



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
“ANTONIO NARRO”

DIVISION DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO CIENCIAS DEL SUELOS

COMPARACION DEL CONTENIDO DE MATERIA ORGANICA
EN AREAS NATURALES Y AREAS IMPACTADAS
POR LAS DISTINTAS OBRAS REALIZADAS



Por:
Selene Veatriz Can Yam

TESIS
Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÍCOLA Y AMBIENTAL

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México

Diciembre del 2012.

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
"ANTONIO NARRO"**

DIVISIÓN DE INGENIERÍA

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DEL SUELOS

**COMPARACIÓN DEL CONTENIDO DE MATERIA ORGÁNICA
EN ÁREAS NATURALES Y ÁREAS IMPACTADAS
POR LAS DISTINTAS OBRAS REALIZADAS**

POR:

SELENE VEATRIZ CAN YAM

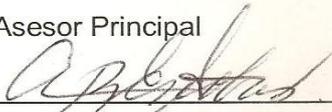
TESIS PROFESIONAL

Que Somete a Consideración del H. Jurado Examinador Como Requisito
Parcial para Obtener el Título de:

INGENIERO AGRÍCOLA Y AMBIENTAL

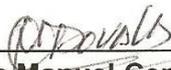
Aprobado por el comité de tesis

Asesor Principal



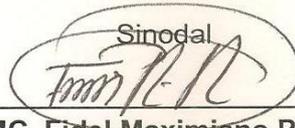
MC. Alejandra Rosario Escobar

Sinodal



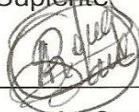
MC. Juan Manuel Cepeda Dovala

Sinodal



MC. Fidel Maximiano Peña Ramos

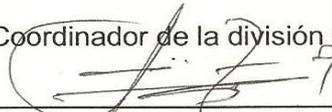
Suplente



Dr. Ángel Rumualdo Cepeda Dovala

Universidad Autónoma Agraria
"ANTONIO NARRO"

Coordinador de la división de ingeniería



MC. Luis Rodríguez Gutiérrez



Coordinación de
Ingeniería

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. Diciembre del 2012.

INDICE DE CONTENIDO

INDICE DE CONTENIDO	i
INDICE DE FIGURAS	iii
INDICE DE CUADROS	vi
DEDICATORIAS	ix
RESUMEN	1
I. INTRODUCCIÓN	1
1.1 ANTECEDENTES.....	2
1.2 Objetivos e Hipótesis.....	4
Objetivo General.....	4
Objetivos Específicos	4
Hipótesis.....	4
II. REVISIÓN DE LITERATURA	5
2.1 El suelo como sistema disperso.....	5
2.1.1 Textura del suelo	5
2.1.2 Consistencia.....	6
2.1.3 Densidad del suelo.....	6
2.2 Muestreo de suelos	7
2.2.1 Procedimiento.....	8
2.2.2 Manejo de las muestras en el laboratorio	8
2.3 Materia orgánica del suelo.....	9
2.3.1 Expresión de la materia orgánica	9
2.3.2 Determinación cuantitativa total de la materia orgánica en una muestra de suelo.....	10
2.3.3 Ciclo de la materia orgánica en el suelo	10
2.3.4 Distribución de la materia orgánica en el suelo	12
2.3.5 Influencia de la materia orgánica sobre algunas propiedades de los suelos.....	12
2.4 Técnicas y estructuras de conservación de suelos.....	13
2.4.1 Métodos para la conservación del suelo	13
2.4.2 Sistemas agroforestales	14
2.5 Técnicas de remediación de la estructura del suelo	16

2.5.1	Técnicas de remediación de la composición química y nutriente del suelo	17
2.5.2	Técnicas de remediación de micro y macrofauna edáfica	17
III.	DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO	19
3.1	Ubicación del área.....	19
3.2	Clima	20
3.3	Fisiografía.....	21
3.4	Hidrología	22
3.5	Geología.....	25
3.6	Suelo	26
3.7	Vegetación	27
IV.	MATERIALES Y METODOS.....	29
4.1	Trabajo de campo	29
4.1.1	Toma de muestras de suelo	29
4.2	Trabajo de laboratorio	29
4.2.1	Metodología para la determinación de materia orgánica.....	29
4.3	Expresión de los resultados	30
4.4	Materia orgánica oxidable (%).....	31
V.	RESULTADOS.....	32
5.1	Materia orgánica	32
VI.	CONCLUSIONES.....	38
VII.	RECOMENDACIONES	39
VIII.	BIBLIOGRAFIA CONSULTADA.....	41
IX.	ANEXOS	42

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Clases Texturales	6
Figura 2. Sistema agroforestal: cedro–maíz–limón.....	15
Figura 3. Localización del área de estudio.....	19
Figura 4. Fisiografía del estado de Coahuila	22
Figura 5. Vegetación del estado de Coahuila	28
Figura 6. Grafica general de porcentaje de M.O de las distintas obras	32
Figura 7. Porcentaje de M.O en cuadros de maniobras.....	33
Figura 8. Porcentaje de M.O en caminos de acceso	33
Figura 9. Porcentaje de M.O en líneas de descarga.....	34
Figura 10. Porcentaje de M.O en gasoductos.....	34
Figura 11. Porcentaje de M.O en áreas sísmicas	35
Figura 12. Grafica de caja comparación de medias.....	36
Figura 13. Shapiro-Wilk normality test.	36
Figura 14. Peso del suelo	42
Figura 15. Aplicación del dicromato de potasio.....	42
Figura 16. Adición de colorante Ortofenatrolina.....	43
Figura 17. Titulación de las muestras con sulfato ferroso.....	43

INDICE DE CUADROS

Tabla 1.- Tipos de clima en el area de estudio	20
Tabla 2. Interpretación de materia orgánica según el método Walkley- Black	31
Tabla 3. Valores promedio y su categoría correspondiente en contenido de M.O	35
Tabla 4. Parámetros estadísticos de la prueba T-test para dos muestras de materia orgánica (área natural y área impactada).....	37
Tabla 5. Porcentajes de materia orgánica y su categoría correspondiente en áreas impactadas.....	44
Tabla 6. Porcentajes de materia orgánica y su categoría correspondiente en áreas naturales.....	46

AGRADECIMIENTOS

A MI DIOS. Por haberme dado la vida y sobre todo por saberme guiar en mi camino durante todos estos años te agradezco de todo corazón por haberme cuidado siempre y también por cuidar de mi familia Gracias.

A MI ALMA TERRA MATER. Por permitirme ser parte de ti gracias por brindarme todo lo necesario para poder desarrollarme como profesionista y por ser una de las mejores universidades de excelencia y calidad para formar buenos profesionistas.

AL MC. ALEJANDRA DEL ROSARIO ESCOBAR. Por brindarme su apoyo incondicional y apoyarme durante mi estancia gracias por dedicarme tiempo para poder terminar la tesis y brindarme todos sus conocimientos.

AL MC. JUAN MANUEL CEPEDA DOVALA. Por apoyarme y brindarme sus conocimientos para poder realizar la tesis.

AL MC. FIDEL RAMOS PEÑA. Por brindarme sus conocimientos dentro y fuera de las aulas, gracias por tener su confianza, apoyo y tiempo en el desarrollo del proyecto de tesis.

A todos los docentes de la carrera Ing. Agrícola y ambiental. **Alejandra Rosario Escobar Sánchez, Ángel Rumualdo Cepeda Dovala, Juan Manuel Cepeda Dovala, María Elena Góngora Hernández, Pedro Recio del Bosque, Edmundo Peña Cervantes, Idalia María Hernández Torres, Rommel De La Garza Garza, Javier Torres Arreguin, Ricardo Requejo López, Emilio Rascón Alvarado, Alejandro Hernández Herrera, Fidel Ramos Peña, Luis Miguel Lasso Mendoza, Javier Silveyra Medina.** A todos aquellos maestros que me apoyaron en mi formación y respeto merecen toda mi gratitud y respeto.

AL ING. JOSE ALBERTO YAM TUZ. Por haberme brindado su apoyo incondicionalmente te agradezco de todo corazón porque gracias a ti estoy hasta donde estoy ya que tú me ayudaste a tomar la decisión de venirme a estudiar en la UAAAN y sabes el esfuerzo que se hace para tener una carrera ya que tú también perteneciste a esta casa de estudios, gracias.

AL LIC. HIGINIO DE JESUS YAM COB. Por creer en mí y brindarme tus consejos y conocimientos gracias por apoyarme durante mi carrera y jamás voy a olvidar el gran apoyo que me diste al traerme a esta gran ciudad de saltillo de todo corazón mil gracias.

AL ING. ANGEL WILIBALDO YAM TUZ. Te agradezco todo el apoyo que me as brindado incondicionalmente gracias por tus consejos que me has

dado ya que eres un ejemplo y ustedes más que nadie saben el sacrificio que se hace para llegar en donde están gracias.

A mis compañeros de la carrera agrícola y ambiental **Esperanza Hernández, Esperanza Morales, Karla Flores, Nancy Ramos, Jesús Campos, Artemio Gonzales, Alberto Nava, Eliel Arce, José Salvador, Axel Ortiz, Arbeis, Daniel Carrillo, Jorge Negrete, Roberto Negrete, Hugo Andulio, Froilán Gómez, Pablo Pérez, Jairo Solís Celso Velasco, Fermín Ramírez, Juan Carlos, Edilberto.** Les agradezco por haberme permitido ser parte de ustedes y brindarme su amistad durante toda la carrera.

A mi novio al Ing. Cesar Alberto Ozuna Gómez. Mi compañero de vida y por qué siempre me has brindado tú apoyo incondicional gracias por ayudarme cuando más lo necesite y por tu paciencia y comprensión que me tuviste te agradezco de todo corazón todo lo que has hecho por mi Te Amo.

A todos mis amigos de la UAAAN como no mencionarlos si fueron como mi segunda familia durante toda mi formación académica. **Yaneth Ramos, Laura Bonifaz López, Rosario Marisol Tuz Yam, Laura Utrilla, Gabriel Bonifaz, José Guadalupe, Cecilio Felicito, Armando, Obed, Julio, Hugo.**

A mis amigos de mi ciudad de origen **Deysi, Juanita, Sindi, Erika, Carlos, Leandro.** Gracias por ser mis amigos que fueron parte de mi vida.

DEDICATORIAS

Aquellas personas que son tan especiales en mi vida se las dedico a ustedes.

A MI MADRE GLORIA MARIA YAM TUZ

A ti mamá que siempre confiaste en mi gracias por tus buenos consejos ya que me sirvieron para llegar en donde estoy, a ti que siempre estuviste al pendiente de mi aunque no estuviste a mi lado como yo hubiera querido pero sé que este sacrificio valió la pena gracias porque día a día te esfuerzas para darme lo mejor todo lo que hiciste y haces por mi te será recompensado al doble no lo olvides. Eres la mejor madre del mundo Te Amo madre mía.

A MI PADRE JORGE CAN POOL

A ti papá por creer siempre en mi gracias por brindarme tu apoyo incondicional y por los buenos consejos que siempre me has dado gracias porque sé que siempre te has esforzado por darme lo mejor y por saberme guiar en el camino correcto Te Amo papa nunca lo olvides.

Sin ustedes dos no hubiese llegado hasta donde estoy gracias por haberme enseñado que en esta vida todo se puede siempre y cuando le pongamos mucha dedicación y esfuerzo gracias a ustedes puedo decir que mi sueño se ha cumplido y que todo el esfuerzo que hicieron valió la pena y siempre se les será recompensado los Amo a los dos.

A MIS HERMANOS:

ADRIANA GUADALUPE CAN YAM

A ti mi hermanita del alma que puedo decir de ti si eres la mejor hermanita del mundo te quiero muchísimo gracias por tu buen sentido del humor y tu compañía me divierte mucho cuando estoy contigo y quiero que sepas que cuentas conmigo para lo que sea quiero que no solo me veas como tu hermana sino como tu amiga y de verdad que siempre te voy apoyar ya que tu estas empezando labrar tu camino y sé que vas a salir adelante al igual como lo hice yo T.Q.M.

ROGELIO CAN YAM

A ti hermanito mayor te agradezco porque a pesar de nuestra relación de antes medio rara que nos paliábamos de todo jajá como olvidarlo pero reconozco lo mucho que has cambiado y te admiro por todo lo que haces por tu familia que siempre tratas de darles lo mejor T.Q.M.

A MIS ABUELOS

Como no mencionar a estas bellas personas mis abuelitos esto se los dedico con mucho cariño y amor porque para mí ustedes son un ejemplo de vida y merecen todo mi respeto y admiración.

ELDA MARÍA TUZ TUZ

A ti mi abuelita querida gracias por enseñarme y darme el ejemplo que me has dado de salir adelante por sobre todas las cosas de verdad que TE QUIERO con todo el corazón.

JUAN JOSÉ YAM KUK

Gracias abuelito por haber creído en mí y por darme la confianza y demostrarte que si puedo lograr lo que me proponga aunque se mire muy lejos de alcanzar TE QUIERO mucho todo esto te lo dedico a ti que me has demostrado lo mucho que me quieres y estoy feliz porque sé que te sientes orgulloso de mi.

A mi Cuñada Suri Esmeralda Hernández López

Porque más que mi cuñada eres mi amiga gracias por comprenderme y estar conmigo en mis momentos de soledad TE QUIERO mucho porque formas parte de mi familia y porque sabes escuchar cuando uno más te necesita y también te agradezco porque durante mi ausencia has sabido apoyar a mi madre y acompañarla siempre Gracias.

A MIS SOBRINOS

Ariana y Diego los quiero mucho a mis pequeñitos, gracias por hacerme reír con sus travesuras y por estar conmigo siempre asiéndome compañía.

A MIS TIOS

Ing. Ángel Wilibaldo YamTuz, Ing. Alberto YamTuz, Lic. Higinio De Jesús YamCob, Germán Pérez, Arturo, Ambrosio Hernández Gracias por brindarme su apoyo durante todo este tiempo los QUIERO mucho a todos.

A MIS TIAS

Rosa Angélica, Aurora Balam, Yara Hernández, Aurora Yam, Carmen yama ustedes por apoyarme y aconsejarme siempre gracias por creer en mí los QUIERO mucho.

