comunidad de Cevatí, es por ello que se integró la información de las estimaciones de COS y las características de las prácticas de manejo de los sitios de estudio.

En la Figura 13, se muestra de manera integral la información obtenida en el desarrollo del estudio. Primero, se observan los datos de las estimaciones de almacenes de COS (t/ha) y la desviación estándar de cada cuantificación. Posteriormente, se presenta un perfil topográfico, donde se ubican a las parcelas de acuerdo a su altitud, iniciando de manera descendente con el sitio a mayor altitud para representar el relieve en el que se encuentran. En seguida, se encuentran las características de los sitios de estudio tales como el área, actividad agrícola o pecuaria a la que se encuentra sometida al momento del estudio, años de uso del suelo, tipo de cultivo y ganado; labranza y aplicación de fertilizante.

En las parcelas muestreadas, el contenido más alto de COS fue de $74.64 t/ha$, el cual se encontró en el sitio GRC, parcela con rotación de cultivos (maíz, papa). Este sitio posee 30 años de manejo agrícola con cultivo anual de maíz, sin embargo, desde hace cuatro años el terreno se dispuso para producir papa, al año siguiente se cultivó de nuevo maíz y al siguiente ciclo agrícola se cultivó nuevamente papa. De acuerdo a la entrevista aplicada al productor, cuando de cultiva maíz se utiliza mano de obra familiar combinado con tracción animal, fertilización química y estiércol de forma indirecta. Para el cultivo de papa, el terreno es rentado a gente foránea que cuenta con maquinaria y productos químicos necesarios para su producción, por tanto el productor desconoce las prácticas de manejo empleadas, sólo conoce el empleo maquinaria (tractor).

Después, se observan a las parcelas AP y PE con 55.28 y $62.02 t/ha$ de COS. Estas parcelas tienen un uso pecuario pero anteriormente fueron utilizados para manejo agrícola con aproximadamente más de 100 años.

El sitio AP posee un manejo pecuario desde hace cuatro años, este manejo es combinado con el cultivo de avena para forraje. En el cultivo de avena, se recurre a la mano de obra familiar, se siembra en junio y se cosecha en octubre, la siembra y la fertilización es al mismo tiempo, se pasa la rastra, se siembra al boleó (se lanza un puño de semillas a la tierra), después se realiza una nivelación con ayuda de tracción animal (yunta). La avena es para alimentación de los animales en los meses de octubre, noviembre y diciembre.

Los animales pastorean en la milpa los meses de noviembre, diciembre, enero y febrero, permanecen en el corral durante el ciclo agrícola de la avena, de junio a octubre. La presión de carga animal corresponde a: cuatro borregos, dos reses y un caballo.

El sitio PE, es exclusivamente de uso pecuario desde hace aproximadamente 15 años, ya que los cultivos eran afectados por el arrastre del suelo en época de lluvias causando la pérdida del cultivo de esta zona, dando como resultado la formación de cárcavas. La presión de carga animal corresponde a: 5 reses y 2 caballos, estos se encuentran en el sitio durante los meses de marzo a noviembre, durante diciembre, enero y febrero se encuentran en el corral.

Por último, se observan los sitios G, GGC y GIM con 49.83, 45.56 y 42.94 *t/ha* de COS. Estas parcelas son de uso agrícola desde hace aproximadamente desde hace 100 años.

El sitio G tiene un cultivo anual de maíz, tiene mano de obra familiar, tracción animal (yunta) y fertilización química y orgánica (aplicación de estiércol de forma indirecta). El sitio GGC, cuenta con cultivo de trigo desde hace dos años. Este se siembra en marzo y se cosecha en junio, se barbecha, luego se tapa con la yunta. La fertilización se realiza al momento que se siembra, la cual consiste en con sal 3 bultos por hectárea y 2 bultos de tierra/ha. La parcela GIM, cuenta con un cultivo anual de maíz con intercalación de chícharo, haba y frijol; todos son sembrados en marzo o abril, una vez que se presentan las primeras lluvias, sin embargo, cada tipo de cultivo de cosecha en tiempos distintos, en el caso del chícharo de empieza a cosechar entre los meses de junio a julio, el haba en agosto junto con los elotes, el frijol se cosecha entre noviembre y diciembre.

Asimismo es indispensable señalar que el tipo de agricultura en la comunidad de Cevatí, es de temporal, las primeras lluvias se presentan generalmente a mediados de marzo, sin embargo, en ocasiones éstas se retrasan cambiando el inicio de las actividades agrícolas. El calendario de actividades agrícolas se lleva acabo conforme al crecimiento del maíz, principal medio de subsistencia.

En las parcelas de uso agrícola, la fertilización se realiza únicamente al momento de la siembra, aproximadamente de se agregan 8 bultos de por hectárea. En ocasiones, los productores no cuentan con los recursos económicos para la adquisición de fertilizante químico en toda su parcela por tanto en los surcos de su parcelas que no alcanzan fosfato diamónico (DAP) 18-46-00, se agrega estiércol del ganado vacuno, ovino y equino.

