

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE INGENIERÍA

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DEL SUELO



**Monitoreo del suelo en el área de Sabinas - Piedras negras, Coahuila, año
2011-2012**

Por:

ANGELO IVÁN CHÁVEZ GARCÍA

Investigación descriptiva

Presentado como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÍCOLA Y AMBIENTAL

Saltillo, Coahuila, México

Febrero 2013

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE INGENIERÍA

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DEL SUELO

Monitoreo del suelo en el área de Sabinas- Piedras negras, Coahuila, año 2011

Por:

ANGELO IVÁNCHÁVEZGARCÍA

Investigación descriptiva

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÍCOLA Y AMBIENTAL

APROBADA

Asesor principal



M.C. Alejandra Rosario Escobar Sánchez

Asesor



DR. Alejandro Zarate Lupercio

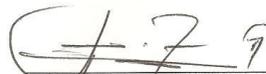
Asesor



M.C. Juan Antonio Encina Domínguez

Universidad Autónoma Agraria
"ANTONIO NARRO"

Coordinador de la División de Ingeniería



Ing. Luis Rodríguez Gutiérrez



Saltillo, Coahuila, México

Coordinación de
Ingeniería

Febrero 2013

DEDICATORIA

A mis padres

Al Sr. Saúl Chávez Vargas y a la Sra. Estela García Cabrera por haberme dado la vida, que con esfuerzo nos sacó adelante, además por darme una buena educación. Y por su apoyo incondicional para seguir estudiando hasta concluir este escalón más en mi vida, que es una carrera, por todo esto y más les doy las gracias a mis padres.

A mis hermanos

Mariela Chávez García, Aldo Saúl Chávez García y Luis Felipe Chávez García, por su gran apoyo, y que han estado conmigo en los momentos buenos y malos, por haber confiado en mí.

A mis abuelos

Al Sr J. Carmen Chávez y a la Sra. Paula Vargas, porque me cuidaron como si fuera uno de sus hijos, además por su apoyo moral, comprensión y haber confiado en mí, por todo eso les doy las gracias.

A mis tíos

A todos mis tíos y primos que en este documento no cito, les doy las gracias por apoyarme de alguna u otra manera gracias por todo.

AGRADECIMIENTOS

A mi Alma Mater, la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, al Departamento de Forestal, porque a través de sus profesores me permitieron concluir mis estudio y a ver realizado una carrera, en mi vida profesional.

Al Dr. Alejandro Zarate Lupercio, por haber tenido paciencia, por su apoyo incondicional, y por la disposición de su tiempo para la elaboración de este trabajo, gracias por todo.

Al M.C. Juan Antonio Encina Domínguez, por su apoyo, y dar sus opiniones para elaboración de este trabajo, y por su disponibilidad de tiempo tan valioso. Gracias por todo.

Al Ing. Alejandra Escobar, por apoyarme en la elaboración de este trabajo, gracias por todo.

A todos mis compañeros y amigos quienes me apoyaron, estuvieron en las buenas y en las malas durante la carrera, y todos los momentos buenos que pasamos juntos, gracias por todo su apoyo.

A mis amigos, Juan Manuel López, Joaquín Gallardo, Ignacio Marcial Carmona, José Guadalupe Campos etc. Que estuvieron conmigo durante mucho tiempo apoyándome.

A mis compañeros de campo: Ing. Freddy Sánchez, Ing. Dagoberto Consuegra, Ing. José Daniel Solorio, Ing. Jairo Ruiz, Antonio García, Ing. Gualberto Juan Pérez e Ing. Edilberto Morales que colaboraron con la obtención de datos de campo.