A MIS PRIMOS

Marisol Tuz, Gabriela Tuz, Jenny Hernández, Francisco Hernández, José Hernández, José Manuel Tuz, Isela Fernanda, Germán Jesús, José María, Ángel, Yaneth, María José, Alejandra. Por tener siempre su amistad y contar con ellos siempre Gracias.

A MI MISMA

Por esta etapa de mi vida quiero dedicármelo porque a pesar de que lo miraba muy lejos de alcanzar lo logre y me admiro a mí misma porque sé que puse lo mejor de mí y que me esforcé día a día sin dejarme vencer por todos los obstáculos que se me presentaron y sé que todo mi esfuerzo valió la pena.

SELENE VEATRIZ CAN YAM

RESUMEN

Con el objetivo de realizar la evaluación del impacto ambiental en el suelo en la Cuenca Sabinas – Área Piedras Negras, Monclova Coahuila que ha traído cambios en los usos del suelo; los cuadros de maniobras, líneas de descarga, gasoductos, caminos de acceso, estaciones de recolección, líneas eléctricas, líneas de inyección de agua y brechas sísmicas; estas obras han modificado las características del suelo en donde fueron realizadas.

La biodiversidad no es la única afectada por las obras realizadas se procedió a coleccionar las muestras de suelo las cuales fueron llevadas a los laboratorio de la UAAAN para posteriormente ser analizadas todo esto con la finalidad de hacer una comparación entre las áreas naturales y las áreas impactadas con respecto a la conservación de este recurso suelo, para la determinación de la materia orgánica se utilizó el método de Walkley-Black los resultados obtenidos se capturaron y se agruparon por área natural e impactada y por tipo de obra para su interpretación.

Para la determinación de los resultados se utilizo el método de T- test para comparar y comprobar si había diferencias significativas en las ambas áreas.

Palabras claves: *evaluación, ambiental, suelos, muestras, área natural, área impactada.*

I. INTRODUCCIÓN

Cuando las actividades productivas como la agricultura, la ganadería y el aprovechamiento forestal, consideran exclusivamente variables como la fertilidad de suelo o la productividad de un ecosistema suelen ocasionar impactos ambientales negativos muchas veces de tipo irreversible. Como la erosión de suelos y azolve de cuerpos de agua, la deforestación Los incendios forestales y la ganadería son una de las causas más importantes de la pérdida de la vegetación natural en nuestro país. Estos impactos sumados a la tala clandestina o los desmontes no regulados pueden incrementar vertiginosamente la velocidad en los procesos naturales y ocasionar, en mediano y corto plazo, pérdidas irreparables de biodiversidad.

Los suelos están formados por cuatro componentes básicos: minerales, aire, agua y materia orgánica. En la mayoría de suelos, los minerales representan alrededor de 45% del volumen total, agua y aire cerca de 25% cada uno, y materia orgánica entre 2% y 5% (Sullivan 2007).

(Schnitzer, 1991). Señala que la materia orgánica del suelo (MO) se ha definido como una mezcla heterogénea de residuos de plantas y animales en varios estados de descomposición, de sustancias sintetizadas microbiológicamente y/o químicamente a partir de los productos de degradación, de los cuerpos de microorganismos vivos y muertos, pequeños animales y sus restos en descomposición. En tal sentido, la degradación de los residuos de plantas y animales en el suelo, constituye un proceso básicamente biológico, en el cual, el carbono es reciclado a la atmósfera como dióxido de carbono, el nitrógeno es transformado en una forma aprovechable por las plantas como amonio y nitrato; otros elementos asociados (fósforo, azufre y varios micro elementos) son liberados en forma disponible para las plantas superiores.

(Stevenson 1982).Menciona, que, parte del carbono es asimilado en los tejidos microbianos (biomasa microbiana), y otra parte es convertido en sustancias húmicas estables (ácidos húmicos, ácidos fúlvicos y huminas), así lo expresa. En consecuencia, la MO ejerce una serie de efectos beneficiosos sobre la fertilidad del suelo y el crecimiento de las plantas, no sólo a través de la suplencia de nutrimentos, sino además por sus efectos favorables sobre las propiedades físicas (tiende a mejorar la estructura del suelo, aumenta la capacidad de retención de agua), químicas (aumenta la capacidad de intercambio catiónico, mejora la capacidad amortiguadora de pH) y biológicas del suelo (por ser fuente de nutrimentos y energía para los microorganismos).

(Rubio J. 1989). Indica que tradicionalmente en los estudios de erosión se ha puesto más énfasis en los efectos que se producen en el suelo pasivo de la erosión, es decir en el propio suelo, que en los efectos derivados de la expansión del material degradado. Los efectos que se producen por la erosión en el suelo (directos) son la pérdida de horizontes humíferos, pérdida de materia orgánica y nutrientes, la pérdida de la fracción químicamente activa, el debilitamiento de la estructura, el aumento de la rugosidad superficial, la disminución del espesor efectivo y de la capacidad de infiltración, y por último la disminución de los intercambios gaseosos, todos estos efectos pueden resumirse como pérdida de cantidad calidad y fertilidad de suelo. También existen otros efectos que son consecuencia de los anteriores (indirectos) los cuales son la contaminación de aguas superficiales y subsuperficiales, el aterramiento en zonas agrícolas, la contaminación de presas hidráulicas, impactos en la infraestructura de comunicaciones y daños en las redes de canales y acequias de regadío.

De acuerdo con (García M. 2008) a los desechos y restos de animales y vegetales descompuestos por microorganismos, insectos, lombrices y elementos ambientales se les llama materia orgánica. La materia orgánica en el suelo está determinada por la cantidad de desechos que se incorpore, y por el manejo del suelo, de la vegetación y de las condiciones ambientales. Entre las todas las funciones de la materia orgánica encontramos que mejora las condiciones físicas, químicas y biológicas además también las bacterias que crecen en la materia orgánica liberan sustancias que ayudan a pegar las partículas del suelo formando agregados (terrones), el agua puede penetrar mejor a través del suelo, es decir, la materia orgánica reduce el arrastre y pérdida del suelo. Los ácidos húmicos y el humus adsorben en su superficie algunas sustancias tóxicas como pesticidas y desechos industriales, evitando que se arrastren hacia los mantos freáticos y cuerpos de agua.

1.1 ANTECEDENTES

La materia orgánica del suelo se considera como el indicador más significativo de la calidad del suelo, siendo el componente más importante a seleccionar entre un grupo de datos mínimos y necesarios para definir la calidad del suelo. Esta propiedad del suelo es fundamental para mantener su estructura, retener el agua necesaria y actuar como reserva nutritiva. Ciertos usos del suelo pueden disminuir de forma drástica su contenido de materia orgánica, las causas principales que desencadenan entre otros procesos, la agricultura intensiva y la quema de los residuos de las cosechas in situ.

La Materia Orgánica (M.O) del suelo es un factor clave en el mantenimiento de las funciones del suelo a largo plazo y así lo considera la Estrategia

Temática europea para la protección del suelo (EC, 2006), ya que influye de manera importante en las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo.

La MO cumple funciones esenciales en la estructura y estabilidad del suelo (Tisdall y Oades, 1982; Six et al., 2002), en su fertilidad nutritiva (Reeves, 1997), en su capacidad de retención de agua (Hudson, 1994) y en su resistencia a la penetración por raíces (Zou, 2000), además aumenta su resistencia a la erosión favoreciendo la infiltración del agua (MacRae y Mehuys, 1985; Boyle et al., 1989; Pikul y Zuzel, 1994) y contribuye a evitar la contaminación de los cursos de agua, gracias a su papel de filtro natural asociado principalmente a sus propiedades adsorbentes (Camps-Arbestain et al., 2004). Por otro lado, la MO influye en la actividad enzimática del suelo (Dick, 1984; Kandeler, 2005) y en la composición de la comunidad microbiana (Grayston y Presscott, 2005).

Por otra parte, la materia orgánica acumulada en los ecosistemas forestales representa una parte importante del reservorio total de carbono orgánico (C). Se estima que la biomasa aérea de los bosques constituye entre el 82-86% de todo el C fijado en la biomasa terrestre (Richter et al., 1999) y que los suelos forestales acumulan entre el 70-73 % de todo el C orgánico fijado en el suelo (Birdsey et al., 1993). El stock actual de C orgánico en la biomasa forestal arbolada de la vertiente atlántica del País Vasco se estima en 13.25 Mt C (raíces incluidas) mientras que el stock actual de C orgánico en los primeros 30 cm del suelo se estima en 29.4 Mt C (Ihobe, 2005). Por lo tanto, los ecosistemas forestales y en particular los suelos forestales juegan un papel importante en el ciclo global del C y el cambio climático (IPCC, 2000).

(Worthington 1985) considera que la “materia orgánica, lo mismo que para las partículas de roca, influye a la vez sobre las propiedades físicas y químicas del suelo”, para luego, en un intento por clasificar dichas influencias, afirmar que la materia orgánica;

- a) Aumenta la capacidad de retención del agua del suelo, pues absorbe varias veces su peso de este compuesto;
- b) A los suelos pesados los aligera. Mejorando su aeración y su facilidad de manejo;
- c) A los suelos ligeros les da más firmeza y aumenta su capacidad para retener el agua;
- d) Hace más erosionable el suelo;
- e) Amortigua los cambios bruscos en las concentraciones de iones hidrogeno y atenúa los perjuicios causados por las sustancias tóxicas residuales de los fertilizantes y espolvoriaciones;
- f) Al descomponerse suministra elementos nutritivos a las plantas, principalmente nitrógeno.

- g) Determinan en gran medida, según su cantidad y calidad, el desarrollo y la actividad de los microorganismos beneficiosos del suelo.

(Lyon y Buckman 1985) afirman que “una de las diferencias esenciales entre el suelo fértil y una simple masa de fragmentos de roca la constituye el contenido de materia orgánica del primero”. Si el contenido de materia orgánica diferencia esencial entre un suelo fértil y un simple agregado de fragmentos de roca, quiere decir que la materia orgánica sola o en combinación con otros, es factor determinante del carácter fertilidad en los suelos.

1.2 Objetivos e Hipótesis

Objetivo General:

Conocer el comportamiento de la materia orgánica en áreas naturales y en áreas impactadas en las distintas obras realizadas y dar a conocer si hay diferencia entre ellas.

Objetivos Específicos:

- ✓ Determinar el contenido de materia orgánica en las diferentes áreas naturales e impactadas
- ✓ Proponer técnicas para la conservación de suelos para aumentar la materia orgánica del suelo

Hipótesis:

Este trabajo ha entendido en forma específica las hipótesis siguientes:

H_0

No hay impactos significativos en los porcentajes de materia orgánica entre un área natural y una impactada.

H_1

Si hay impactos significativos en los porcentajes de materia orgánica entre un área natural y una impactada.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

Para el desarrollo de la parte práctica del presente proyecto se requirió de un sustento teórico, que provenga de fuentes bibliográficas actuales. A continuación se indica la fundamentación teórica.

2.1 El suelo como sistema disperso

De acuerdo con Villanueva et al (1990) si al suelo se le considera como un sistema disperso se pueden diferenciar tres fases: una sólida, una líquida y una gaseosa; la primera considera a los componentes inorgánicos y orgánicos y la segunda el agua y la solución del suelo.

La fase sólida posee mayor estabilidad y de esta propiedad nos servimos para la caracterización del suelo. Las fases líquida y gaseosa, son extremadamente inestables.

La fase sólida es muy heterogénea y está formado por una mezcla de materiales que se diferencian en su composición, constitución y propiedades. A todos estos fragmentos se les puede separar y caracterizar de acuerdo con su tamaño, origen y propiedades.

2.1.1 Textura del suelo

La textura de un suelo se refiere a su apariencia superficial, la cual es determinada por el tamaño de los granos presentes en él: grava, arena, limo y arcilla.

En la naturaleza la presentación habitual de los suelos es una mezcla de ellos, en este caso el nombre del suelo depende de los componentes principales o según el tamaño de grano. Según sea el caso, el suelo se puede clasificar como arcillo limoso, arenoso arcilloso, franco arenoso, entre otros.

La forma para clasificar el suelo según su textura fue desarrollada por el Departamento de Agricultura de Estados Unidos, U.S.D.A (por sus siglas en inglés). Con la proporción de arenas, limos y arcillas presentes en una muestra de suelo, se llega a un diagrama triangular que está dividido y marcado por áreas, se determina a cual corresponde y se indica el nombre que la clasificación recomienda.

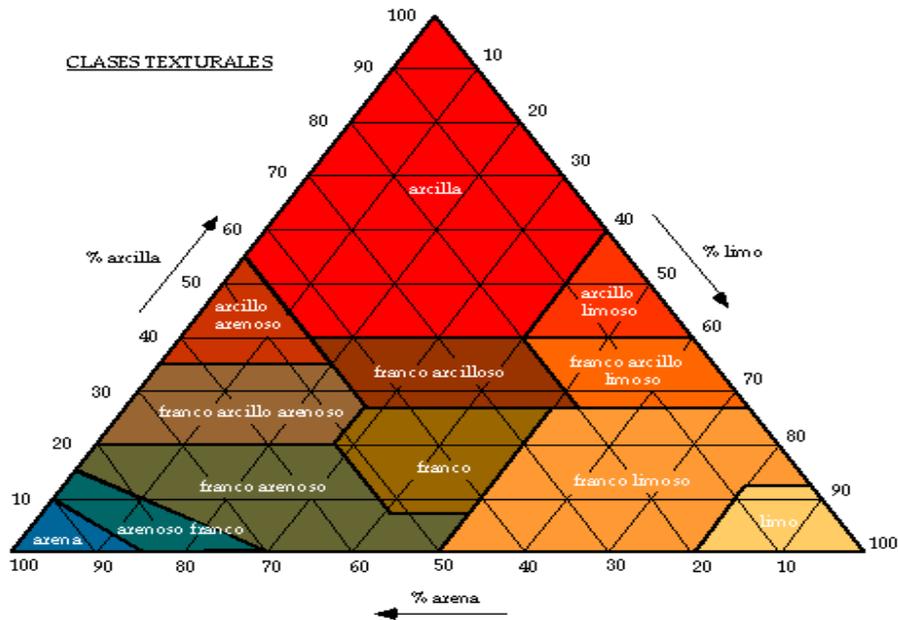


Figura 1. Clases Texturales

2.1.2 Consistencia

Se define como la resistencia de un material a la deformación o ruptura, o bien al grado de cohesión y adherencia de la masa del suelo. La consistencia se describe bajo tres condiciones de humedad del suelo: mojado, húmedo y seco, según se presente en el campo.