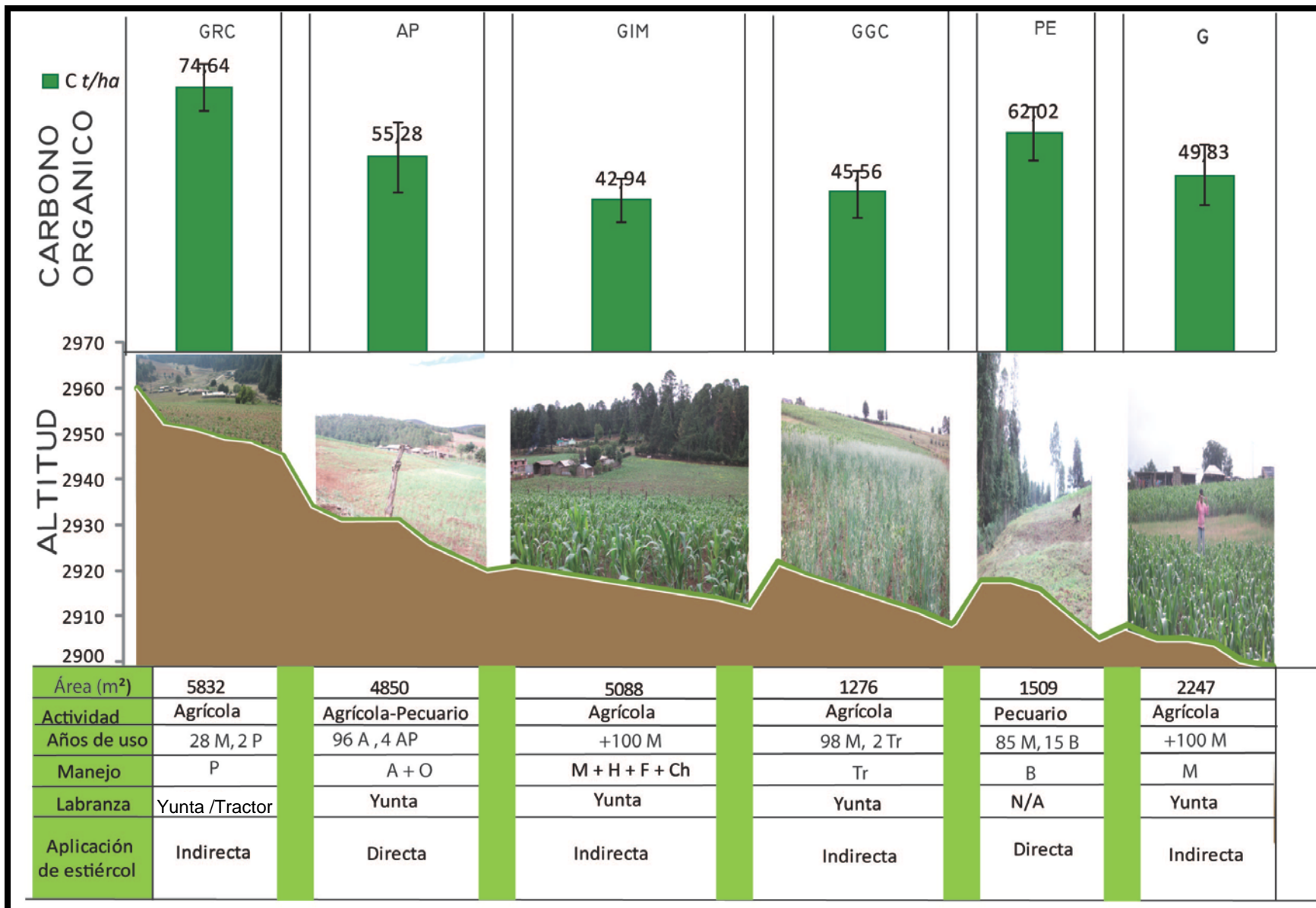


Figura 13 . Almacenes de COS en sistemas productivos

Los resultados nos expresan que actualmente las prácticas de manejo están permitiendo la incorporación de materia orgánica al suelo a través de la aplicación de estiércol y la descomposición de los residuos de cosecha (tejidos de hojas, tallos y raíces).

Además, se procura que las parcelas no estén desprovistas de vegetación dejando las raíces que quedaron del zacate seco para el próximo ciclo agrícola. Ya que cuando está desprotegido de vegetación y no cuenta con humedad, el suelo se erosiona fácilmente con el viento, lo que ha permitido disminuir los procesos erosivos y con ello el arrastre de arcillas o materia orgánica de la capa superficial. También, el cambio de uso de suelo agrícola a pecuario en la parcela PE, permitió al suelo disminuir su susceptibilidad a la erosión hídrica al no ser roturado cada ciclo agrícola, pues el suelo en la época de lluvias era arrastrado afectando los cultivos y lo que dio lugar a la formación de cárcavas.

Por otro lado, Morales y Martínez, (2012) mencionan que la rotación de cultivos permite tener un control de malezas, plagas y enfermedades, que las raíces tengan tal desarrollo como para explorar diferentes profundidades del suelo y que se mantenga la fertilidad y las características físicas y químicas de los suelos. Esta rotación de cultivos se ha llevado a cabo en el sitio GRC, la cual se ha realizado con el cultivo de maíz y con el cultivo de papa. En el cultivo de papa es necesario usar tractor, por tanto el suelo es más susceptible a erosionarse por la roturación a la que se expone y esto también se observa en las características físicas del suelo que también son percibidas por los productores.

En general, dentro de las prácticas de manejo agrícola y pecuario no se tienen diferencias entre cada parcela y no se puede afirmar que estas influyen en los almacenes de carbono, debido a que no se cuentan con datos anteriores sobre estimaciones de COS y prácticas de manejo agropecuario.

Sin embargo, se observa que cuando comparan los almacenes de COS en suelos con uso agropecuario con aquellos en suelos con uso forestal existen una tendencia importante que es el factor tiempo. Es decir el tiempo en que se dan los cambios de uso de suelo al convertir, las tierras forestales en y tierras productivas. De acuerdo a Martínez H., et al., (2008) los cambios de uso de suelo forestal a agrícola o pecuario pueden alterar las propiedades y funciones del suelo, particularmente en su capacidad para almacenar carbono e incrementar la emisión de gases de efecto invernadero.

Esto se aprecia en el estudio realizado por Quiroz (2013), donde se elaboró una cuantificación de almacenes de carbono edáfico en los sistemas forestales en la comunidad de Cevatí. De acuerdo a la estimación de COS se eligió uno de sus rodales cercano a los sistemas productivos agropecuarios del presente estudio para contrastar los valores obtenidos. Este almacén es de 179.49 t/ha de C, que comparado con los valores de los sistemas productivos se distingue una disminución en la cantidad de carbono en los sistemas agropecuarios donde los valores fluctuaron entre 42.94 y 74.64 t/ha.

Esto se muestra en el siguiente modelo de regresión lineal (Figura 15), donde se toma como un tiempo cero el COS del área forestal, contrastando con los años de uso de suelo de cada parcela para los diferentes sitios de estudio con base al tiempo de haber iniciado su manejo.