ÍNDICE GENERAL

I. INTRODUCCIÓN	1
1.1.- OBJETIVO GENERAL	4
1.2.- OBJETIVOS ESPECÍFICOS	4
1.3.- JUSTIFICACIÓN	4
II. REVISIÓN DE LITERATURA	5
2.1.- APROVECHAMIENTO DE GAS NATURAL EN MÉXICO.	5
2.2.- IMPACTO AMBIENTAL	6
2.2.1.- Definición	6
2.2.2.- Tipos de impactos ambientales	7
2.2.3.- Impacto ambiental y minería sustentable	7
2.2.4.- Algunos ejemplos de impacto ambiental. Productos y desechos. Previsiones y remediación	8
2.3.-PROPIEDADES FÍSICAS DEL SUELO	9
2.3.1.- El suelo como sistema disperso	9
2.3.2.- Textura del suelo	9
2.3.3.- Consistencia	10
2.3.4.- Densidad del suelo	10
2.4.-MUESTREO DE SUELOS	12
2.4.1.- Procedimiento	12
2.4.2.- Manejo de las muestras en el laboratorio	13
2.5.- EROSIÓN DEL SUELO	13
2.5.1.- Erosión hídrica	14
2.5.2.-Erosión eólica	14
2.5.3.- Métodos de reconocimiento de la erosión	15
2.6.- MATERIA ORGÁNICA Y MANTILLO ORGÁNICO DEL SUELO	16
2.6.1.- Materia orgánica del suelo	16
2.6.2.- Mantillo orgánico del suelo	17
2.7.- TÉCNICAS DE CONSERVACIÓN DE SUELOS	18
2.7.1.- Obras en taludes	18
2.7.2.- Obras para el control de erosión en cárcavas	21
2.7.3.- Obras para el control de erosión laminar	23
III. DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO	31
3.1.- UBICACIÓN DEL ÁREA	31
3.2.- CLIMA	32
3.3.- FISIOGRAFÍA	34
3.4.- HIDROLOGÍA	35

3.5.- GEOLOGÍA	38
3.6.-SUELO	39
3.7.- VEGETACIÓN	40
IV. MATERIALES Y MÉTODOS	42
4.1.- TRABAJO DE CAMPO	42
4.1.1.- Establecimiento de parcelas para medición de la erosión	42
4.1.2.- Medición de la erosión en parcelas establecidas con anterioridad	42
4.1.3.- Toma de muestras de mantillo orgánico	43
4.1.4.- Toma de muestras de suelo	43
4.2.- TRABAJO DE LABORATORIO	44
4.2.1.- Determinación de mantillo orgánico	44
4.2.2.- Metodología para la determinación de materia orgánica	44
V. RESULTADOS	46
5.1.- CAMBIOS EN LOS USOS DEL SUELO	46
5.2.- EROSIÓN PUNTUAL POR SITIO DE OBRA.	47
5.3.- CANTIDAD DE MANTILLO ORGÁNICO EN EL SUELO	52
5.4.- MATERIA ORGÁNICA.	56
VI. CONCLUSIONES	67
VII. RECOMENDACIONES	68
VIII. LITERATURA CITADA	69
IX. ANEXOs	71
Fotografías	71
Tablas	80

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.- Tipos de clima en el área de estudio	33
Tabla 2.- Tipos de vegetación y/o usos del suelo afectados por el crecimiento de los asentamientos humanos y las actividades extractivas (Aprovechamientos de carbón mineral y Gas natural).	46
Tabla 3.- Valores promedio y su categoría correspondiente en contenido de materia orgánica para áreas naturales e impactadas por tipo de obra (octubre de 2010 a setiembre de 2011).	60
Tabla 4.- Interpretación de acuerdo al porcentaje de materia orgánica, presente en las obras.....	64
Tabla 5.- Valores promedio y su categoría correspondiente en contenido de materia orgánica para áreas naturales e impactadas por tipo de obra (octubre de 2010 a setiembre de 2011).	65
Tabla 6.- Valores promedio y su categoría correspondiente en contenido de materia orgánica para áreas naturales e impactadas por tipo de obra (octubre de 2011 a setiembre de 2012).	66
Tabla 7.- Listado de obras realizadas de octubre de 2010 a Septiembre de 2011 en las que fueron establecidas parcelas de monitoreo de erosión.	80
Tabla 8.- Comparación en ton/ha/año para mantillo orgánico en áreas impactadas y naturales en las obras estudiadas en el periodo de Octubre del 2009 a setiembre del 2010.	81
Tabla 9.- Comparación en ton/ha/año para mantillo orgánico en áreas impactadas y naturales en las nuevas obras (septiembre 2011).	83
Tabla 10.- Valores promedio de materia orgánica y su categoría correspondiente en áreas naturales e impactadas (periodo octubre 2009 – setiembre 2010).	84
Tabla 11.- Valores promedio de materia orgánica y su categoría en áreas naturales e impactadas realizados en el período de octubre 2010 – setiembre 2011.	86
Tabla 12.- Valores promedio de materia orgánica y su categoría por tipo de obra en nuevos sitios analizados correspondiente en áreas naturales e impactadas (septiembre 2011).	88