2.1.3 Densidad del suelo

La densidad se considera como el peso por volumen unitario de sustancia, reportada comúnmente en g/cm^3 . Simbólicamente la densidad se representa por:

$$D = \frac{p}{v}$$

Donde:

D = densidad, g/cm^3

p = peso, g

v = volumen, cm^3

En el estudio de suelos se distinguen dos tipos de densidad: la densidad real o partículas (D_r) y la densidad aparente (D_{ap}), cuyas fórmulas de cálculos serían:

$$D_r = \frac{p}{\text{Volumen real}}$$

$$D_{ap} = \frac{p}{\text{Volumen aparente}}$$

La diferencia entre ambos volúmenes puede establecerse por medio de la siguiente igualdad

$$\text{Volumen aparente} = \text{Volumen real} + \text{Volumen vacío}$$

La diferencia entre ambas densidades radica en el volumen que se considere. La densidad real comprende al volumen de las partículas únicamente, mientras que, la densidad aparente se calcula con el volumen de las partículas y el volumen vacío (o espacio poroso).

La densidad aparente es un dato muy valioso que se utiliza en diferentes cálculos y en caracterización de capas de suelo por ejemplo se utiliza para el cálculo de una capa de suelo, es un dato indispensable para expresar muchos datos analíticos en Kg/ha. Para obtener este dato se emplea la fórmula:

$$P = D_{ap} \times E \times S$$

Donde:

P= peso en Ton/ha

D_{ap} = densidad aparente en Ton/m³ (no sufre ninguna transformación el valor en g/cm³)

E= Espesor de la capa en m

S= Superficie, generalmente referida a 1 ha= 10,000m²

2.2 Muestreo de suelos

La validez del resultado de un análisis de suelo depende básicamente del grado en que la muestra representa las condiciones que se quieren evaluar y de la precisión del método empleado. Por tal motivo hay factores que deben tomarse en cuenta al efectuar el muestreo de suelo (Fuentes y Absi, 2002).

2.2.1 Procedimiento

Se debe recorrer el terreno para observar las variaciones que presenta en cuanto a color, textura, vegetación, pendiente, grado de erosión, etc., y dividir el área en unidades de muestreo homogéneas. Es conveniente realizar un croquis del terreno delimitando las diferentes áreas de muestreo y asignando la misma clave que se va a usar en las etiquetas.

- ✓ A continuación se pormenorizan los pasos de muestreo.
- ✓ Hay que hacer un recorrido en zigzag para tomar las muestras.
- ✓ Elegido el sitio, se limpia la superficie de restos vegetales y se descartan los primeros 2 o 3 cm superficiales.
- ✓ De cada sitio se extrae el suelo a la profundidad predeterminada, descartándose la muestra de horizontes claramente diferentes cuando aparecen durante el sondeo; en otras palabras el material que se extrae debe ser uniforme.
- ✓ El muestreo se hace, en lo posible, cuando el suelo no esté excesivamente seco ni mojado; el estado friable es el más adecuado porque reduce el esfuerzo a la penetración y extracción de la barrena.
- ✓ De cada sitio de muestreo se extrae la misma cantidad de suelo.
- ✓ La muestra obtenida de cada sitio de muestreo se mezcla sobre un plástico recipiente limpio (preferentemente no metálico). Cuando la muestra ya se homogenizó, se procede al cuarteo hasta obtener la cantidad de muestra superficial compuesta deseada.
- ✓ El total del material colectado se debe mezclar. Si está muy húmedo (lo que dificulta el mezclado), conviene dejarlo secar a la sombra hasta un contenido de humedad que permita la molienda y mezclado homogéneo.

2.2.2 Manejo de las muestras en el laboratorio

Secado. Se recomienda secar las muestras al aire para reducir la tasa de posibles reacciones en el suelo. La muestra no debe permanecer húmeda por grandes periodos y los terrones deben molerse para facilitar el secado. El secado a altas temperaturas puede afectar el análisis.

Molido. El molido de la muestra es esencial para mezclar completamente la muestra, la mayoría de los laboratorios pasan las muestras por tamices de 2.0 milímetros.

Cuarteo. Si el material es más del necesario para los propósitos del trabajo, se debe reducir el tamaño haciendo un montón cónico con el suelo mezclado, el cual se corta por el centro con una espátula o pala en cuatro partes, haciendo un corte perpendicular al anterior. Se mezclan dos cuartos y se descartan dos. Las operaciones de tamizado, cuarteado y desecho se repiten hasta que se obtenga el tamaño de muestra deseado.

Almacenamiento. La mayoría de las muestras se almacenan para realizar una serie de ensayos en ellas, y después de analizadas y haberse comprobado que no hubo error en los resultados pueden desecharse.

2.3 Materia orgánica del suelo

La materia orgánica del suelo proviene de las raíces, residuos de plantas y organismos vivos y muertos. En forma general, se ha indicado que los suelos minerales contienen menos del 20% de M.O., mientras que los suelos orgánicos (turberas y mucks) contienen más del 20% de M.O. La acumulación de la M.O. es favorecida en áreas de precipitación abundante o drenaje deficiente, baja temperatura y vegetación nativa de pastos. La proporción en que se descompone la M.O. es la clave de su acumulación en el suelo (Ortiz, 1987).

De acuerdo (Kirk 1980). La materia orgánica es muy importante para mantener los agregados del suelo, para proporcionar un suelo húmedo con permeabilidad elevada. Como la materia orgánica se acumulaba cerca de la superficie, parece susceptible de erosionarse primero. Sin embargo, esto no suele ser un problema debido a su alta permeabilidad ya que la fuerza de sus agregados reduce al mínimo el peligro del flujo superficial.

La pérdida de materia orgánica depende mucho más de la cubierta vegetal y de su manejo. La remoción parcial de la vegetación, por ejemplo al enviar las cosechas al mercado o mediante el pastoreo o por medio del desmonte total, impide la adición de materia vegetal muerta al suelo como fuente de nueva materia orgánica. Durante un periodo de unos cuantos años, esta pérdida de materia orgánica da por resultado una pérdida proporcional de sustancias nutritivas para las plantas, y en un clima seco puede haber una reducción importante en la humedad del suelo. Puede iniciarse fácilmente un círculo vicioso en el cual pueden crecer menos plantas, y el intento por sostener determinado tipo de cosecha acelera el empobrecimiento hasta formar una superficie completamente estéril. Este proceso puede eliminar las cubiertas vegetales en una región semiárida en menos de una década, incluso si la erosión física del suelo que también aumenta a medida que disminuyen la cubierta vegetal y el humus.

2.3.1 Expresión de la materia orgánica

La cantidad de materia orgánica en los suelos generalmente se expresa como porcentaje en base al peso del suelo. En la práctica, es difícil en el laboratorio separar el material orgánico e inorgánico de un suelo, por lo que una estimación del contenido de materia orgánica se obtiene indirectamente a través del análisis de un elemento que es constituyente de todas las sustancias orgánicas en el suelo: el carbono (C).

Es decir, conociendo la cantidad de carbono orgánico (C₂) presente en una muestra de suelo, indirectamente se puede estimar cuál es su porcentaje de materia orgánica.

2.3.2 Determinación cuantitativa total de la materia orgánica en una muestra de suelo

El contenido de materia orgánica total del suelo se puede determinar de varias formas; por calcinación de la muestra de suelo, por oxidación de la muestra con dicromato de potasio y por oxidación con peróxido de hidrógeno (agua oxigenada).

1. Calcinación

Este método determina el contenido total de materia orgánica que posee el suelo, completo o en alguna de sus fracciones. Debe tenerse presente que con este método se obtienen valores más altos en el contenido de materia orgánica del suelo, ya que con él se volatizan todas las formas de carbono orgánico (C₂) presentes en la muestra.

2. Método de Walkley y Black

Con este método se estima el contenido de carbono orgánico total de una muestra de suelo, completo o de alguna de sus fracciones. Es el método más utilizado en los laboratorios edafológicos para evaluar la materia orgánica del suelo.

Según el *Soil Survey Laboratory [Laboratorio de Estudios de Suelos]* (1995), este método actúa sobre las formas más activas del carbono orgánico que posee el suelo y no produce una oxidación completa de dichos compuestos, por lo que se deben hacer ajustes a los resultados obtenidos en el laboratorio, cuando se quieren expresar en términos de contenido de materia orgánica. El SSL (1996) recomienda utilizar un factor de corrección igual a 1.724, asumiendo que la materia orgánica tiene 58% de carbono orgánico.

2.3.3 Ciclo de la materia orgánica en el suelo

En el ciclo de la materia orgánica en el suelo los residuos de plantas (raíces, tallos, hojas, flores, frutos, etc.) son atacados por los microorganismos en dos formas diferentes:

- a) Los compuestos de fácil descomposición son mineralizados rápidamente y el producto final es CO₂, H₂O, nitrógeno, fósforo, calcio y magnesio, los cuales pueden ser usados como nutrimentos por las plantas o ser incorporados o inmovilizados por los microorganismos para poder desarrollar su propia actividad metabólica.

- b) Los compuestos más resistentes son mineralizados lentamente y conjuntamente con sustancias resintetizadas de origen microbiano, constituyen el humus, el cual con el tiempo puede ser descompuesto lentamente produciendo nuevamente formas iónicas simples a ser usadas por las raíces de las plantas. Estos compuestos son ácidosfúlvicos, ácidos húmicos y huminas.

El dióxido de carbono, producto de la mineralización de la M.O. en el suelo y la respiración del sistema radical de las plantas puede salir del suelo a la atmósfera, donde puede ser usado en la fotosíntesis de la planta.

Las proteínas de los residuos orgánicos son descompuestas en aminoácidos y éstos en amonio, transformaciones realizadas por organismos heterótrofos como bacterias, hongos y actinomicetos. El amonio es oxidado en el proceso denominado **nitrificación** por bacterias autótrofas, en dos procesos, en el cual uno de ellos es acidificante del suelo debido a liberación de H^+ . El producto final de estos procesos es el nitrato (NO_3^-) la forma de nitrógeno más importante para las plantas, ya que es la forma soluble en que ellas pueden absorberlo. El nitrógeno natural del suelo proviene de los restos orgánicos en descomposición ya que no hay yacimientos minerales del suelo que provean nitrógeno.

En el caso del fósforo, este puede tener dos orígenes en el suelo. El fosforo del suelo puede provenir de yacimientos minerales de apatita que puede venir en tres formas como fluorapatita, cloroapatita e hidroxiapatita; y proviene de los restos orgánicos que son mineralizados por los microorganismos del suelo. Las formas orgánicas del fosforo en el suelo están en forma de ésteres de fosfatos. Al ser mineralizado, el fósforo puede encontrarse en dos formas moleculares como son el ortofosfato primario (HPO_4^-), forma predominante, y el ortofosfato secundario ($H_2PO_4^-$), y su presencia en el suelo varía de acuerdo al pH del suelo: en suelos con $pH < 5$ predominan los ortofosfatos secundarios, mientras que en suelos con $pH 5,5-7,5$, predominan los ortofosfatos primarios, siempre y cuando no haya presencia de minerales como el aluminio, calcio, magnesio o hierro. Esta mineralización de fosforo depende de factores como la temperatura, la cual al incrementarse incrementa también la tasa de mineralización.

El potasio es un elemento que proviene principalmente de formas minerales no orgánicas del suelo, sin embargo un pequeño porcentaje proviene de los restos vegetales en descomposición donde el potasio es devuelto al suelo y puede o no permanecer en la solución del suelo. Cabe destacar un dato importante acerca de la disponibilidad de potasio; existen bacterias capaces de disolver las formas minerales de potasio para liberar K^+ .

En cuanto al azufre, constituye algunas de las proteínas las cuales son oxidadas liberando sulfatos (SO_4^-), forma de absorción para las plantas, y acidificando levemente el suelo.

2.3.4 Distribución de la materia orgánica en el suelo

En primer lugar, la materia orgánica se concentra mayormente en los primeros centímetros del suelo y disminuye drásticamente con la profundidad, esto debido a que la mayor parte de los restos orgánicos solo son depositados en la superficie del suelo.

Existen factores que determinan la distribución de la MO en el perfil del suelo:

- ✓ **Tipo de vegetación:** Las raíces de las gramíneas son fuente importante de MO la cual se concentra en la horizonte "O", mientras que en suelos boscosos, la mayor fuente de materia son las hojas y restos de tallos que se concentran en el horizonte "O", las raíces no son buena fuente de MO ya que éstas perduran por varios años a diferencia de las raíces de las gramíneas.
- ✓ **El drenaje:** suelos con alto contenido de humedad y poca aireación tienen mayor concentración de MO debido a que en ausencia de oxígeno la mineralización de ésta es reducida.
- ✓ **Condiciones climáticas:** climas secos y con altas temperaturas reducen el crecimiento de las plantas y aceleración su descomposición, mientras que climas húmedos y con buena humedad retardan la mineralización de la materia orgánica, conservando su contenido en el suelo.
- ✓ **La topografía:** también es importante en la distribución de la MO En suelos con pendiente elevada, la escorrentía de las aguas causa erosión del suelo, arrastrando la materia orgánica de la superficie y distribuyéndola a otras partes del terreno.
- ✓ **Cambio de vegetación natural por vegetación de cultivo:** cuando un suelo es virgen, toda su vegetación es incorporada nuevamente al suelo, pero en caso de que se elimine esa vegetación del terreno para cultivar, ésta última no regresa en su totalidad al suelo sino que es consumida por el hombre. Esta situación provoca una disminución del contenido de materia orgánica.

2.3.5 Influencia de la materia orgánica sobre algunas propiedades de los suelos

- ✓ Mejora la agregación y estabilidad de los agregados del suelo reduciendo la susceptibilidad a la escorrentía y erosión.
- ✓ Aumenta la capacidad de retención de humedad de los suelos, particularmente en aquellos de textura arenosa.