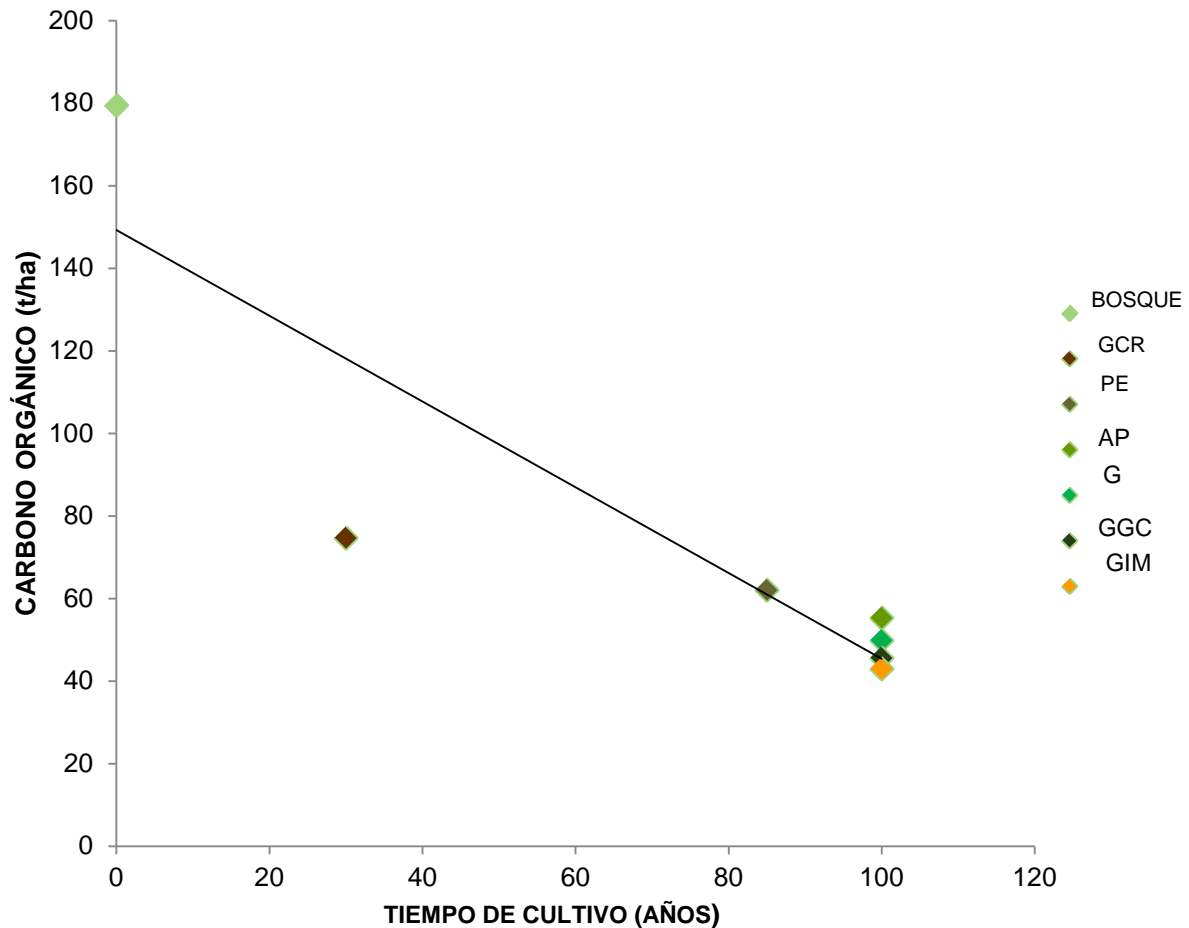


Figura 15. Modelo de regresión lineal que explica la acumulación de COS para los diferentes sitios de estudio con base al tiempo de haber iniciado su manejo

En el modelo de regresión lineal se observa que el sitio GRC tiene mayor cantidad de COS, esto es debido que es un suelo con un uso reciente, aproximadamente hace treinta años el bosque fue desmontado para aprovechamiento agrícola y el suelo aún conserva la mayoría de sus propiedades. El problema actual que presenta esta parcela es el reciente cultivo de papa, ya que el suelo de esta sometido a labranzas con tractor y a la adición de fertilizantes químicos, lo cual puede disfrazar los contenidos de COS.

Debido a que es un suelo con menor tiempo de manejo cuenta con mayor contenido de COS, sin embargo, también cuenta con mayor cantidad de carbono que se encuentra en proceso de pérdida debido a las prácticas de manejo que ocasionan erosión de la capa superficial (Martínez H., *et al.*, 2008).

Por otra parte, se observa que los sitios G, GGC y GIM con aproximadamente 100 años de manejo agrícola se mantienen casi al mismo rango de COS. Estas parcelas son dedicadas para cultivo anual de maíz y aunque el sitio GGC desde hace dos años tenga un cultivo de trigo, no muestra mayor contenido de COS a comparación de las parcelas GIM y G.

Mientras que los sitios AP y PE, que cuentan también con aproximadamente 100 años de manejo tienen mayor contenido de almacenes de COS a comparación de los sitios GIM, G y GGC con igual tiempo de manejo. Esto se debe a que estas parcelas han sufrido un cambio de uso de suelo de agrícola a pecuario. La parcela PE desde hace 15 años es exclusivamente de uso pecuario debido a la formación de cárcavas por erosión hídrica. Esto a su vez a permito evitar la erosión del suelo y aumentar el contenido de COS a través de las excretas de los animales que pastorean en ella.

También se aprecia en la parcela AP, que tiene aproximadamente 100 años de manejo, sin embargo desde hace cuatro años, el uso agrícola es combinado con uso pecuario, donde en los meses de junio a octubre se siembra avena y en los meses de noviembre, diciembre, enero y febrero los animales pastorean en la milpa.

Por lo tanto, la regresión lineal nos permite observar que los cambios de uso de suelo influyen en los almacenes de COS con el contraste que se realiza entre los años de uso de suelo de cada con base al tiempo de haber iniciado su manejo, tomando como punto de referencia el COS del área forestal, ya se podría decir que antes de ser desmontados los suelos para manejo agropecuario contaban con aproximadamente 179.49 *t/ha* de COS. Lo que representa actualmente para la parcela GRC una pérdida aproximada del 58% de su almacén inicial. Para las parcelas GIM, G y GGC ha representado una pérdida aproximada del 76, 72 y 74%. Mientras que para los sitios AP y PE, se han perdido aproximadamente el 65 y 69% de COS inicial. Sin embargo, en estos sitios se infiere que han tenido un aumento en sus almacenes de COS, ya que comprados con los sitios GIM, G y GGC cuentan con los mismos años de uso, sólo que desde hace poco tiempo el cambio de uso de suelo cambio, pasando de agrícola a pecuario.

También los resultados obtenidos de los almacenes de COS en los sistemas productivos de Cevatí comprados con otras estimaciones en distintos sistemas productivos permiten observar cómo además de las prácticas de manejo existen otras variables que influyen en COS, estas son el clima, la vegetación y el tipo de suelo.

Morales Coutiño, (2010) en la estimación del carbono almacenado que realizó en tres ejidos del municipio de Maravilla Tenejapa, Chiapas de la zona de amortiguamiento de la Reserva de la Biosfera Montes Azules (REBIMA). En las tres comunidades dedicadas a la ganadería bovina, donde se tiene un promedio de cabezas de ganado entre 8 y 12 vacas, se obtuvo un almacén de COS 65 a 70 *t/ha*, que comparados con los obtenidos de en las parcelas AP y PE donde se 62.02 y 55.28 tienen se mantienen en un rango similar de acuerdo a las prácticas de manejo, sin embargo el clima del estudio de Morales Coutiño, (2010) es distinto.

Otro estudio elaborado con respecto a sistemas productivos pecuarios fue el realizado por Ibrahim, *et al.*, (2007). Este estudio evaluó tres paisajes ganaderos con los diferentes usos de suelo: pasturas degradadas, pasturas naturales y mejoradas con y sin árboles, bancos forrajeros, plantaciones forestales, bosques riparios y bosques secundarios. Los resultados muestran que las pasturas degradadas no aportan significativamente carbono al suelo ya que tienen 63.06 *t/ha*, mientras que las pasturas mejoradas con árboles y los sistemas silvopastoriles son usos de la tierra con mayores potenciales, cuentan con un almacén de 121.7 y 97.3 *t/ha*.

De acuerdo a las estimación de COS en el municipio de Zacazonapan, Estado de México de Torres García, (2013) los resultados comprendieron entre 124.52 y 93.66 *t/ha*, el valor más alto de COS donde se cultiva caña de azúcar y el valor más bajo está una zona con agricultura de temporal con presencia forestal. Por otro lado, Espinoza y Rivera, (2013) elaboraron una estimación sobre la cantidad de carbono almacenado en suelos con cobertura de selva baja caducifolia en Zacazonapan, así como sus cambios a uso de ganadería extensiva y agricultura en terrenos. De los rodales muestreados de suelo del estudio, se obtuvieron las siguientes estimaciones de contenido de carbono:

- ❖ Uso forestal con ganadería extensiva: 33.45 *t/ha*
- ❖ Uso forestal con ganadería extensiva: 31.01 *t/ha*
- ❖ Forestal arbórea: 97.75 *t/ha*
- ❖ Forestal con agricultura de temporal y ganadería extensiva: 27.29 *t/ha*
- ❖ Forestal con agricultura de temporal y ganadería: 37.74 *t/ha*

Estos resultados nos muestran que los sistemas de manejo mixtos ayudan a aumentar los almacenes de carbono edáfico, sin dejar a un lado las prácticas de manejo tradicional.