ÍNDICE DE FIGURAS

FiguraII.1.- Triangulo de texturas	10
FiguraII.2.- Estabilización de taludes.....	19
FiguraII.3.- Obras de protección y conservación de caminos	20
FiguraII.4.- Cabeceo de cárcavas	21
FiguraII.5.- Partes que constituyen a una presa.....	22
FiguraII.6.- Presa de piedra	23
FiguraII.7.- Terrazas.....	24
Figura II.8.- Zanja trinchera (tina ciega).....	25
Figura II.9.- Sistema de bordos en curvas a nivel	25
FiguraII.10.- Roturación de un terreno con roca caliza.....	26
FiguraII.11.- Formación de una cortina rompevientos.....	27
FiguraII.12.- Sistema agroforestal: cedro–maíz–limón.....	28
FiguraII.13.- Acomodo de material vegetal muerto	30
Figura III.1.- Area de estudio.	32
FiguraIII.2.-Climogramadel área de estudio.	34
Figura V.1.- Comportamiento promedio de la erosión por tipo de obra en áreas naturales e impactadas (periodo octubre 2010 – septiembre 2011).....	48
Figura V.2.- Comportamiento promedio de la erosión por tipo de obra en áreas naturales e impactadas (periodo octubre 2011 – septiembre 2012).....	50
Figura V.3 Depositiones de suelo por tipo de obra en áreas naturales e impactadas (octubre 2010 a septiembre 2011).....	51
Figura V.4.- Depositiones de suelo por tipo de obra en áreas naturales e impactadas (octubre 2011 a septiembre 2012).....	52
Figura V.5.- Comportamiento de la cantidad de mantillo orgánico en los diferentes tipos de obra estudiados, en áreas naturales y áreas impactadas (octubre 2010 a septiembre 2011).....	53
Figura V.6.- Comportamiento de la cantidad de mantillo orgánico en los diferentes tipos de obra de nuevos sitios estudiados, en áreas naturales e áreas impactadas (septiembre 2011).....	54
Figura V.7.- Comportamiento de cantidad del matillo orgánico en los diferentes tipos de obras estudiados, en áreas naturales y áreas impactadas (octubre 2011 a septiembre 2012).....	55
Figura V.8.- Comportamiento de la cantidad de mantillo orgánico en las nuevas obras realizadas de octubre del 2011 a septiembre del 2012 en áreas naturales y áreas impactadas.	56
FiguraV.9.- Porcentaje de materia orgánica por tipo de obra, en áreas naturales y áreas impactadas correspondientes al periodo octubre 2010 a septiembre 2011.....	56
FiguraV.10.- Porcentaje de materia orgánica en los cuadros de maniobras, en áreas naturales y áreas impactadas correspondientes de octubre 2010 a septiembre 2011.....	57
Figura V.11.- Porcentaje de materia orgánica en los caminos de acceso, en áreas naturales y áreas impactadas correspondientes al octubre 2010 a septiembre 2011.....	58
Figura V.12.- Porcentaje de materia orgánica en las líneas de descarga, y gasoductos en áreas naturales y áreas impactadas correspondientes al octubre 2010 a septiembre 2011.	59
Figura V.13 Porcentaje de materia orgánica en las sísmicas, en áreas naturales y áreas impactadas correspondientes al periodo octubre 2010 a septiembre 2011.....	60