- ✓ Tiene influencia sobre el color de los suelos, estando generalmente asociados los colores oscuros con mayor contenido de materia orgánica.
- ✓ Es responsable en un alto porcentaje de la Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC), especialmente en los suelos ácidos tropicales. La reducción en el contenido de materia orgánica en el suelo, generalmente causa una disminución en su CIC.
- ✓ En la mineralización de la materia orgánica se liberan cantidades apreciables de nitrógeno, azufre, fósforo y algunos micronutrientes esenciales para el crecimiento y producción de las plantas. Esta liberación es relativamente lenta y evita fuertes pérdidas de nutrientes por lavado como ocurre con los fertilizantes comerciales de alta solubilidad.
- ✓ Algunos óxidos amorfos en el suelo pueden formar complejos con la materia orgánica disminuyendo la fijación del fósforo hacia formas no aprovechables por las plantas.

Técnicas y estructuras de conservación de suelos

(Ruiz, 1989).La conservación de suelos la podemos definir como: la ciencia de mantener y aumentar la productividad agrícola de los suelos, mediante prácticas mecánicas, vegetativas y agronómicas, que deben aplicarse de acuerdo con las necesidades específicas de las diferentes clases de terreno.

2.3.6 Métodos para la conservación del suelo

Métodos naturales:

- ✓ Mantener la cobertura vegetal (bosques, pastos y matorrales) en las orillas de los ríos y en las laderas. Esto implica evitar la quema de la vegetación de cualquier tipo en laderas.
- ✓ Incendiar la vegetación es un acto criminal, que va en contra de la fertilidad del suelo; deteriora el hábitat de la fauna, y deteriora la disponibilidad del recurso agua.
- ✓ Reforestar las laderas empinadas y las orillas de ríos y quebradas. Cultivar en surcos de contorno en las laderas y no en favor de la pendiente, porque favorece la erosión.
- ✓ Combinar las actividades agrícolas, pecuarias y forestales (agroforestería), y sembrar árboles como cercos, en laderas, como rompe vientos, entre otros.

- ✓ Rotar cultivos, leguminosos con otros, para no empobrecer el suelo. Integrar materia orgánica al suelo, como los residuos de las cosechas.

Métodos artificiales:

- ✓ Construir andenes o terrazas con plantas en los bordes.
- ✓ Construir zanjas de infiltración en las laderas para evitar la erosión en zonas con alta pendiente.
- ✓ Construir defensas en las orillas de ríos y quebradas para evitar la erosión.
- ✓ Abonar el suelo adecuadamente para restituir los nutrientes extraídos por las cosechas. Al utilizar abonos se debe evitar el uso exagerado de fertilizantes químicos, de lo contrario se mermará la microflora y micro fauna del suelo y se pueden producir procesos de intoxicación de los suelos. Antes, es conveniente hacer un análisis para determinar las deficiencias y según ello aplicar un programa de fertilización.

2.3.7 Sistemas agroforestales

La agroforestería es el nombre con que se asigna a los sistemas y tecnologías de uso de la tierra, donde las especies leñosas (árboles, arbustos, palmas, bambúes, etc.) son usadas deliberadamente dentro de las mismas unidades de manejo de la tierra, junto con cultivos agrícolas y animales, con algún arreglo espacial o secuencia temporal, de tal manera que hay interacción ecológica y económica entre los diferentes componentes (Lundgren y Raintree, 1982, citado por RamachandranNair, 1993).

Se trata del uso de una serie de técnicas que combinan la agronomía, la silvicultura y la zootecnia para lograr un adecuado manejo del conjunto y las interdependencias entre cada uno de sus elementos .



Figura 2. Sistema agroforestal: cedro–maíz–limón

Los sistemas agroforestales garantizan la presencia de una cobertura vegetal permanente que contribuya a reducir la erosión hídrica, interceptar los escurrimientos superficiales, incrementar la infiltración del agua de lluvia, diversificar la producción de alimentos e incrementar los ingresos de los productores a través del aprovechamiento integral y sustentable de sus recursos, y mejorar la calidad del suelo por aporte de materia orgánica.

Actualmente se ha reconocido el potencial de la agroforestería para el mejoramiento y conservación del suelo, ya que es un sistema capaz de conservar y rehabilitar los ecosistemas especialmente en condiciones de producción marginales con bajo uso de insumos en tierras degradadas o en terrenos con fuertes pendientes.

Los beneficios directos por el incremento en la cobertura arbórea son la creación de microclima, fijación de nitrógeno atmosférico, reducción significativa de la evapotranspiración, incremento de la materia orgánica del suelo, incremento de la infiltración del agua y reducción de la escorrentía, incremento de diversidad faunística especialmente insectos y aves que atacan a las plagas de los cultivos reducción de la erosión.

Gracias al componente leñoso que se incorpora, se considera que puede brindar servicios similares a los ofrecidos por los sistemas naturales (por ejemplo, secuestro de carbono, infiltración y calidad del agua, conservación de biodiversidad, entre otros.).

Los sistemas agroforestales agruparlos en cuatro categorías basado en los aspectos estructurales y funcionales:

Sistemas agrosilvopastoriles (árboles con cultivos y ganadería), sistemas silvopastoriles (árboles asociados con ganadería), sistemas agropastoriles (cultivos combinados con ganadería) y sistemas agroforestales o agrosilvoculturales (árboles combinados con cultivos).

El sistema más común en zonas templadas son las barreras vivas para la retención de suelo y agua en zonas con pendiente. En zonas áridas y semiáridas es preponderante la utilización de árboles multipropósito mezclados con cultivos o como parte de sistemas pastoriles. Las especies como *Acacia spp* y *Prosopisspp.* no son valoradas sólo por sus productos madereros y de forraje sino también por la capacidad de enriquecimiento del suelo y la presencia de una cubierta vegetal, en especial durante los periodos de sequía y durante las primeras lluvias cuando el suelo se encuentra más expuesto a la acción de los agentes erosivos.

En general se deben considerar especies con algunas de las siguientes características: fijadoras de nitrógeno atmosférico, buenas capacidades de rebrote, rápido crecimiento, resistentes a la sequía, disponibilidad de semillas o material vegetativo para su propagación, resistentes al viento y tolerantes a las plagas y los roedores.

2.4 Técnicas de remediación de la estructura del suelo

Agricultura de conservación.

La Agricultura de Conservación es un sistema de producción agrícola sostenible que comprende un conjunto de prácticas agronómicas adaptadas a las condiciones locales de cada región y a las exigencias del cultivo, cuyas técnicas de cultivo y de manejo de suelo evitan su erosión y degradación, mejoran su calidad y biodiversidad, contribuyen al buen uso de los recursos naturales agua y aire, sin menoscabar los niveles de producción de las explotaciones.

Siembra directa

La siembra directa (o agricultura sin labranza) es una práctica agronómica en cultivos anuales, en la que no se realizan labores; al menos el 30% de su superficie se encuentra protegida por restos vegetales, y la siembra se realiza con maquinaria habilitada para sembrar sobre los restos del cultivo anterior.

Mínimo laboreo

Práctica agronómica en cultivos anuales, en la que las únicas labores de alteración del perfil del suelo que se realizan son de tipo vertical y que permitan que, al menos, el 20%/30% de su superficie se encuentre protegida por restos vegetales.

Cubiertas

Práctica agronómica en cultivos leñosos, en la que al menos, un 30% de la superficie del suelo libre de copa, se encuentra protegida por una cobertura viva o inerte.

2.5.1 Técnicas de remediación de la composición química y nutriente del suelo

La materia orgánica se relaciona con la mayoría de los procesos, por no decir con todos, que ocurren en el suelo. La calidad de un suelo está determinada principalmente por su contenido en materia orgánica, si bien éste es variable y muy sensible a los sistemas de manejo del suelo. En las condiciones del sur de España, destacamos la importancia de la materia orgánica en la formación de la estructura del suelo, frenando la erosión y el aumento del agua que se puede retener en el perfil, de especial interés en los secanos andaluces.

Está ampliamente investigado que cuando se cambia de la agricultura convencional (laboreo intenso) a la de conservación el contenido en materia orgánica del suelo aumenta con el tiempo, con todas las consecuencias positivas que ello conlleva (Giráldez et al, 1995).

En ensayos realizados en la finca Tomejil en Carmona (provincia de Sevilla, España), tras más 19 años de ensayo en siembra directa, comparando con el convencional, se han fijado 18 t/ha de carbono en un perfil de suelo de 52 cm. El suelo ha aumentado en torno al 40% su contenido en materia orgánica (Ordóñez et al, 2006).

Sumidero de carbono

Disminución de las emisiones directas de CO₂ a la atmósfera. Cuanto menos se labra, el suelo absorbe y almacena más carbono, y por consiguiente sintetiza más materia orgánica, lo que a largo plazo aumenta su capacidad productiva, y al mismo tiempo disminuye el CO₂ que se libera a la atmósfera, al no “quemarse” el Carbono con el Oxígeno debido al laboreo. Hay que tener en cuenta el ahorro considerable de gasoil que conlleva la puesta en práctica de la agricultura de conservación, al no tener que hacer tantas labores en campo como el convencional. Trabajos realizados en la Vega de Carmona (Perea y Gil, 2006) ofrecen datos sobre este asunto.

2.5.2 Técnicas de remediación de micro y macrofauna edáfica

Los sistemas agrícolas con abundantes restos de cosecha sobre el suelo proveen alimento y refugio a muchas especies animales durante períodos críticos de su ciclo de vida. De ahí que con la agricultura de

conservación prosperen gran número de especies de pájaros, pequeños mamíferos, reptiles, y lombrices, entre otros.

Asimismo, la agricultura de conservación permite el desarrollo de una estructura viva en el suelo, más estratificada, más rica y diversa en organismos tales como microorganismos, nematodos, lombrices e insectos. La gran mayoría de las especies que constituyen la fauna del suelo son beneficiosas para la agricultura y contribuyen de alguna forma a la formación del suelo, a la movilización de nutrientes y al control biológico de los organismos considerados como plagas.

En el caso de lombrices, en ensayos realizados en España, en siembra directa se han alcanzado 200 individuos por metro cuadrado en los primeros 20 cm de suelo, frente a apenas 30 individuos en agricultura convencional (Cantero et al, 2004). En siembra directa, esta cifra equivale a unos 600 kg de biomasa por hectárea.

III. DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

3.1 Ubicación del área

El área de contexto se realizó en el estado de Coahuila, específicamente dentro de los municipios de Acuña, San Carlos, Jiménez, Piedras Negras, Guerrero, Zaragoza, Nava, Morelos, Allende, Villa Unión, Nueva Rosita, Sabinas, Juárez, Anáhuac, Musquiz, Minas de Barroteran, Progreso, Abasolo, Primero de Mayo, Lampazos de Naranjo, Presa don Martin, Candela, Monclova, San Buenaventura y Castaños.

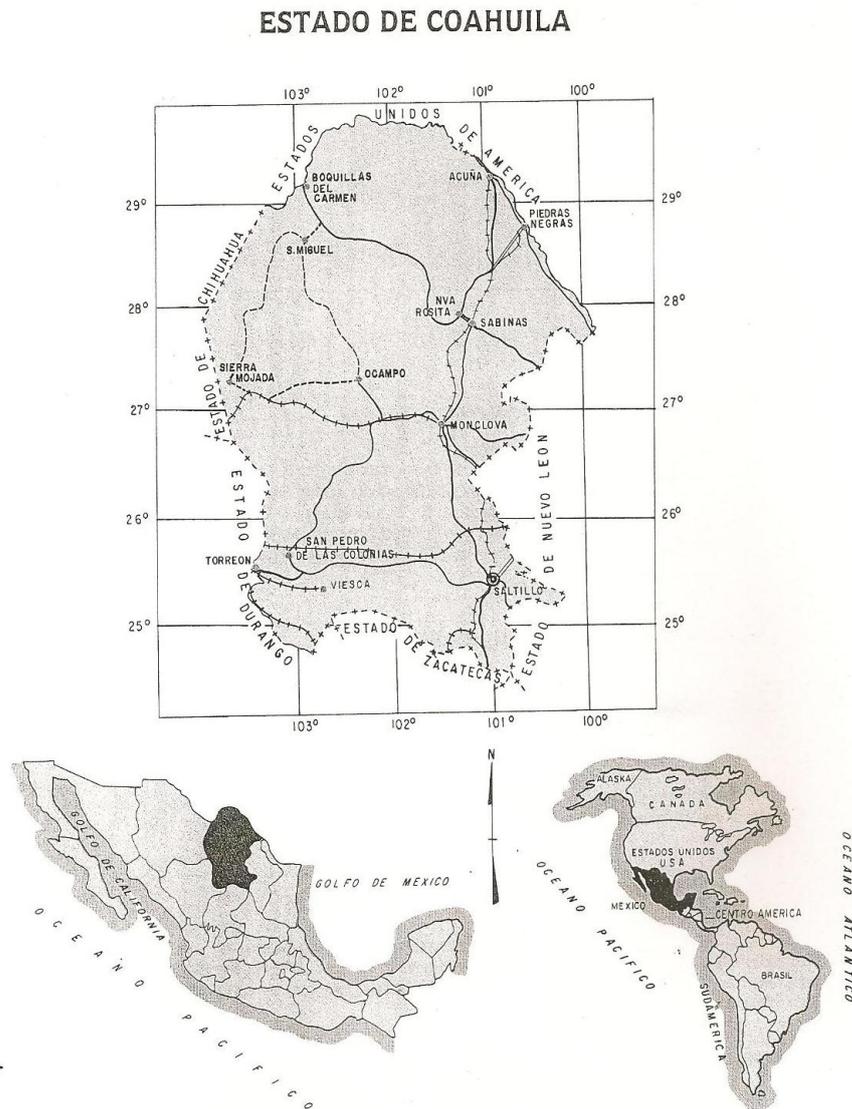


Figura 3. Localización del área de estudio

3.2 Clima

El clima dominante en el área de estudio corresponde a la fórmula climática BSo (h´) (x´) de acuerdo con la clasificación climática de Köppen (1948), modificado por Enriqueta García (1964), este clima se describe como seco, muy cálido, con una temperatura media anual mayor a los 22°C, temperatura del mes más frío mayor a los 18°C, régimen de lluvias escasas a lo largo del año con más de 18% de lluvias invernales. El viento regional dominante sopla del Norte en una frecuencia del 70%, a partir del mes de Noviembre se presenta un periodo de sequía que finaliza en Marzo. Además se distingue un periodo de canícula que coincide con el periodo más cálido y cuando ocurre mayor evapotranspiración (ETP), este periodo comienza en el mes de Julio y concluye a finales de Septiembre.