CONCLUSIONES

La principal actividad económica de los habitantes de la localidad de Cevatí es la agricultura, la cual involucra distintas prácticas de manejo y tradiciones religiosas realizadas por los productores desde hace aproximadamente el año de 1825, en el que se abrieron las primeras tierras de cultivo.

El tipo de agricultura en la comunidad de Cevatí es la de temporal, ya que no existen corrientes de agua cerca de las zonas de cultivo, lo que implica a los campesinos ajustar los calendarios agrícolas a las precipitaciones. Puesto que la comunidad no cuenta con recursos económicos para tener asesorías sobre prácticas de manejo agropecuario, aún se mantiene un manejo tradicional donde conocimientos acerca del ciclo agrícola son pasados de generación en generación. Los productores tienen un importante conocimiento empírico acerca de las condiciones de sus parcelas.

Actualmente, las prácticas de manejo están permitiendo la incorporación de materia orgánica al suelo a través de la aplicación de estiércol y la descomposición de los residuos de cosecha (tejidos de hojas, tallos y raíces). Asimismo, se procura que las parcelas no estén desprovistas de vegetación dejando las raíces que quedaron del zacate seco para el próximo ciclo agrícola. La labranza que consiste en la roturación del suelo por medio de yuntas (o tronco de caballos y en ocasiones es de ganado vacuno) a una profundidad de 30cm.

Estas técnicas han permitido que el suelo de las parcelas cuente con un rango óptimo en el que la absorción de nutrientes es la idónea para el cultivo de maíz, trigo, avena, chícharo y haba (Thompson & Troeh, 2002). También, los sitios cuentan con un ambiente para el crecimiento de raíces y la infiltración del agua (FAO, 2009) y las parcelas poseen materia orgánica para el crecimiento de los cultivos.

Las prácticas de manejo agrícola y pecuario en general no presentan diferencias en su manejo entre cada parcela, por lo tanto las prácticas de manejo por sí mismas no pueden explicar una influencia en los almacenes de carbono, debido a que no se cuentan con datos anteriores sobre estimaciones de COS y prácticas de manejo agropecuario. Sin embargo, cuando se comparan los cambios de uso de suelo con aquellos en suelos con uso forestal existen una tendencia importante que incluye el factor tiempo. Es decir el tiempo en que se dan los cambios de uso de suelo al convertir las tierras forestales en tierras productivas. De acuerdo a Martínez H., *et al.*, (2008) los cambios de uso de suelo forestal a agrícola o pecuario pueden alterar las propiedades y funciones del suelo, particularmente en su capacidad para almacenar carbono e incrementar la emisión de gases de efecto invernadero.

Tomando como base el estudio de Quiroz, (2013) los suelos antes de ser desmontados para manejo agropecuario contaban con aproximadamente 179.49 t/ha de COS, lo que representa actualmente las parcelas han disminuido sus contenidos de carbono orgánico. No obstante se observa una tendencia de aumento en estos almacenes en los sitios AP y PE, aunque no se cuentan con datos que permitan confirmar esta premisa, esto se aprecia en que estas parcelas tienen en mismo tiempo de uso que las parcelas G, GIM y GGC, donde el cambio de uso de suelo de agrícola a pecuario, ha permitido que los valores de almacenes de carbono difieran de las parcelas dedicadas exclusivamente a uso agrícola. Lo cual hace que los sistemas productivos mixtos contengan mayores almacenes de carbono.

En este estudio demuestra que los sistemas mixtos son una opción viable para la producción agrícola y pecuaria de la región y compatibles con la conservación del suelo.

PROPUESTAS

- Realizar estudios con distintas prácticas de manejo agrícola y pecuario, que permitan comparar la eficiencia de cada manejo y su comparación con otros usos del suelo, incluyendo aspectos socioeconómicos de los diferentes escenarios de los almacenes de carbono que permitan enriquecer las investigaciones.
- Incentivar el desarrollo de investigaciones que incluyan estimaciones de COS en periodos más amplios, con el objeto de obtener resultados que se puedan aplicar con mayor seguridad en diferentes condiciones ambientales y socioeconómicas.
- Promover la realización de inventarios de COS con información que ayuden complementar estudios uso de tecnologías con sensores remotos que permiten escalar las estimaciones de COS obtenidas en campo en los píxeles de diferentes imágenes satelitales para generar concentraciones de COS para generar datos confiables y con mayor precisión acerca de los almacenes de carbono
- Promover los sistemas de producción mixtos económicamente viables y socialmente aceptables a la conservación de los recursos naturales y ayuden a reducir los GEI por medio de la captura de carbono.

REFERENCIAS

- Acosta, M. y otros, 2001. *Documento de la Tercera Reunión del Comité Técnico de Coordinación y Seguimiento del Proyecto Manejo Sustentable de Laderas, Oaxaca*. México, Colegio de Posgraduados.
- Adame Martínez, S., 2013. Análisis de la dinámica de cobertura y uso del suelo en la cuenca del río Tenencingo mediante técnicas de percepción remota. En: J. L. Arriaga Ornelas, ed. *Comunidades y recursos naturales. Gestión del desarrollo rural*. México: Departamento Editorial UAEM, pp. 147-168.
- Álvarez Arteaga, G., García Calderón, N., Krasilnikov, P. y García Oliva, F., 2013. Almacenes de carbono en bosques montanos de niebla de la Sierra Norte de Oaxaca, MÉXICO. *Agrociencia*, 47(2), pp. 171-180.
- Benjamín O., J. A. y Masera, O., 2001. Captura de carbono ante el cambio climático. *Madera y Bosques*, 7(1), pp. 3-12.
- Bockel, L. y otros, 2011. *FAO*. [En línea] Disponible en: http://www.fao.org/fileadmin/templates/act/pdf/Policy_briefs/Policy_brief_ES_mainstreaming.pdf Revisado 26 Agosto 2013.
- Casa A., G., 2001. *Portal de Geoinformación: Climas del Estado de México. Catálogo de metadatos geográficos. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad*. [En línea] Disponible en: <http://www.conabio.gob.mx/informacion/gis/> Revisado 25 Marzo 2014.
- COLPOS, 2001. *Documento de la Tercera Reunión del Comité Técnico de Coordinación y Seguimiento del Proyecto Manejo Sustentable de Laderas, Oaxaca..* México: Colegio de Posgraduados.
- COLPOS, 2004. *Proyecto Manejo Sustentable de Laderas (PMSL)*. [En línea] Disponible en: <http://www.colpos.mx/proy/PMSL/Docs/SubproyectoB.htm> Revisado 22 Marzo 2013
- Díaz Franco, R. y otros, 2007. Determinación de ecuaciones alométricas para estimar biomasa y carbono en *Pinus patula* Schl. et Cham. *Madera y Bosques*, Issue Primavera, pp. 25-34.
- Dixon, J., Gulliver, A., Gibbon, D. y Hall, M., 2001. *Sistemas de Producción y Pobreza: Cómo mejorar los medios de subsistencia de los pequeños agricultores en un mundo cambiante*. Roma, Italia: FAO.
- Elvira Quesada, J., 2006. El cambio de uso de suelo y sus repercusiones en la atmósfera.. En: *Más allá del Cambio Climático: las dimensiones psicosociales del cambio ambiental global*. Primera ed. México: INECC, pp. 191-193 .
- Espinoza Z., M. A. y Rivera V., J. A., 2013. *Estimación de carbono en suelos de selva baja caducifolia en el municipio de Zacazonapan, México*. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma del Estado de México, Estado de México, Toluca.
- Espinoza, Y., 2005. *Revista Digital del Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias de Venezuela*. [En línea] Disponible en: http://sian.inia.gob.ve/repositorio/revistas_tec/ceniaphoy/articulos/n7/arti/espinoza_y/arti/espinoza_y.htm Revisado 8 Enero 2013.