Figura V.14.- Porcentaje de materia orgánica por tipo de obra, en áreas naturales y áreas impactadas correspondientes al periodo octubre 2011 a septiembre 2012.....	61
FiguraV.15 Porcentaje de materia orgánica en los cuadros de maniobras, en áreas naturales y áreas impactadas correspondientes al periodo octubre 2011 a septiembre 2012.....	62
FiguraV.16.- Porcentaje de materia orgánica en los caminos de acceso, en áreas naturales y áreas impactadas correspondientes al octubre 2011 a septiembre 2012.....	63
Figura V.17.- Porcentaje de materia orgánica en las líneas de descarga, y gasoductos en áreas naturales y áreas impactadas correspondientes al octubre 2011 a septiembre 2012.	64
Figura IX.1.- Georeferenciación del punto.	71
Figura IX.2.- Establecimiento de una nueva parcelade monitoreo para la determinación de erosión.	71
Figura IX.3.- Banderilla en uno de los clavos a 10 cm de altura para la identificaciónde las parcelas.	72
Figura IX.4.- Medición de la erosión con ayuda de un flexometro en parcelas ya establecidas.	72
Figura IX.5.- Muestreo de mantillo orgánico.....	73
Figura IX.6.- Las muestras se guardan en una bolsa de papel anotándose el número de sitio, la condición del área (impactada o no impactada) y la localidad.....	73
Figura IX.7.-Muestreo de mantillo organico.....	74
Figura IX.8.- Muestreo de suelos, a una profundidad no mayor a los 10 cm, utilizando una bolsa de polietileno de 1 Kg, son etiquetas, mencionando el número de sitio, la condición, la localidad, las coordenadas del sitio y la fecha de la toma de las mismas.....	74
Figura IX.9.- Muestra etiquetada.	75
Figura IX.10.- Pozo perfectamente tapado después del muestreo, con el objetivo de reducir el impacto causado en el lugar.	75
Figura IX.11.- Determinación de mantillo orgánico, las muestras se pesan y registran en un formato elaborado.	76
Figura IX.12.- Muestras de mantillo guardadas en la estufa, por tres días, sometidas al calor constante (70 C°).....	76
Figura IX.13.- Preparación de la solución de Sulfato Ferroso Fe_2SO_4 , para la determinación de materia orgánica.	77
Figura IX.14.- Preparación de la solución de Dicromato de potasio $K_2Cr_2O_7$	77
FiguraIX.15.- Preparación de la solución de Ortofenatrolina.	78
Figura IX.16 Pesado de 0.3 gr de la muestra de suelo para iniciar la determinación del % de materia orgánica.	78
Figura IX.17 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 sulfúricoy 200 ml de agua destilada.	79
Figura IX.18 Titulación de las muestras con sulfato ferroso.	79

RESUMEN

Con el objetivo de realizar la evaluación del impacto ambiental en el suelo causada por exploración y explotación de PEMEX – Exploración y Producción en la Cuenca Sabinas – Área Piedras Negras en Coahuila, que ha originado cambios en los usos del suelo por la creación de infraestructura de producción, como: cuadros de maniobras, líneas de descarga, gasoductos, caminos de acceso, estaciones de recolección, líneas eléctricas, líneas de inyección de agua y brechas exploratorias sísmicas; estas obras han modificado las características del suelo en donde fueron realizadas. La creación de infraestructura petrolera no es la única actividad que genera cambios de uso del suelo en el área de estudio, también la minería y ganadería extensiva tienen un importante efecto en este rubro. Se establecieron parcelas permanentes para obtener el comportamiento de la erosión, producción de mantillo orgánico y contenido de materia orgánica. Las parcelas permanentes son de 2 m² y se ubicaron en cada obra y considerando una área inmediata como impactada, y otra a 500 m de distancia como área no impactada, estableciéndose 570 parcelas de muestreo de esta manera y de las cuales se levantó información de los parámetros de suelo ya referidos en dos periodos anuales; del 2010 al 2011, y 2011 al 2012, las muestras de suelo y de mantillo orgánico fueron analizadas en laboratorio con la finalidad de comparar entre áreas impactadas y no impactadas y por tipo de obra con respecto a la conservación de este recurso suelo. El comportamiento de la erosión se obtuvo en gabinete por el incremento o decremento de la longitud medida en los clavos con respecto a un nivel inicial. Para la determinación de mantillo orgánico las muestras obtenidas de cada parcela se pesaron antes y después de someterlas a secado en la estufa hasta obtener peso constante. En la determinación de la materia orgánica se utilizó el método de Walkley-Black para obtener los resultados obtenidos. El comportamiento de estas propiedades del suelo (erosión, mantillo orgánico y materia orgánica) estudiados en los diferentes tipos de obras no solo están en función de las propiedades físicas químicas y biológicas del suelo, también intervienen factores bióticos y abióticos como el clima, el hombre, la flora y fauna del área de estudio.