Tabla 1. Descripción de los tipos de clima en el área de estudio

TIPO DE CLIMA	DESCRIPCION
BS1(H')(X')	Semiárido, muy cálido, temperatura media anual mayor de 22°C, temperatura del mes más frío mayor de 18°C. Lluvias escasas todo el año, con más del 18% de lluvias invernales.
BS1HW	Semiárido, semicálido con invierno fresco, temperatura media anual mayor de 18°C, temperatura del mes más frío menor de 18°C, temperatura del mes más caliente mayor de 22°C. Lluvias de verano, entre el 5 y 10.2% de lluvias invernales.
BS1KW	Semiárido, templado con verano cálido, temperatura media anual entre 12°C y 18°C, temperatura del mes más frío entre -3°C y 18°C, temperatura del mes más caliente menor de 22°C. Lluvias de verano, entre el 5 y 10.2% de lluvias invernales.
BSO(H')(X')	Árido, muy cálido, temperatura media anual mayor de 22°C, temperatura del mes más frío mayor de 18°C. Lluvias escasas todo el año, con más del 18% de lluvias invernales.
BSOH(X')	Árido, semicálido con invierno fresco, temperatura mayor a 18°C, temperatura del mes más frío menor de 18°C, temperatura del mes más caliente mayor de 22°C. Lluvias escasas todo el año con más del 18% de lluvias invernales.
BSOHW	Árido, semicálido con invierno fresco, temperatura mayor a 18°C, temperatura del mes más frío menor de 18°C, temperatura del mes más caliente mayor de 22°C. Lluvias de verano entre el 5 y 10.2% de lluvias invernales.
BSOKW	Árido, templado con verano cálido, temperatura media anual entre 12°C y 18°C, temperatura del mes más frío entre -3°C y 18°C. Lluvias de verano entre el 5 y 10.2% de lluvias invernales.

BWHW	Muy árido, semicálido con invierno fresco, temperatura media anual entre 18°C y 22°C, temperatura del mes más frío menor de 18°C, temperatura del mes más caliente mayor de 22°C. Lluvias de verano entre el 5 y 10.2% de lluvias invernales.
BWH(X')	Muy árido, semicálido, temperatura media anual entre 18° y 22°C, temperatura del mes más frío menor de 18°C, temperatura del mes más caliente mayor de 22°C. Lluvias repartidas todo el año y porcentaje de lluvia invernal mayor al 18% del total anual.

Las temperaturas medias que se registran para el área de estudio, se encuentra entre los 19 y 22.4°C, donde los meses más cálidos se presenten en los meses de verano con temperaturas medias encima de los 27°C hasta los 29.6°C, se presentan temperaturas máximas arriba de los 36°C, se presentan registros de temperaturas extremas de hasta los 49°C. Por el contrario los meses más fríos corresponden a Diciembre y Enero con temperaturas medias de por debajo a los 13°C, en estos meses las temperaturas mínimas descienden a los 3°C, inclusive se tienen registros de temperaturas extremas mínimas de hasta -12°C. Las precipitaciones anuales reportadas para las estaciones meteorológicas van de los 480 a los 630 mm, estas lluvias se presentan de manera escasa a lo largo del año, teniendo para los meses de verano mayor precipitación mensual con medias por encima de los 98mm para la estación de Muzquiz. Generalmente se presentan de 23 a 40 días con lluvia al año.

3.3 Fisiografía

Las topoformas se clasifican como llanuras, lomerío suave, solo o asociado con bajadas o llanuras, bajada con lomeríos, gran llanura aluvial con lomeríos, llanura de piso rocoso con lomeríos y valle.

El área de estudio presenta cobertura de tres provincias fisiográficas; Sierra Madre Oriental, Gran Llanura de Norteamérica, Sierras y Llanuras del Norte.

Sierra Madre Oriental que corresponde a una franja montañosa, con suelos de origen volcánico, topografía accidentada y vegetación de bosques de Pinus y Quercus hacia las bajadas.

Gran Llanura de Norteamérica, esta provincia atraviesa el centro de los Estados Unidos de Norteamérica, en México abarca el Norte de los estados de Coahuila, Nuevo León y Tamaulipas. Se caracteriza principalmente por la presencia de amplias llanuras, muy planas y cubiertas de vegetación de pradera.

Sierras y Llanuras del Norte, esta provincia árida y semiárida se extiende hacia el territorio de Estados Unidos de América, sus sierras son bajas y abruptas, se orientan burdamente Nornoroeste-Sursureste y quedan

separadas entre sí por grandes bajadas y llanuras con rellenos aluvial llamados bolsones.

Es importante destacar que una de las provincias fisiográficas de la frontera es compartida por el país vecino del norte: La Gran Llanura de Norteamérica. INEGI y SEMARNAP (1998). De las subprovincias que integran las grandes llanuras de Norteamérica, solo una que da comprendida dentro del territorio mexicano, la subprovincia llanuras de Coahuila y Nuevo León, abarca los municipios de Allende, Hidalgo, Jiménez, Nava, Piedras Negras, Villa Unión y Zaragoza. Se caracteriza por la presencia de amplios llanos, interrumpidos por lomeríos dispersos de poca altura y pendientes suaves, constituidos principalmente por conglomerado



Figura 4. Fisiografía del estado de Coahuila

3.4 Hidrología

Hidrología superficial: Algunos cuerpos de agua importantes son el Río Salado de Nadadores, Río Sabinas, además de arroyos como el Gato, Arroyo El carrizo, Arroyo El Pan, Arroyo Uña de gato y Arroyo San Damián; cabe destacar que una de las corrientes intermitentes que tiene su trayectoria por el área del proyecto es el arroyo el tubo que alimenta a la

Presas Los Agraristas. Los ríos San Diego, San Rodrigo, San Antonio, Escondido y Castaños, los cuales fluyen generalmente de SW a NE y son afluentes del Río Bravo, que es el más importante, tanto por constituir un dren regional, como por ser una de las principales fuentes de agua potable. El río Salado, tiene su origen en el estado de Coahuila en la confluencia de los arroyos Aura, Seco y Pájaros Azules que pasa por la Presa Venustiano Carranza (Don Martín), tomando una dirección a partir de este punto de norte-sureste y atraviesa las llanuras nororientales de Coahuila para luego seguir por Nuevo León, hasta su desembocadura en la presa Falcón en el estado de Tamaulipas.

Hidrología subterránea: Regionalmente, en el Norte del estado de Coahuila y Suroeste de Texas, el principal acuífero está integrado por un conjunto de formaciones del Cretácico Inferior. Este conjunto cubre en Texas a una serie de rocas pre-Cretácicas de baja permeabilidad y de compleja estructura. En México, en cambio, sobre las rocas Pre-Cretácicas se tienen sedimentos de la serie Coahuila formaciones La Mula y Cupido, la secuencia acuífera denominada Sistema Edwards–Trinity en Texas y Calizas acuíferas de la Serranía del Burro-Peyotes.

La unidad estratigráficamente por debajo de las calizas que conforman el acuífero Edwards es la Formación Glen Rose y está compuesta por una secuencia de lutitas calcáreas, calizas y dolomitas en sus porciones superiores y calizas y dolomías masivas en su porción inferior. El área en estudio pertenece al acuífero Allende-Piedras Negras, identificado con el número 0501 de acuerdo a la División de Acuíferos de la República Mexicana, elaborada por la CONAGUA.

En el área de Allende–Piedras Negras existe un sistema hidrogeológico local muy relacionado con el acuífero regional en las calizas cretácicas: este es el acuífero en antiguos rellenos aluviales, representado por la formación Sabinas-Reynosa de Edad Terciaria y constituida por materiales granulares, formados en una planicie que desciende del flanco este de la Serranía del Burro hacia el Río Bravo. Tiene un espesor que oscila entre los 0 y 15m en la porción occidental, 40m en promedio en su porción central y menos de 10m hacia la parte oriente.

El acuífero Sabinas-Reynosa se encuentra limitado por el Río Bravo hacia el Este, por el contacto con roca consolidada de la Serranía del Burro hacia el Oeste, por el Río Escondido al Norte y por el Arroyo Castaños al Sur. El acuífero está formado -en general- por conglomerados de composición calcárea y caliche, los cuales se presentan en forma masiva, lenticulares y con estratificación cruzada; ocasionalmente forman facies de paleo-corrientes. La recarga del acuífero Sabinas-Reynosa ocurre en su límite occidental y es originada por aportaciones ascendentes a través de las

Formaciones Austin y Eagle Ford por la propia infiltración del agua de lluvia y la que procede de los canales no revestidos, que conducen el agua de los manantiales localizados en el flanco Este de la Serranía del Burro hasta la vecindad de los poblados de Allende, Nava y Morelos.

Se tiene una serie de manantiales fluyendo de las formaciones Austin y Eagle Ford, las cuales se encuentran cubiertas por el remanente de la Formación Sabinas-Reynosa que permite la circulación de agua hasta su afloramiento en forma de manantial. La componente subterránea fluye en los materiales permeables de la unidad conglomerática hasta su descarga a través de una serie de manantiales localizados a lo largo del margen derecha del Río Bravo.

En el censo del año 2002 de la CFE se contabilizaron 42 manantiales ubicados en los ejidos San Vicente, Los Rodríguez, Santo Domingo, San Ramón y Chapultepec, así como en el margen izquierdo del Río Escondido a la altura del ejido La Maroma. En estos manantiales, la salida del agua se lleva a cabo debido a la fractura de la capa de caliche, la disminución de espesor en la formación Sabinas-Reynosa y por el cambio brusco de pendiente en la topografía hacia el Río Bravo.

Los caudales de salida de agua de estos manantiales son muy bajos, debido a que la mayor parte de la unidad en este sector está compuesta por un espesor de caliche que ofrece una barrera natural a la salida del agua. En el año 2003, y con la finalidad de establecer una red de monitoreo, fueron censados los aprovechamientos que existen en la región, integrada principalmente por pozos particulares y algunas norias.

Los acuíferos en los sedimentos granulares no consolidados de los valles y cuencas, contienen arenas y gran cantidad de arcillas que le inducen una baja permeabilidad. Las aguas contenidas en este material acuífero son salinas, producto del ascenso capilar de sales disueltas en el agua, la evaporación y la acumulación de estos materiales en las porciones centrales de las cuencas.

Las calizas del cretácico que forman los acuíferos consolidados, afloran en las partes altas de la sierra, en donde se produce la recarga por las lluvias que se presentan en la región. El flujo de agua se genera hacia las porciones bajas de los valles. Hay perforaciones profundas en los flancos de las sierras a 1 000 y 2 000 m. En la base de las estructuras, cercano a los pisos de los valles, se presenta una disminución en la permeabilidad, lo que genera el afloramiento del agua en grandes manantiales, como los de Muzquiz, Cuatrociénegas y los de Monclova, con gastos de hasta 1 000 litros por segundo.

En el área afloran materiales de depósitos sedimentarios Aluviales recientes, asimismo material constituido por conglomerados Terciarios y Cuaternarios. En la porción central afloran rocas calcáreas del Cretácico Inferior. Dentro del área de estudio, se localizan pozos que manifiestan agua de salinidad media (C2) y baja en sodio (S1). Los aprovechamientos manifiestan una calidad de agua salobre, incrementándose la salinidad hacia el Este del polígono, conforme se acerca el flujo a la presa Venustiano Carranza, donde las aguas subterráneas van desde altamente salinas (C3) y muy altamente salinas (C4) a altas en sodio (S3) y muy altas en sodio (S4).

Al Noreste de la ciudad de Monclova, se localiza una zona de pozos que manifiestan agua muy altamente salina (C4) y baja en sodio (S1), igual calidad de agua manifiesta la mayoría de los pozos y norias que se ubican al norte de esta ciudad, donde se localiza la mayor densidad de aprovechamientos dentro del área de estudio. Escasos pozos tolerables se localizan en el noreste y centro, con aguas altamente salinas (C3) y bajas en sodio (S1). El flujo de agua subterránea presenta patrones de comportamiento no uniformes dentro del área de estudio: al noreste y suroeste de la Sierra de Obayos, el flujo tiene una dirección hacia el sureste.

Al norte de la Sierra de los Pájaros Azules fluye hacia el este-noreste y en el sur del polígono, el flujo del agua subterránea se dirige hacia el noreste, de tal manera que el movimiento general del agua subterránea en el polígono, tiende a concentrarse hacia el centro del mismo para luego salir por el extremo poniente de la zona, siguiendo el mismo patrón que manifiesta el escurrimiento superficial principal. El acuífero que presenta este material es del tipo libre, donde el nivel estático varía de 3 a 40 m en la zona de estudio.

El aprovechamiento se realiza con aeromotores obteniéndose gastos mínimos de entre 2 y 4 litros por segundo, con agua salada generalmente y tolerable que pertenece a las aguas cálcica, sódica-sulfatada, bicarbonatada y se emplea para satisfacer las necesidades pecuarias y domésticas. La mayor concentración de pozos de agua dulce en esta unidad geohidrológica está al Sur donde se localizan varios pozos y norias, encontrándose intercaladas norias muestreadas de agua tolerable, cuya presencia se incrementa en dirección Norte.

3.5 Geología

La geología se compone de variadas formaciones y depósitos rocosos, sin embargo el material geológico predominante está formado por rocas calizas de origen sedimentario, con formaciones que posiblemente tengan su origen en el Paleozoico durante el Pensilvanico-Pérmico hasta los depósitos sedimentarios de época reciente (Holoceno).

El área de contexto ambiental es una zona formada por rocas sedimentarias del cretácico, con conglomerados y suelos de tipo aluvial de formación más reciente (Cuaternario). Debido a la erosión también afloran cuerpos intrusivos de dimensiones reducidas del Terciario, de composición diorítica, ubicados al Norte de la Serranía del Burro. Los materiales más recientes se distribuyen en toda el área y forman los suelos aluviales, ocupando topográficamente los valles y planicies del área.