- FAO, 2001. *LECTURE NOTES ON THE MAJOR SOILS OF THE WORLD*. [En línea]
Disponible en:<http://www.fao.org/docrep/003/Y1899E/y1899e06.htm> Revisado 12 Abril 2013.
- FAO, 2002. *Captura de carbono en los suelos para un mejor manejo de la tierra*, Roma: s.n.
- FAO, 2002. *Captura de carbono para un mejor manejo de la tierra*, Roma: FAO.
- FAO, 2002. *SALA DE PRENSA*. [En línea]
Disponible en:<http://www.fao.org/spanish/newsroom/news/2002/3562-es.html> Revisado 2 Octubre 2013
- FAO, 2003. *DÉPOSITO DE DOCUMENTOS DE LA FAO*. [En línea]
Disponible en:<http://www.fao.org/docrep/005/y4137s/y4137s07.htm#fn104> Revisado 18 Septiembre 2013.
- FAO, 2009. *Guía para la descripción de suelos*. 4 ed. Roma: s.n.
- FAO, 2010. *Las posibilidades de financiación del carbono para la agricultura, la actividad forestal y otros proyectos de uso de tierra en el contexto del pequeño agricultor*. Roma: FAO .
- FAO, F. a. A. O. o. t. U. N., 2002. *FAO*. [En línea]. Disponible
en:<http://www.fao.org/docrep/005/y2779s/y2779s05.htm> Revisado 8 Enero 2013.
- García Fernandez, J. y García del Caz, R., 1982. *Edafología y fertilización agrícola*. Primera ed. España: AEDOS.
- GEM, 2009. *Atlas de Riesgos San José del Rincón: Información básica*. [En línea]
Disponible en:
http://www.semarnat.gob.mx/temas/ordenamientoecologico/Documents/documentos_monarca/atlas%20sanjose%202004.pdf Revisado 15 Abril 2013
- Ibrahim, M. y otros, 2007. Almacenamiento de carbon en el suelo y la biomasa arbórea en sistemas de uso de la tierra en paisajes ganaderos de Colombia, Costa rica y Nicaragua. *Agroforestería en las Américas* , Volumen 45, pp. 27-36.
- INEGI, 2005. *Conteo de Población y Vivienda* .
- INEGI, 2010. *Censo de Población y Vivienda* .
- Jordán López, A., 2006. *Manual de Edafología*. 1 ed. Sevilla: Departamento de Cristalografía, Mineralogía y Química.
- Leff, E., 2004. *RACIONALIDAD AMBIENTAL: Reapropiación de la Naturalez*. Primera ed. México: Siglo XXI Editores.
- Maass, S. F., 2009. *Estimación de la captura de carbono en zonas forestales: El caso del Parque Nacional Nevado de Toluca*. 1a. ed. México: CEDIMSA.
- Martínez Carazo, P. C., 2006. El método de estudio de caso: Estrategia metodológica de la investigación científica. *Pensamiento y Gestión*, Volumen 20, pp. 165-193.
- Martínez H., E., Fuentes E., J. P. y Acevedo H., E., 2008. Carbono orgánico y propiedades del suelo. *Revista de la ciencia del suelo y nutrición vegetal.*, 8(1), pp. 68-96.