3.6 Suelo

De acuerdo al INEGI, los suelos que dominan dentro de la subprovincia, son; Rendzina, Castañozem y Xerosol, en la subcuenca dominan los suelos de origen aluvial, son de color pardo amarillento, de textura fina con enriquecimientos secundarios de carbonatos. Específicamente en el área de estudio predomina el Xerosol (X), con subunidades de suelos existentes como Xerosol cálcico ($Xk+Xh/2$ y $Xk+Xl/3$), Xerosolháplico ($Xh/3$). De acuerdo a INEGI (2004), se tiene que los suelos más comunes son:

Rendzina (E): Estos suelos se presentan en climas semiáridos, tropicales o templados. Se caracterizan por tener una capa de superficie abundante en materia orgánica y muy fértil que descansan sobre roca caliza o materiales ricos en cal. Generalmente las rendzinas son suelos arcillosos y poco profundos por debajo de los 25 cm.

Castañozem (K): Suelos alcalinos que se encuentran ubicados en zonas semiáridas o de transición hacia climas más lluviosos como las sierras y llanuras. En condiciones naturales tienen vegetación de pastizal, con algunas áreas de matorral. Frecuentemente tienen más 70 cm de profundidad y se caracterizan por presentar una capa superior de color pardo rojizo oscuro, rica en materia orgánica y nutriente con acumulación de caliche suelto o ligeramente cementado en el subsuelo.

Xerosol (X): suelo seco. Se localizan en las zonas áridas y semiáridas del centro y norte de México. Su vegetación natural es de matorral y pastizal, son el tercer tipo de suelo más importante por su extensión en el país. Tienen por lo general una capa superficial de color claro por el bajo contenido de materia orgánica. Muchas veces presentan a cierta profundidad manchas aglomeraciones de cal, cristales de yeso o caliche con algún grado de dureza.

Subtipo de suelo háplico (h), no presentan características de otras subunidades existentes en ciertos tipos de suelo.

Subtipo de suelo cálcico (k), Suelos con una capa de color blanco, rica en cal, y que se encuentra en forma de polvo blanco o caliche.

Subtipo de suelo lúvico (1) Suelos con acumulación de arcilla en el subsuelo, Son generalmente de color rojizo o pardo oscuro. 2 corresponde a la clase textural Indica el tamaño general de las partículas que forman el suelo y que en la carta aparecen con números. Se refiere a suelos de textura media, comúnmente llamados francos, equilibrados generalmente en el contenido de arena, arcilla y limo. 3 representa suelos arcillosos de textura fina (con más de 35% de arcilla) que tienen mal drenaje, escasa porosidad, son por lo general duros al secarse, se inundan fácilmente y son menos favorables al laboreo.

Mapa

3.7 Vegetación

En el estado de Coahuila se presenta gran variedad de condiciones fisiográficas, climáticas y edáficas, factores que han dado lugar a una significativa diversidad de tipos de vegetación y de flora (Villarreal et al., 2005). El aislamiento de numerosos sistemas montañosos o enclaves orográficos de Coahuila y la presencia de cuencas endorreicas donde se registran condiciones edáficas especiales, contribuyen a incrementar el número de elementos de distribución restringida (Villarreal et al., 1996).

El matorral tamaulipeco es la vegetación dominante en la Planicie Costera del Golfo, la cual abarca el norte y noreste del estado de Coahuila (Villarreal y Valdés, 1992-93), en una serie de llanuras y lomeríos ubicados al este de la Sierra del Carmen, de la Babia, Santa Rosa, la Purísima y la Gavia, se extiende por el lado Este de la Sierra madre oriental en el noreste de México (norte de Nuevo León, Coahuila, Tamaulipas) y sur de Texas.

Las altitudes varían desde los 240 hasta los 850 m, los suelos son gravosos, arenosos y profundos en los valles a pedregosos y someros en lomeríos, usualmente con buen drenaje; la vegetación se integra por extensos matorrales de menos de 2 m de altura, compuestos por una mezcla de arbustos micrófilos, espinosos e inermes, también son frecuentes pequeñas comunidades de árboles bajos que se concentran en los sitios más húmedos.

Las especies más representativas de tal vegetación son: *Acacia rigidula*, *Leucophyllum frutescens*, *Prosopis glandulosa* y *Opuntia lindheimeri*, con elementos de *Lippiagraveolens*, *Agave lechuguilla* y *Flourensiacernua* en las regiones de la porción sur y oeste y *Colubrinatexensis* en las regiones del norte. Otros arbustos o árboles pequeños son: *Karwinskiahumboldtiana*, *Guaicumangustifolium*, *Cercidiumtexanum*, *Ziziphusobtusifolia*,

IV. MATERIALES Y METODOS

4.1 Trabajo de campo

4.1.1 Toma de muestras de suelo

Se tomaron muestras de suelo en las áreas impactadas y no impactadas, tratando de que la muestra tomada sea representativa, la muestra de suelo es tomada del horizonte superficial, a una profundidad no mayor a los 10 cm, de donde posteriormente se analizara la cantidad de materia orgánica de la muestra.

Utilizando una bolsa de polietileno de 1 Kg, se recogen las muestras para su posterior traslado a los laboratorios del Departamento de Ciencias del Suelo de la UAAAN, las muestras son etiquetadas, mencionando el número de sitio, la condición (impactada o no impactada), la localidad, las coordenadas del sitio y la fecha de la toma de las mismas, y se colocan en una segunda bolsa para que las etiquetas queden protegidas y no sufran daño alguno.

Una vez que se haya concluido el trabajo de toma de muestra de suelo, se deja el pozo perfectamente tapado, con el objeto de reducir el impacto causado en el lugar.

4.2 Trabajo de laboratorio

4.2.1 Metodología para la determinación de materia orgánica

El método Walkley-Black: Se fundamenta en el ataque al carbono presente en la materia orgánica el cual se oxida mediante solución de dicromato de potasio y ácido sulfúrico concentrado, el exceso de ácido crómico no reducido por la materia orgánica, es determinado por titulación frente al sulfato ferroso amoniacal, usando di fenilamina como indicador.

Para la determinación de materia orgánica se utilizó el método de WALKLEY-BLACK. El primer paso para la determinación de materia orgánica fue la preparación de las muestras este consiste en secarlas a la sombra y cuando estén secas se procede a tamizarlas, el siguiente paso es la preparación de los reactivos.

Preparación de la solución de Sulfato Ferroso Fe_2SO_4 , consiste en pesar 560 gramos del mismo, se le agrega 560 gr de (Fe_2SO_4) , se le agregan 30 ml de Ácido Sulfúrico (H_2SO_4), para posteriormente aforarlo con agua destilada en un matraz volumétrico de 2,000 ml.

El primer paso para la preparación de la solución de Dicromato de potasio $K_2Cr_2O_7$, el cual se inicia pesando 98.08 gr del mismo, luego se coloca en un matraz de aforación de 2 litros para posteriormente aforar con agua destilada.

La preparación de la solución de Ortofenatrolina, el primer paso es Pesar 1.485 gramos de phenantrolina y 0.695 gramos de sulfato ferroso se coloca en un matraz de aforación de 100 ml y se aforar con agua destilada.

Después de haber preparado las soluciones, se procede a pesar 0.3 gr de suelo para iniciar la determinación de % de M. O de la muestra en cuestión.

Después de haber pesado el suelo y de haberlo depositado en un matraz Erlenmeyer de 500ml, se procede a agregarle 10 ml solución de Dicromato de Potasio $K_2Cr_2O_7$ previamente preparada, después de haber agregado el Dicromato de Potasio, se le agrega a la muestra de suelo 20 ml de ácido sulfúrico (H_2SO_4), para lo cual, debe de utilizarte lentes de seguridad. Por la reacción que se provoca. Posteriormente Media hora después, cuando las muestras, se le agrega a cada una 200 ml de agua destilada, después se procede a agregar 4 gotas de colorante Ortofenatrolina.

Finalmente cada una de las muestras se titulan con Sulfato Ferroso, para posteriormente realizar el cálculo.

4.3 Expresión de los resultados

Formulas

Calculo del contenido de materia orgánica

$$\%MO = \frac{V1 \times N1 - V2 \times N2}{GDELAMUESTRA} \times 100$$

V1= Volumen de dicromato

N1= Normalidad del dicromato

V2 = Volumen de la sal de Mohr.

N2= Normalidad de la sal de Mohr

4.4 Materia orgánica oxidable (%)

Para su clasificación se ha seguido el método Walkley-Black, según el cual:

Tabla 2. Interpretación de materia orgánica según el método Walkley-Black

< 0,9	Muy bajo
1,0 – 1,9	Bajo
2,0 – 2,5	Medio
2,6 – 3,5	Alto
> 3,6	Muy alto

V. RESULTADOS

5.1 MATERIA ORGÁNICA

En las siguientes graficas se observan el comportamiento del contenido de la materia orgánica en el suelo en las áreas naturales y en las áreas impactadas.

El contenido de materia orgánica se ha comportado de manera regular muestra el comportamiento de materia orgánica por tipo de obra tanto en áreas naturales como áreas impactadas. En ella podemos considerar que el comportamiento es muy similar en áreas naturales y áreas impactadas, independientemente a las obras que sean, y que su clasificación para suelos no volcánicos, de acuerdo a la tabla de comparación de porcentaje de materia orgánica, el contenido de las mismas andan entre la clase Media a Baja en cuanto el contenido de materia orgánica.

Con respecto al porcentaje de materia orgánica por tipo de obra en áreas naturales y áreas impactadas, como se puede observar, tiene un comportamiento irregular ya que en algunos casos el contenido de materia orgánica en las áreas impactadas es superior, esto se observa en la figura 6, específicamente en CDA, IDD, SIS. Este comportamiento probablemente se debe al que el suelo ha sido disturbado.

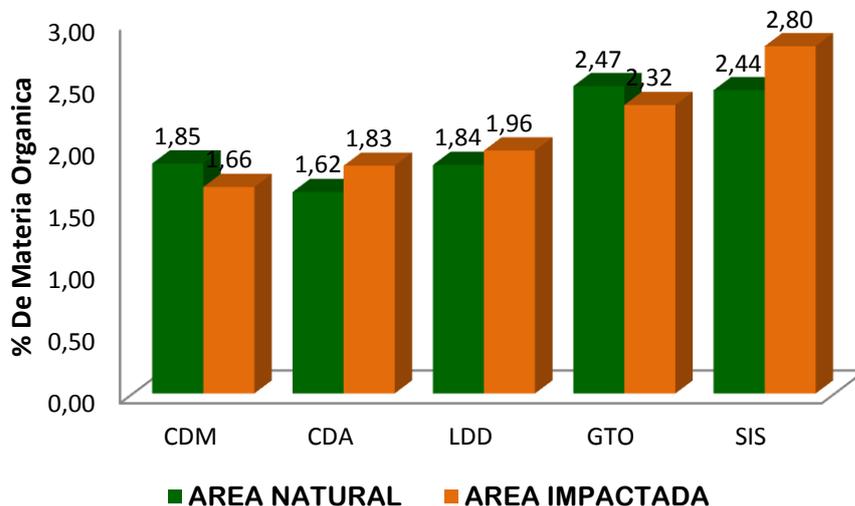


Figura 6. Grafica general de porcentaje de M.O de las distintas obras

En la siguiente figura se observa la tendencia del contenido de materia orgánica del suelo, en los caminos de maniobras de las obras estudiadas que siguen los caminos de maniobras en la propiedad del suelo en estudio.

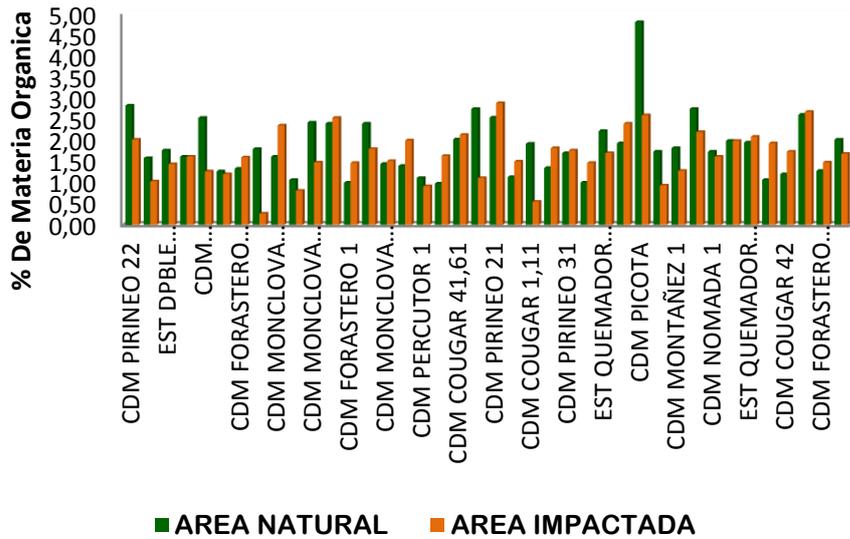


Figura 7. Porcentaje de M.O en cuadros de maniobras

Porcentaje de materia orgánica en los caminos de acceso, de las áreas naturales y áreas impactadas siguen un comportamiento regular.

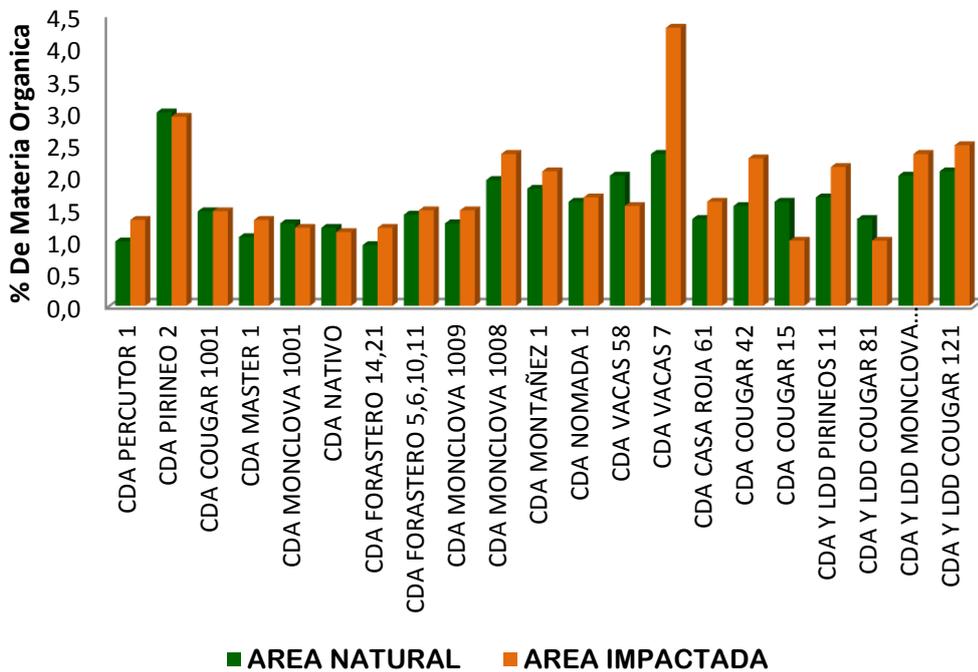


Figura 8. Porcentaje de M.O en caminos de acceso

En la figura número 9 se observa al comportamiento en % de M.O. respecto a las líneas de descargas, predominan valores superiores de materia orgánica en las áreas naturales que las impactadas.

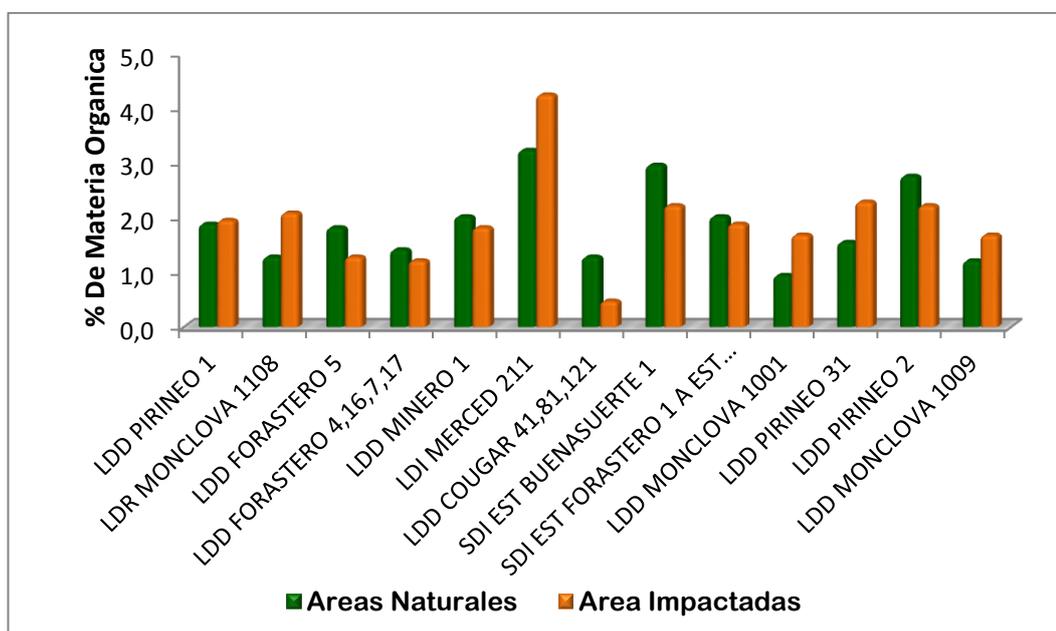


Figura 9. Porcentaje de M.O en líneas de descarga

En cuanto a los gasoductos la mayor parte de ellos, el contenido de materia orgánica es superior en las áreas naturales esto se observa en la figura 10.

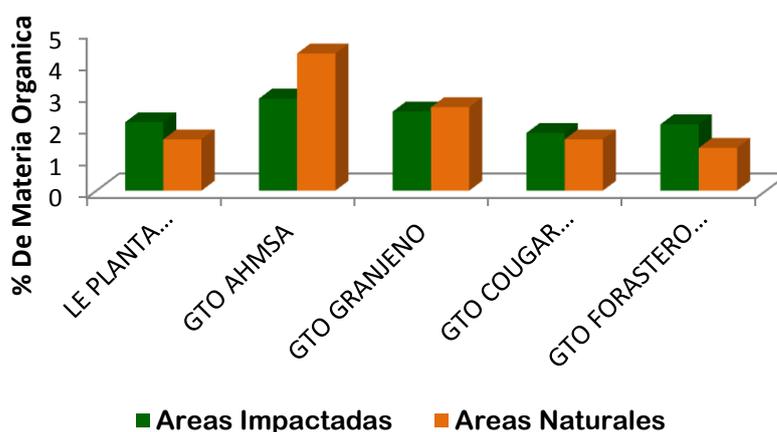


Figura 10. Porcentaje de M.O en gasoductos

Porcentaje de materia orgánica en las sísmicas, en áreas naturales y áreas impactadas correspondientes al periodo. En la figura anterior se aprecia con claridad el contenido de materia orgánica para las diferentes sísmicas

estudiadas. Existe diferencia numérica entre las dos condiciones (natural e impactada), pero en cuanto a la categoría correspondiente la mayoría son medianamente ricos en materia orgánica.

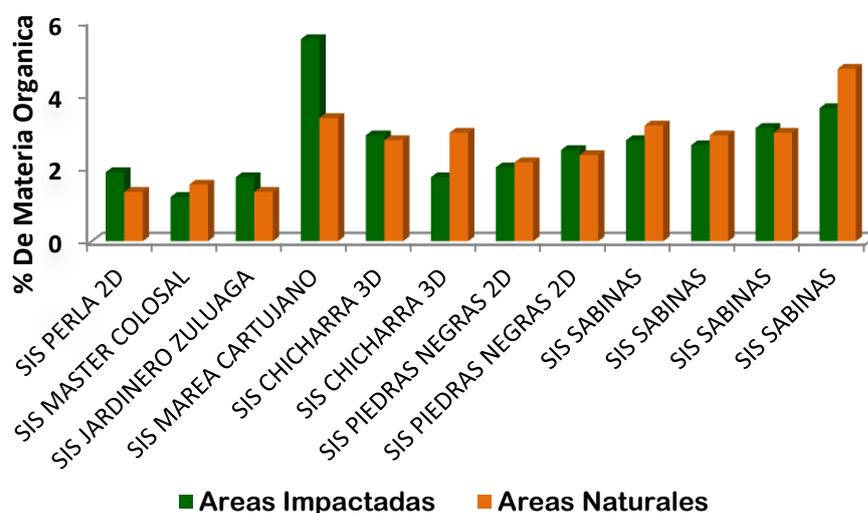


Figura 11. Porcentaje de M.O en áreas sísmicas

El comportamiento del contenido de materia orgánica en las áreas de estudio por tipo de obra se presenta en el siguiente cuadro.

Tabla 3. Valores promedio y su categoría correspondiente en contenido de M.O

TIPO DE OBRA	ÁREA NATURAL		ÁREA IMPACTADA	
	PROMEDIO(%MO)	CATEGORÍA	PROMEDIO(%MO)	CATEGORÍA
LDD	1.84	BAJO	1.96	BAJO
CDA	1.62	BAJO	1,83	BAJO
CDM	1.85	BAJO	1.66	BAJO
GTO	2.47	MEDIO	2.32	MEDIO
SISMICA	2.44	MEDIO	2.80	ALTO

Se realizó la prueba T- test en el programa Statistica para verificar y comprobar que las áreas naturales e impactadas no presentan diferencias significativas estadísticamente.

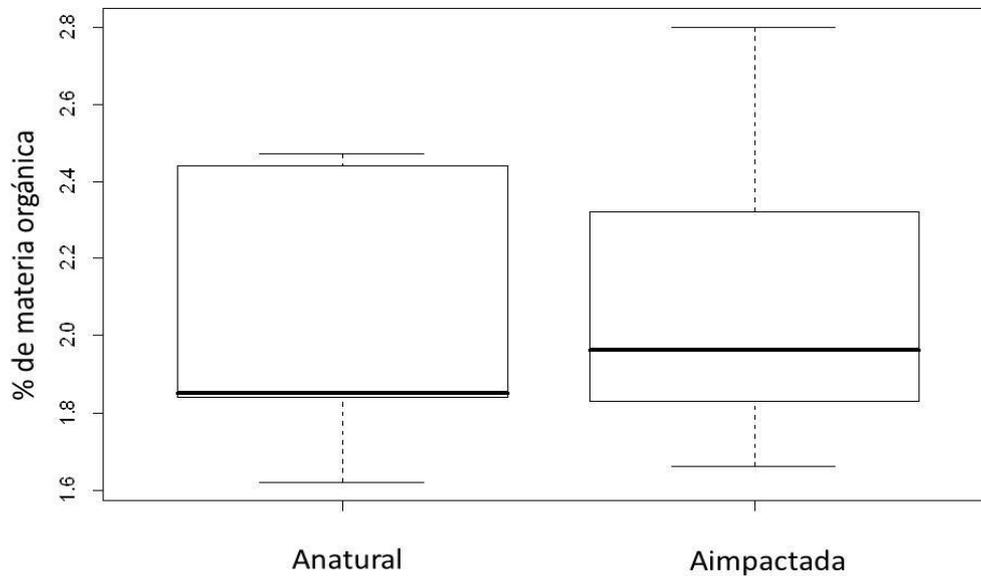


Figura 12. Grafica de caja comparación de medias

En la siguiente figura Se presentan las pruebas de normalidad de las muestras de áreas natural e impactada de la variable MO. (En figura 13 se puede observar que los datos son normales o simétricos)

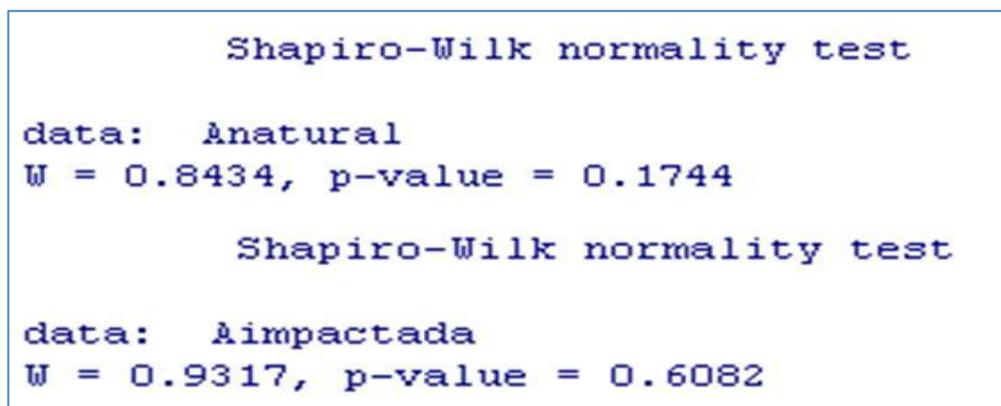


Figura 13. Shapiro-Wilk normality test

Parámetros estadísticos de la prueba T-test para dos muestras de materia orgánica (área natural y área impactada) y la prueba de F, para visualizar homogeneidad de varianza de las dos muestras.

Tabla 4. Parámetros estadísticos de la prueba T-test para dos muestras de materia orgánica (área natural y área impactada)

Distribución	Probabilidad	Intervalo de confianza 95%	
t(-0.2626)	0.7995	-0.684635	0.5446355
F(0.7253)	0.7632	0.0755191	6.9664098

Como se puede apreciar en la tabla 4 descartamos H_1 en donde las áreas son diferentes en cuanto al porcentaje de materia orgánica, ya que $Pes > .05$ esto significa no hay diferencia significativa entre las dos áreas naturales e impactadas y tomamos como H_0 como cierta.

VI. CONCLUSIONES

La materia orgánica además de ser una fuente de nutrientes, es de suma importancia para una buena conformación del suelo. La materia orgánica en los suelos está compuesta de restos orgánicos de origen vegetal y animal que, por acción de las bacterias, hongos, protozoos y actinomicetos presentes en el suelo, es transformada, en parte, en una sustancia coloidal de coloración oscura conformada por moléculas o polímeros de elevado peso molecular y de resistencia a degradación que le confiere a los suelos buenas características. El segundo producto de la acción de los microorganismos son los macro y micronutrientes derivados de los compuestos orgánicos que luego son mineralizados. Este proceso de mineralización es lento y por lo tanto representa solo una reserva de nutrientes para las plantas a largo plazo.

De acuerdo al estudio que se realizó para determinar y comparar el contenido de materia orgánica en áreas impactadas y áreas naturales que se encuentran en cada una de los sitios mencionados El contenido de materia orgánica registrado para el presente informe, es de bajo a medio, predominando las de la segunda categoría, aunque casi ninguno rebasó 2.5%, a excepción de las áreas sísmicas que presentó un valor promedio de contenido de materia orgánica de 2.8 en áreas no impactadas.

Para comprobarlo estadísticamente y no tener errores se realizó la prueba T-test donde obtuvimos que en las dos áreas naturales e impactadas no presentan diferencias significativas esto quiere decir que en las dos áreas estudiadas resulto con un promedio similar en por ciento de materia orgánica.

En conclusión general descartamos H_1 en donde las áreas son diferentes en cuanto al porcentaje de materia orgánica, ya que $P > .05$ esto significa no hay diferencia significativa entre las dos áreas naturales e impactadas y tomamos como H_0 como cierta.

VII. RECOMENDACIONES

Para aumentar el contenido de la materia orgánica en estos suelos estudiados se recomienda la agroforestería esto consiste en diversas prácticas del uso de la tierra en las que se combinan árboles con cultivos y/o pastos, en función del tiempo y del espacio, para incrementar y optimizar la producción en forma sostenida.

Puede consistir en árboles asociados a cultivos agrícolas (sistemas agroforestales), árboles asociados a las pasturas (sistemas silvopastoriles), y árboles asociados con fines de restitución de la vegetación (sistemas agroforestales secuenciales).

El principio radica esencialmente en que el árbol asociado a determinado cultivo o crianza contribuye al mejoramiento de la fertilidad de los suelos y del microclima, además de brindar otros aportes económicos y al medio ambiente.

La aplicación de los sistemas agroforestales tiene varias ventajas: se mejora sustancialmente la conservación de la fertilidad de los suelos por el aporte de nutrientes; se mejora el medio ambiente general y el microclima local de la parcela agropecuaria; se garantiza con mayor seguridad las reservas de alimentos para el poblador rural; se garantiza el suministro de la energía necesaria (leña) para la familia; y se mejora la economía de la familia a través de una producción más diversificada.

La eficiencia de los sistemas agroforestales se basa en 3 principios: restitución de la fertilidad, protección permanente del suelo, y la diversificación.