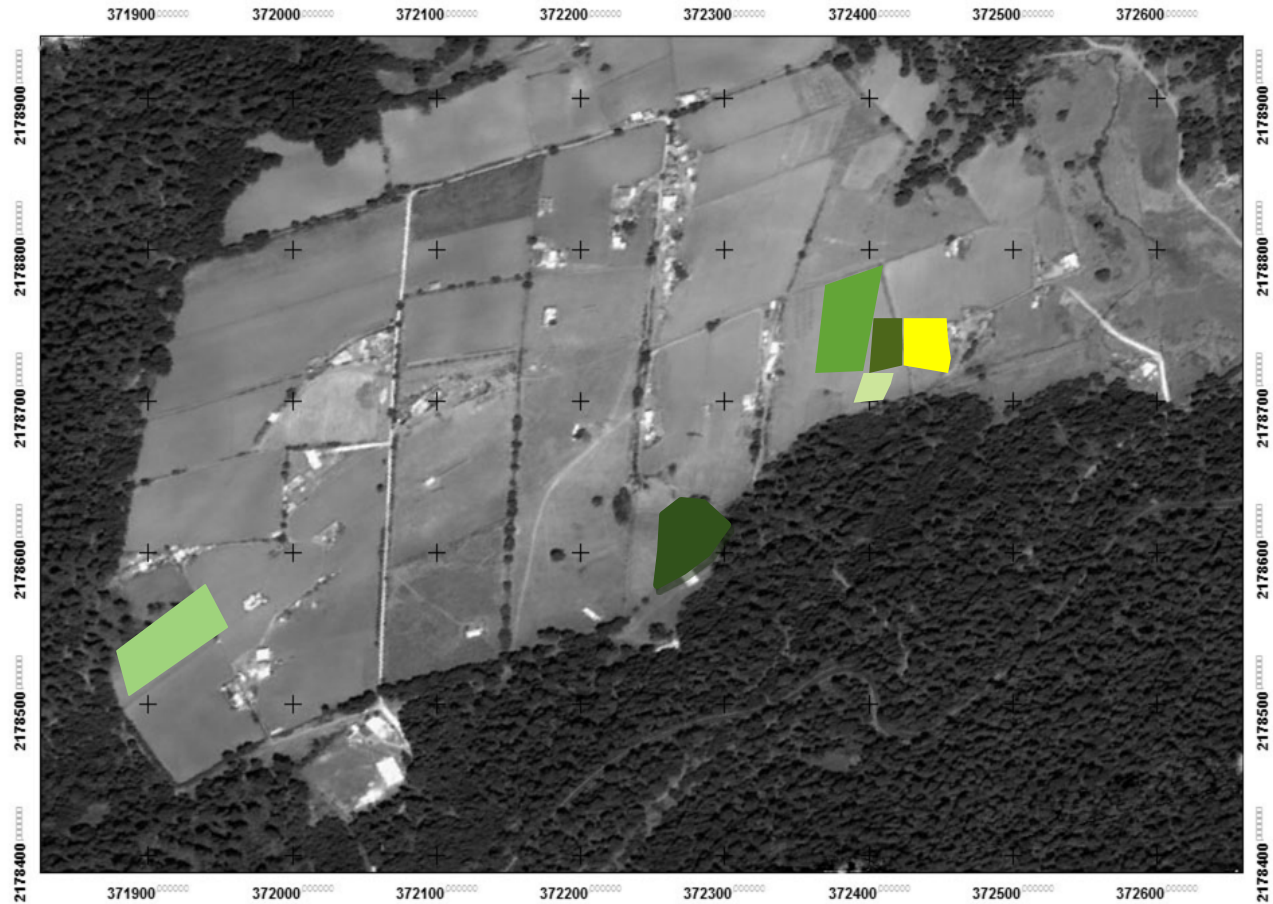
- Miranda, A. E., 2012. *Sistemas productivos en la localidad de Cevatí, San José del Reincón* [Entrevista] (7 Junio 2012).
- Miranda, A. E., 2012. *Sistemas productivos en la localidad de Cevatí, San José del Reincón* [Entrevista] (7 Junio 2012).
- Morales Coutiño, T. A., 2010. *Carbono en sistemas ganaderos en un paisaje de conservación REBIMA Chiapas, México*. Tesis de maestría. El Colegio de la Frontera Sur. San Cristóbal de Las Casas, Chiapas.
- Moreno May, G. D. J., Cerón Bretón, J. G., Cerón Bretón, R. M. y Guerra Santos, J. J., 2010. Estimación del potencial de captura de carbono en suelos de manglar de Isla del Carmen. *UNACAR TECNOCENCIA*, pp. 23-39.
- Orozco, H. M. E., 2013. *Comunidades y recursos naturales. Gestión del desarrollo rural*. Primera ed. México: Departamento Editorial UAEM.
- Paz Pellat, F. y otros, 2010. Análisis multifractal del carbono en los suelos 3. Estimaciones escalantes. *Terra Latinoamericana*, 28(1), pp. 89-95.
- Pineda Jaimes, N. B., Bosque Sendra, J., Gómez Delgado, M. y Plata Rocha, W., 2008. Análisis de cambio del uso del suelo en el Estado de México mediante sistemas de información geográfica y técnicas de regresión multivariantes. Una aproximación a los procesos de deforestación. *Investigaciones Geográficas: Boletín del Instituto de Geografía*, pp. 33-52.
- Primavesi, A., 1982. *Manejo del suelo ecológico*. Quinta ed. Argentina: EL ATENEO .
- PROBOSQUE, 2010. *Inventario Forestal 2010*. Metepec: Conjunto Sedagro.
- Quiroz Torres, Y., 2013. *Medición de la captura de carbono en suelos forestales, en la localidad de Cevatí, San José del Rincón, Edo. de México*. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma del Estado de México, Estado de México, Toluca.
- Rivera, A., 2000. *El cambio climático: el calentamiento de la Tierra*. 1a. ed. España: Debate.
- Sandoval Estrada, M. y otros, 2003. El secuestro de carbono en la agricultura y su importancia con el calentamiento global. *Theoria*, Volumen 12, pp. 65-71.
- SEMARNAT, 2010. *Biosfera: Sala de prensa on-line SEMARNAT*. [En línea] Disponible en: http://dsiaplicaciones.semarnat.gob.mx/sdp2009/index.php?option=com_content&view=article&id=660:losbosquesunaopcionparalaadaptacionymitigaciondelcambioclimaticoycatid=50:comunicados&Itemid=110 Revisado 15 Abril 2013
- SEMARNAT, 2011. *Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales*. [En línea] Disponible en: <http://www.semarnat.gob.mx/temas/internacional/Paginas/ProtocolodeMontreal.aspx> Revisado 8 Enero 2013
- Seré, C., Steinfeld, H. y Groenewold, J., 1996. World livestock Systems: current status, issues and trends.. *Animal production and Health*, Volumen 127, p. 81.
- SNIARN, 2005. *Compendio de Estadísticas Ambientales*. [En línea] Disponible en: http://app1.semarnat.gob.mx/dgeia/informe_04/02_vegetacion/cap2_3.htm Revisado 21 Abril 2013.

- T. Martínez, S., J. Trujillo, A. y F. Bejarano, G., 1994. *Agricultura campesina: Orientaciones Agrobiológicas y Agronómicas sobre Bases Sociales Tradicionales vs Tratado de Libre Comercio*. México: Colegio de Postgraduados.
- Thompson, L. y Troeh, F., 2002. *Los suelos y su fertilidad*. Cuarta ed. España: REVERTÉ.
- Torres García, A. A., 2013. *Estimación de captura de carbono en suelos, bajo diferentes sistemas productivos agropecuarios en el municipio de Zacazonapan, Estado de México*. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma del Estado de México, Estado de México, Toluca.
- White, D. y Minang, P., 2011. *Estimación de los Costos de Oportunidad de REDD+: Manual de capacitación*. Washington: Banco Mundial







ANEXOS

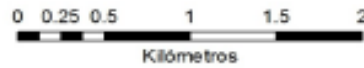
Anexo 1: Mapa de localización de sistemas productivos

MAPA DE LOCALIZACIÓN DE SISTEMAS PRODUCTIVOS



SIMBOLOGÍA TEMÁTICA

- | | | | |
|---|-----|---|-----|
|  | GCR |  | GGC |
|  | AP |  | PE |
|  | GIM |  | G |



Elaboró: Julieta Contreras Martínez

Anexo 2: Resultados de los análisis de laboratorio para los suelos de los sistemas productivos agropecuarios

Gramíneas con Intercalación de Cultivos (GIM)

No. Muestra	Coordenadas		Color seco	Color húmedo	Densidad Aparente g/cm ³	pH H ₂ O	pH KCl	MO (%)	C (t/ha)
	Latitud	Longitud							
1	372568	2178541	7.5YR 4/4	10YR 3/2	0,84	6,43	5,11	5,11	50,08
2	372552	2178560	7.5YR 4/3	10YR 3/3	0,9	5,83	4,8	3,92	40,89
3	372518	2178763	10YR 4/4	7.5YR 2.5/3	0,89	6,11	5,11	4,79	49,47
4	372514	2178768	10YR 4/3	10YR 3/3	0,79	6,01	5,12	3,73	34,16
5	372517	2178774	10YR 4/3	10YR 3/3	0,83	5,15	5,03	3,54	33,99
6	372524	2178779	10YR 4/4	10YR 3/2	0,94	5,84	4,75	3,00	32,91
7	372546	2178792	7.5YR 3/3	7.5YR 2.5/2	0,89	6,11	5,19	3,66	37,75
8	372540	2178794	7.5YR 4/3	7.5 YR 2.5/3	0,88	6,59	5,52	4,46	45,37
9	372520	2178800	7.5YR 4/3	10YR 3/2	0,9	5,37	4,98	4,46	47,62
10	372519	2178803	7.5YR 4/4	10 YR 3/2	0,92	5,05	4,61	4,33	46,08
11	372531	2178816	10YR 4/2	10YR 3/2	0,88	5,76	5,12	4,12	42,29
12	372548	2178822	10YR 4/4	10YR 3/3	0,82	5,93	4,76	5,29	50,23
13	372551	2178237	10YR 3/6	10YR 3/2	0,82	5,55	4,82	4,68	44,55
14	372555	2178828	10YR 4/3	7.5YR 3/2	0,82	5,47	4,63	4,26	39,39
15	372552	2178832	10YR 4/4	7.5YR 2.5/2	0,79	6,54	5,54	5,38	49,35
PROMEDIO					0,86	5,85	5,01	4,32	42,94
DESVIACIÓN ESTANDAR					0,05	0,47	0,28	0,68	6,15

Agrícola con Pastoreo (AP)