La restitución permanente consiste en que la vegetación aporta constantemente materia orgánica y nutriente. El suelo del bosque es fértil por la gran cantidad de biomasa aportada que existe en la vegetación. Cuando se tala el bosque estos aportes terminan y los suelos van perdiendo por agotamiento su fertilidad. En los sistemas agroforestales, donde existen árboles que contribuyen a esta restitución, los suelos son menos propensos al empobrecimiento, ya que reciben aportes de biomasa, tal vez no en las proporciones mismas del bosque, pero en cantidades similares.

La protección permanente consiste en que las plantas interceptan la fuerza de la lluvia, la radiación solar excesiva y los vientos.

La diversificación consiste en que los sistemas agroforestales, de régimen mixto, imitan la diversidad del bosque permitiendo una mayor cobertura del suelo y una producción basada en varios productos (cultivos, leña, madera, etc.). La producción diversificada permite una economía más estable durante el año.

Los sistemas agroforestales contribuyen a que los productores incluyan los árboles como parte de la economía. Los sistemas extractivistas y monocultivistas siempre han considerado al árbol como un producto de extracción o estorbo para la producción agropecuaria. En los sistemas agroforestales los productores consideran a los árboles como parte de una estrategia económica futura y como parte del proceso dinámico. La conservación y el cultivo de los árboles, sean de regeneración espontánea o de reforestación, contribuye al arraigamiento del colono, porque ha creado valor hacia el futuro.

IMPORTANTE

La aplicación de las prácticas agroforestales es esencial para la conservación de los suelos, que sufren de falta de materia orgánica y están expuestos a la erosión, especialmente en zonas de laderas y en la selva baja. Una excelente combinación es rotar cultivos con cobertura de kudzu y mucuna, que reponen materia orgánica y nitrógeno.

VIII. BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

- Gostinchar Juan 1982. Materia Orgánica del suelo. Primera edición en lengua castellana
- Guillen Oropesa Moisés .1960. Interpretación de la función de la materia orgánica en la fertilidad de los suelos. Tesis profesional.
- Hernández Garza Uriel a. 1960. Estudio sobre la fertilidad del suelo de las áreas agrícolas del sistema de riego por bombeo Mier-Falcón, Tams. Tesis profesional.
- León Arteta Regulo 1984. Nueva edafología. Segunda edición corregida y aumentada. México 361p.
- Lavandaio, E.O. 2005. Breve curso de minería. Mendoza 21, 22 y 23.
- Ortiz, V.B. y C. A. Ortiz S. 1990. Edafología. Universidad Autónoma Chapingo. Séptima edición en español. México 250 p.
- Rodríguez F.H. y. Rodríguez A. J., 2002. Métodos de análisis de suelos y plantas. Mexico. Editorial trillas, Primera edición. pp. 9, 15, 17 y 18
- Ramachandran Nair, P.K. 1997. Agroforestería, editado y revisado por L. Krishnamurthy et al. del Centro de Agroforestería para el Desarrollo Sostenible, Universidad Autónoma Chapingo, Chapingo.
- S. Wionczek, Miguel., Problemas del sector energético en México, México, El Colegio de México, 1983, pp. 107-130
- Torres, R. E. 1980. Manual de conservación de suelos agrícolas. México. 19
- Villarreal, Q.J.A. y J. Valdés R. 1992-93. Vegetación de Coahuila, México. Revista de la Sociedad Mexicana de Manejo de Pastizales 6:9-18.
- William X. Hull. 1947. Manual de conservación de suelos. 1947. Washington, D.C. Estados Unidos de América. Publicación 243p.

IX. ANEXOS

Se pesan 0.3 gr de suelo para iniciar la determinación de % de M. O de la muestra en cuestión.



Figura 14. Peso del suelo

Se agregan 10 ml solución de Dicromato de Potasio $K_2Cr_2O_7$ + 7 previamente preparada, después de haber agregado el Dicromato de Potasio, se le agrega a la muestra de suelo 20 ml de ácido sulfúrico (H_2SO_4)



Figura 15. Aplicación del dicromato de potasio

Adición de colorante Ortofenatrolina después de depositar el suelo pesado en un matraz, de agregar 10 ml solución de Dicromato de Potasio, 20 ml de ácido sulfúrico y 200 ml de agua destilada.



Figura 16. Adición de colorante Ortofenatrolina

Finalmente. Cada una de las muestras se titulan con Sulfato Ferroso, para posteriormente realizar el cálculo.



Figura 17. Titulación de las muestras con sulfato ferroso

Tabla 5. Porcentajes de materia orgánica y su categoría correspondiente en áreas impactadas.

OBRAS	CONDICION	% DE MATERIA ORGANICA
CDM PIRINEO 22	I	2.01980198
CDM QUEMADOR ECOLOGICO P.V SANTA ELENA	I	1.03030303
CDM DPBLE TRAMPA BIDIMENSIONAL SANTA ELENA	I	1.43846154
CDM PIRINEO 71	I	1.61584158
CDM CAMPAMENTIO FORASTERO 4	I	1.26666667
CDM MASTER 1	I	1.2
CDM FORASTERO 4,16,7,17	I	1.6
CDM FORASTERO 5,6,10,11	I	0.26666667
CDM MONCLOVA 1108	I	2.35643564
CDM NATIVO 1	I	0.80792079
CDM MONCLOVA 1001,1002	I	1.48118812
CDM FORASTERO 8	I	2.53333333
CDM FORASTERO 1	I	1.46666667
CDM COUGAR 121	I	1.8
CDM MONCLOVA 1009	I	1.51111111
CDM COUGAR 81	I	2
CDM PERCUTOR 1	I	0.91538462
CDM COUGAR 1001	I	1.63461538
CDM COUGAR 41,61	I	2.13333333
CDM PIRINEO 11	I	1.11153846
CDM PIRINEO 21	I	2.88484848
CDM PIRINEO 2	I	1.50384615
CDM COUGAR 1,11	I	0.54949495
CDM PIRINEO 351	I	1.81782178
CDM PIRINEO 31	I	1.76538462
CDM FORASTERO 14,21	I	1.46666667
CDM QUEMADOR MONCLOVA 1	I	1.7
CDM VACAS 7	I	2.4
CDM PICOTA	I	2.6
CDM LIBERIA	I	0.93333333
CDM MONTAÑEZ 1	I	1.27920792
CDM VACAS 58	I	2.1979798
CDM NOMADA 1	I	1.61584158
CDM CASA ROJA 61	I	1.99191919
CDM QUEMADOR BUENASUERTE	I	2.08712871
CDM COUGAR 15	I	1.93333333
CDM COUGAR 42	I	1.73333333
CDM MONCLOVA 1006	I	2.67878788
CDM FORASTERO 1,2,3	I	1.48118812
CDM QUEMADOR MONCLOVA 2	I	1.68316832

CDA PERCUTOR 1	I	1.33333333
CDA PIRINEO 2	I	2.93333333
CDA COUGAR 1001	I	1.46666667
CDA MASTER 1	I	1.33333333
CDA MONCLOVA 1001	I	1.21188119
CDA NATIVO	I	1.14455446
CDA FORASTERO 14,21	I	1.21188119
CDA FORASTERO 5,6,10,11	I	1.48118812
CDA MONCLOVA 1009	I	1.48118812
CDA MONCLOVA 1008	I	2.35643564
CDA MONTAÑEZ 1	I	2.08712871
CDA NOMADA 1	I	1.68316832
CDA VACAS 58	I	1.54851485
CDA VACAS 7	I	4.30891089
CDA CASA ROJA 61	I	1.61584158
CDA COUGAR 42	I	2.28910891
CDA COUGAR 15	I	1.00990099
CDA Y LDD PIRINEOS 11	I	2.15445545
CDA Y LDD COUGAR 81	I	1.00990099
CDA Y LDD MONCLOVA 1006	I	2.35643564
CDA Y LDD COUGAR 121	I	2.49108911
LDD PIRINEO 1	I	1.95247525
LDR MONCLOVA 1108	I	2.08712871
LDD FORASTERO 5	I	1.27920792
LDD FORASTERO 4,16,7,17	I	1.21188119
LDD MINERO 1	I	1.81782178
LDI MERCED 211	I	4.24158416
LDD COUGAR 41,81,121	I	0.47128713
SDI EST BUENASUERTE 1 A POZO BUENA SUERTE 164	I	2.22178218
SDI EST FORASTERO 1 A EST BUENASUERTE 1	I	1.88514851
LDD MONCLOVA 1001	I	1.68316832
LDD PIRINEO 31	I	2.28910891
LDD PIRINEO 2	I	2.22178218
LDD MONCLOVA 1009	I	1.68316832
LE PLANTA ENDULZADORA	I	2.15445545
GTO AHMSA	I	2.8950495
GTO GRANJENO	I	2.49108911
GTO COUGAR 1,112X30	I	1.81782178
GTO FORASTERO 4,6,7,17	I	2.08712871
SIS PERLA 2D	I	1.88514851
SIS MASTER COLOSAL	I	1.21188119
SIS JARDINERO ZULUAGA	I	1.75049505
SIS MAREA CARTUJANO	I	5.52079208
SIS CHICHARRA 3D	I	2.8950495

SIS CHICHARRA 3D	I	1.75049505
SIS PIEDRAS NEGRAS 2D	I	2.01980198
SIS PIEDRAS NEGRAS 2D	I	2.49108911
SIS SABINAS	I	2.76039604
SIS SABINAS	I	2.62574257
SIS SABINAS	I	3.0970297
SIS SABINAS	I	3.63564356

Tabla 6. Porcentajes de materia orgánica y su categoría correspondiente en áreas naturales.

OBRAS	CONDICION	% DE MATERIA ORGANICA
CDM PIRINEO 22	N	2.82772277
EST QUEMADOR ECOLOGICO P.V SANTA ELENA	N	1.57979798
EST DPBLE TRAMPA BIDIMENSIONAL SANTA ELENA	N	1.76538462
CDM PIRINEO 71	N	1.61584158
CDM CAMPAMENTIO FORASTERO 4	N	2.53333333
CDM MASTER 1	N	1.26666667
CDM FORASTERO 4,16,7,17	N	1.33333333
CDM FORASTERO 5,6,10,11	N	1.8
CDM MONCLOVA 1108	N	1.61584158
CDM NATIVO 1	N	1.06666667
CDM MONCLOVA 1001,1002	N	2.42376238
CDM FORASTERO 8	N	2.4
CDM FORASTERO 1	N	1
CDM COUGAR 121	N	2.4
CDM MONCLOVA 1009	N	1.44242424
CDM COUGAR 81	N	1.4
CDM PERCUTOR 1	N	1.11153846
CDM COUGAR 1001	N	0.98076923
CDM COUGAR 41,61	N	2.02692308
CDM PIRINEO 11	N	2.74615385
CDM PIRINEO 21	N	2.54141414
CDM PIRINEO 2	N	1.13333333
CDM COUGAR 1,11	N	1.92323232
CDM PIRINEO 351	N	1.34653465
CDM PIRINEO 31	N	1.7
CDM FORASTERO 14,21	N	1
EST QUEMADOR MONCLOVA 1	N	2.22307692
CDM VACAS 7	N	1.93333333
CDM PICOTA	N	4.8
CDM LIBERIA	N	1.73333333

CDM MONTAÑEZ 1	N	1.81782178
CDM VACAS 58	N	2.74747475
CDM NOMADA 1	N	1.73333333
CDM CASA ROJA 61	N	1.99191919
EST QUEMADOR BUENASUERTE	N	1.95247525
CDM COUGAR 15	N	1.06666667
CDM COUGAR 42	N	1.2
CDM MONCLOVA 1006	N	2.61010101
CDM FORASTERO 1,2,3	N	1.27920792
EST QUEMADOR MONCLOVA 2	N	2.01980198
CDA PERCUTOR 1	N	1
CDA PIRINEO 2	N	3
CDA COUGAR 1001	N	1.46666667
CDA MASTER 1	N	1.06666667
CDA MONCLOVA 1001	N	1.27920792
CDA NATIVO	N	1.21188119
CDA FORASTERO 14,21	N	0.94257426
CDA FORASTERO 5,6,10,11	N	1.41386139
CDA MONCLOVA 1009	N	1.27920792
CDA MONCLOVA 1008	N	1.95247525
CDA MONTAÑEZ 1	N	1.81782178
CDA NOMADA 1	N	1.61584158
CDA VACAS 58	N	2.01980198
CDA VACAS 7	N	2.35643564
CDA CASA ROJA 61	N	1.34653465
CDA COUGAR 42	N	1.54851485
CDA COUGAR 15	N	1.61584158
CDA Y LDD PIRINEOS 11	N	1.68316832
CDA Y LDD COUGAR 81	N	1.34653465
CDA Y LDD MONCLOVA 1006	N	2.01980198
CDA Y LDD COUGAR 121	N	2.08712871
LDD PIRINEO 1	N	1.88514851
LDR MONCLOVA 1108	N	1.27920792
LDD FORASTERO 5	N	1.81782178
LDD FORASTERO 4,16,7,17	N	1.41386139
LDD MINERO 1	N	2.01980198
LDI MERCED 211	N	3.23168317
LDD COUGAR 41,81,121	N	1.27920792
SDI EST BUENASUERTE 1 A POZO BUENA SUERTE 164	N	2.96237624
SDI EST FORASTERO 1 A EST BUENASUERTE 1	N	2.01980198
LDD MONCLOVA 1001	N	0.94257426
LDD PIRINEO 31	N	1.54851485
LDD PIRINEO 2	N	2.76039604
LDD MONCLOVA 1009	N	1.21188119
LE PLANTA ENDULZADORA	N	1.61584158

GTO AHMSA	N	4.30891089
GTO GRANJENO	N	2.62574257
GTO COUGAR 1,112X30	N	1.61584158
GTO FORASTERO 4,6,7,17	N	1.34653465
SIS PERLA 2D	N	1.34653465
SIS MASTER COLOSAL	N	1.54851485
SIS JARDINERO ZULUAGA	N	1.34653465
SIS MAREA CARTUJANO	N	3.36633663
SIS CHICHARRA 3D	N	2.76039604
SIS CHICHARRA 3D	N	2.96237624
SIS PIEDRAS NEGRAS 2D	N	2.15445545
SIS PIEDRAS NEGRAS 2D	N	2.35643564
SIS SABINAS	N	3.16435644
SIS SABINAS	N	2.8950495
SIS SABINAS	N	2.96237624
SIS SABINAS	N	4.71287129