No. Muestra	Coordenadas		Color seco	Color húmedo	Densidad Aparente g/cm ³	pH H ₂ O	pH KCl	MO (%)	C (t/ha)
	Longitud	Latitud							
1	372422	2178392	10YR 4/3	7.5YR 2.5/3	0,86	5,56	4,91	7,28	72,38
2	372404	2178409	10YR 4/6	7.5YR 2/3	0,81	6,12	5,45	5,17	48,45
3	372405	2178389	10YR 5/6	10YR 3/3	0,81	6,04	5,39	5,63	52,76
4	372380	2178394	10YR 4/3	10YR 2/2	0,88	4,92	4,34	5,32	53,77
5	372390	2178374	10YR 5/3	10YR 3/4	0,88	5,75	5,09	6,10	62,58
6	372370	2178379	10YR 3/3	7.5YR 3/3	0,79	6,01	5,48	4,52	41,18
7	372377	2178363	10YR 5/3	10YR2/2	0,80	6,29	5,58	5,98	55,81
PROMEDIO					0,83	5,81	5,18	5,72	72,38
DESVIACIÓN ESTANDAR					0,04	0,46	0,44	0,87	10

Gramíneas con Rotación de Cultivos (GRC)

No. Muestra	Coordenadas		Color seco	Color húmedo	Densidad Aparente g/cm ³	pH H ₂ O	pH KCl	MO (%)	C (t/ha)
	Longitud	Latitud							
1	371956	2173420	7.5YR 4/4	10YR 3/2	0,78	6,23	5,37	7,677	70,00
2	371935	2178457	7.5YR 4/3	10YR 3/3	0,90	5,56	4,75	7,465	78,58
3	371925	2178910	10YR 4/4	7.5YR 2.5/3	0,76	5,6	4,75	9,433	83,71
4	371899	2178604	10YR 4/3	10YR 3/3	0,88	5,84	4,89	6,711	68,72
5	371884	2174381	10YR 4/3	10YR 3/3	0,79	5,71	5,07	8,576	78,61
6	371816	2178391	10YR 4/4	10YR 3/2	0,79	5,87	5,09	7,37	68,20
PROMEDIO					0,82	5,80	4,99	7,87	74,64
DESVIACIÓN ESTANDAR					0,05	0,24	0,23	0,97	6,15

Gramíneas de Grano Chico (GGC)

No. Muestra	Coordenadas		Color seco	Color húmedo	Densidad Aparente g/cm ³	pH en H ₂ O	pH en KCl	MO (%)	C (t/ha)
	Longitud	Latitud							
1	372567	2178789	10YR 3/3	10YR 4/4	0,98	5,60	4,55	3,17	36,07
2	372559	2178790	10YR 3/2	10YR 4/6	0,93	5,53	4,63	3,79	40,92
3	372207	2173505	10YR 3/3	10YR 4/3	0,93	5,70	4,72	4,20	45,41
4	372566	2178789	7.5YR 3/2	10YR 4/4	0,90	5,55	5,57	5,05	52,56
5	372587	2178575	10YR 3/6	10YR 3/2	0,93	6,16	5,08	4,46	47,95
6	372602	2178568	10YR4/4	7.5YR 3/2	0,82	5,48	4,68	5,98	56,72
7	372592	2178557	10YR 4/4	7.5YR 2.5/2	0,80	5,93	5,10	5,43	50,49
8	372387	2178558	10YR 3/6	7.5YR 2.5/3	0,82	6,37	5,30	5,11	48,40
9	372580	2178556	7.5YR 3/4	7.5YR 2.5/2	0,80	6,37	5,38	5,44	49,90
10	372592	2178543	7.5YR 4/4	10YR 3/3	0,85	6,28	5,38	4,10	40,21
11	372577	2178541	7.5YR 4/6	10YR 3/2	1,00	6,34	5,16	3,01	34,87
12	372587	2178528	10YR 4/4	10YR 3/6	1,02	6,22	5,06	3,66	43,27
PROMEDIO					0,90	5,96	5,05	4,45	45,56
DESVIACIÓN ESTANDAR					0,08	0,37	0,34	0,95	6,68

PECUARIO ESTABULADO (PE)

No. Muestra	Coordenadas		Color seco	Color húmedo	Densidad Aparente g/cm ³	pH H ₂ O	pH KCl	MO (%)	C (t/ha)
	Longitud	Latitud							
1	372526	2178933	7.5YR 3/3	7.5YR 3/2	0,79	6,23	5,37	7,68	70,00
2	372525	2178730	10YR 3/2	7.5YR 3/2	0,91	5,56	4,75	7,47	78,58
3	372530	2178715	10YR 3/4	7.5YR 2.5/1	0,77	5,60	4,75	9,43	83,71
4	372537	2178704	7.5YR 3/3	10YR 2/2	0,88	5,84	4,89	6,71	68,72
5	372537	2178710	10YR 4/3	10YR 2/1	0,80	5,71	5,07	8,58	78,61
6	372540	2178713	10YR 3/3	10YR 3/2	0,80	5,87	5,09	7,37	68,20
PROMEDIO					0,82	5,80	4,99	7,87	74,64
DESVIACIÓN ESTANDAR					0,05	0,24	0,24	0,97	6,50

Gramíneas (G)

No. Muestra	Coordenadas		Color seco	Color húmedo	Densidad Aparente g/cm ³	pH en H ₂ O	pH en KCl	MO	C (t/ha)
	Longitud	Latitud							
1	372539	2178734	7.5YR 4/4	10YR 3/3	1,03	5,30	4,29	3,26	38,86
2	372563	2178738	10YR 3/3	10YR 3/2	0,90	4,73	4,22	5,19	54,05
3	372588	2178754	10YR 4/3	7.5YR 3/2	0,86	5,92	5,07	6,18	61,71
4	372591	2178766	10YR 4/4	7.5YR 2.5/3	0,88	5,04	4,40	5,41	55,47
5	372589	2178771	7.5YR 4/6	10YR 3/3	0,92	5,54	4,67	3,66	38,91
6	372591	2178775	7.5YR 3/2	10YR 2/2	0,90	5,34	4,36	4,76	50,00
PROMEDIO					0,91	5,31	4,50	4,74	49.83
DESVIACIÓN ESTANDAR					0,05	0,37	0,29	1,01	9.27

ANEXO 3: CUESTIONARIO SOBRE USO DE SUELO: AGRÍCOLA Y PECUARIO

Fecha: _____ Localidad: _____

Nombre del entrevistado: _____

Educación _____ (seleccionar categoría)

0= no sabe leer o escribir 1= sabe leer o escribir 2= primaria 3= secundaria 4= básica superior 5=técnico 6 =profesional

TIERRA Y CULTIVOS

Área total de Tierra que posee: _____ ha parcelas y cultivos

No. Parcelas ¿Cuántas parcelas tiene?		1	2	3	4	5	>
Área de cada parcela:							
Es propiedad de tipo: 1)Ejidal 2)Privado 3) Comunal							
Título: 1) si 2)no							
Tipo de suelo (nombre local) como le llaman ellos a ese tipo de suelo							
Color de Maíz que siembra: 1)Blanco, 2) negro 3) Rosado 4) pinto 5)otro _____							
Erosión, ¿se deslava la tierra?:1)Poco 2)Regular 3)Mucho							
Son de riego (1) Temporal (2)							
Producción por cultivos	Maíz (toneladas)						
	Frijol (kg)						
	Haba (kg)						
	Chícharo (kg)						
	Calabaza (kg)						
	Avena						
	Otro						
	n/a=no cultiva)						
Se sufre de plagas: 1) sí 2) no							
Escribir cuáles							
Vende maíz de esta parcela: 1) sí 2) no							
Razones por las que no se llega a cultivar*							

* 0) siempre se produce 1) no produce por el tipo de suelo (poca fertilidad) 2) falta de tiempo 3) falta de mano de obra 4)falta de semilla 5) Le toca descanso 6) falta de tractor o yunta 7) por sequía 8) otro _____

TIPO SEMILLA

	Tipo semilla que siembra	Razones para cultivar*	Costumbre del cultivo**
	Criolla/de la comunidad (1) Criolla de otra comunidad (2) Mejorada hibrida (3) cuál y de dónde?		
Maíz			
Frijol			
Haba			
Chícharo			
Avena			
Papa			
Otro			

*1 tiene mejor precio para vender 2. Rinde mejor para los animales 3. Por el tipo de suelo 4.por costumbre 5. Consejo de otros 6. Otro razón _____ 1. Alto (costumbre arraigada) 2. Bajo (costumbre nueva) 3. No se hace en la comunidad solo algunos

ACTIVIDADES AGRICOLAS

La labranza de las tierras es con: yunta (1) tractor (2) Mano (3) Otro (4) _____

Si es con yunta, que animales usa: Caballos (1) Reses (2) otro _____

Tiene yunta para trabajar? Si no

¿Con qué método siembra? a mano (1) embudo (2) otro (3)

Siembra las mismas semillas en el mismo lugar dentro de la parcela o las cambia: 1) siempre en el mismo lugar 2) si las cambia

Cambia de cultivos entre sus parcelas: Sí (1) No (2)

¿Cada cuándo? Cada año (1) cada 5 años (2) Otros (3)

Usa fertilizantes químicos en sus parcelas: Sí (1) NO (2)

Tipo de fertilizantes que les pone a sus milpas: 18-46 (1) Urea (2) Otro (3)

¿Cuánto fertilizante ocupa para cultivar una ha? _____ bultos (de cuántos kg).

Usa herbicidas: Sí (1) NO (2) en cuántas milpas _____

Usa pesticidas: Sí (1) NO (2) en cuántas milpas _____

Deshierba a mano: Sí (1) No (2)

Desde hace cuántos años se cultivan sus terrenos_____

(Origen) sus terrenos los: Compró_____Heredó_____Renta_____

CALENDARIO AGRÍCOLA

P= preparación terreno (barbecho), **S=siembra**, **E1= primera escarda**, **E2=segunda escarda**, **D= Deshierbe**, **F= Fertilización química (ABONO)**, **FO= Estiércol (LAMA)**, **CE= Cosecha elote**, **CQ= cosecha quelites**, **CM=Cosecha Maíz**, **CC= cosecha cultivo**, **X= Descanso tierra**, **Q=quema**, **R= Rosa**, **T=tumba**,

	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Maíz												
Frijol												
Haba												
Avena												
Papa												
Otro												

¿Quién le ayuda a trabajar sus terrenos?

Nadie (1) Hijos (2) Parientes (3) con mano de obra (4) Intercambia mano de obra (5)

Si incorpora estiércol a sus parcelas, de dónde lo consigue?

1) tengo animales 2) compro 3) Regalan 4) Otro_____

¿Cuánto superficie puede cubrir con el estiércol que se recolecta EN UN AÑO? __ (hectáreas)

¿De qué tipo de animales incorpora estiércol? (seleccionar más de uno si aplica)

1) Reses 2) Caballos (equinos) 3) Borregos 4) Pollos 5). Otros_____

¿Cuántos animales tiene? No. Cabezas

¿Se ha mejorado sus tierras y cosechas por como las maneja? Poco o nada (1) Regular (2) Si un cambio fuerte (3)

¿Alguna persona o institución le ha brinda consejo en como cultivar sus tierras? SI (1) No (2)

¿Qué está haciendo para mejorar sus tierras (las prácticas) que ayude a disminuir la afectación a su producción con los siguientes aspectos?

- a. Sequía _____
 - b. Torrenciales _____
 - c. Falta de fertilidad _____
 - d. Erosión (agua) _____
1619. Si se ha cambiado, ¿cuál fue el cambio? _____

Indique **SI** realiza las siguientes actividades (de conservación o restauración) para cada parcela:

Parcelas	Privada/CERCANA A CASA	Ejidal/LEJOS DE CASA
Incorpora Estiércol a la parcela:		
Hay terrazas o desniveles planeados		
Tiene arboles alrededor		
Tiene maguey alrededor		
Zanjas para desviar agua		
Sangraderas (canales en medio de la milpa)		
Deja hierbas para que se pudran dentro de la milpa		
Deja lo del rastrojo para que se mezcle con el suelo		
Composteo		
Otras actividades (indicar)		

ACTIVIDADES PECUARIAS

¿Cuáles meses tiene a los animales pastoreando en zonas uso común (ej. Bosque, llanos) en el año? E F M A M J J A S O N D

Desde cuándo se pastorea en las zonas comunales (bosques o praderas)? _____ Años

Las praderas de pastoreo o zonas comunales presentan deslaves (erosión hídrica): Sí (1) No (2)

¿Desde cuándo pastorea en sus parcelas? _____ años

¿Meses del año que tiene al ganado pastoreando en sus parcelas? E F M A M J J A S O N D

Las parcelas (propias o rentadas) donde pastorea presentan problemas de erosión: Sí (1) No (2)

¿Qué otro uso se les da a las zonas de pastoreo comunales? Recreación (1) Juntas en la comunidad (2) Ninguna (3) Otra (4) _____

CALENDARIO PECUARIO

Alimentación

Indique en que meses se realizan las siguientes actividades de acuerdo con cada especie animal

P= pastoreo en zona comunal **PM**= Pastoreo en Milpa **AR**=alimentación con rastrojo **AV**=alimentación con residuos verde de milpa **AC**= alimento comprado **C**= permanencia en Corral **CA**= temporada de compra de animales **V**= temporada de venta de animales

	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Borrego												
Reses												
Caballos												
Aves												
Otros												

Cultiva en las parcelas donde pastorea su ganado: No en ninguna (1) Algunas (2) En Todas (3)

Siembra en parcelas exclusivamente para obtener forraje para alimentar a su ganado: Si_ No__ cuales forrajes? _____

La forma en cómo maneja y cuida su ganado está asociado a actividades:

Actividades tradicionales de la comunidad (tradición)	(1)
Individuales (solo usted lo maneja así)	(2)
Herencia (hacia lo ha hecho su familia)	(3)
Responde a Programa o políticas	(4)
Ninguna de las anteriores	(5)
Otro _____	

ANEXO 4: FORMATO DE MUESTREO DE SUELO

No. de predio: _____
Uso actual del suelo: _____
Responsable: _____

Fecha: _____
Hora: _____

PUNTO	COORDENADAS		ALTITU D	PROFUNDIDAD (cm)		PESO TOTAL DEL SUELO (gr)		OBSERVACIONES
	LATITU D	LONGITUD						