Palabras claves: monitoreo ambiental, suelo, mantillo, materia orgánica.

ABSTRACT

In order to carry out the environmental impact assessment on the ground caused by exploration and exploitation of Pemex - Exploration and Production in Sabinas Basin - Piedras Negras in Coahuila Area, that has led to changes in land use by creating production infrastructure, as: boxes maneuvers, discharge lines, pipelines, access roads, collection stations, power lines, water injection lines and gaps seismic exploration, these works have changed the characteristics of the soil where they were made. The creation of oil infrastructure is not the only activity that generates changes in land use in the study area, also mining and ranching have an important effect on this area. Se establecieron parcelas permanentes para obtener el comportamiento de la erosión, producción de mantillo orgánico y contenido de materia orgánica. The plots are 2 m² and is located in each work and considering immediate area as impacted, and over 500 meters away as non-impacted area, 570 sample plots established in this way and which arose information soil parameters as reported in two annual, from 2010 to 2011 and 2011 to 2012, samples of soil and organic mulch were analyzed in the laboratory in order to compare impacted and non-impacted areas and type of work with respect to the conservation of the soil resource. The behavior of the cabinet erosion was obtained by increasing or decreasing the length of the nails extent with respect to initial level. For the determination of organic mulch samples collected from each plot were weighed before and after being subjected to oven-dried to constant weight. In the determination of the organic matter is used Walkley-Black method to obtain the results. The behavior of these soil properties (erosion, litter and organic matter) studied different types of works are not only based on the chemical and physical properties of soil bilógicas also involved biotic and abiotic factors such as climate, man flora and fauna of the study area.

Keywords: environmental monitoring, soil, mulch, organic matter.

I. INTRODUCCIÓN

De todos los dones de la naturaleza, ninguno más indispensable para el hombre que el suelo, esta mezcla compleja de materia animal, vegetal y mineral que cubre el núcleo rocoso del globo terrestre a profundidades diversas, es uno de los cuatro elementos primarios indispensables para la vida vegetal y sustentar a todos los seres vivientes (Hull, 1947).

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).

De acuerdo con García (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 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.

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 húmíferos, 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 (Rubio, 1989).

El mantillo activa y estimula la diversidad de microorganismos del suelo, promotores del crecimiento vegetal, también mejora las propiedades físicas y químicas del suelo, la estructura y porosidad, la retención del agua y su movimiento, además aporta materia orgánica que provoca la formación del humus, responsable de la fertilidad del suelo natural, la alimentación de las plantas a través del mantillo ayuda a compensar la falta de condiciones ideales de estructura de suelo o de crecimiento de la planta, suministrando una fuente suplementaria de nutrientes fácilmente disponibles, en cantidades pequeñas pero constantes en la superficie del suelo (Bunch, 2003).

La minería energética es el subsector minero dedicado a la extracción de productos minerales energéticos, fundamentalmente carbón y gas natural. Este tipo concreto de minería tiene efectos ambientales específicos que dependen de la ubicación de los yacimientos y de los pasos técnicos requeridos para extraer los productos brutos. Las fases que suponen un mayor impacto ambiental sobre el entorno son las correspondientes a la exploración de los yacimientos y a su explotación.

Fase de exploración: los efectos ambientales resultantes de la prospección geofísica que debe realizarse como paso previo en una explotación de gas natural depende en cierta medida del método empleado. El método de prospección sísmica, además de ser la técnica más difundida, es la que más afecta al medio ambiente. Fase de extracción: la apertura de los pozos marca el comienzo del desarrollo del yacimiento y coincide con la dotación de la infraestructura necesaria a la explotación (construcción de vías de acceso, instalaciones de extracción en la superficie y plantas de procesamiento preliminar, conexión a la red vial, tendido de conductos a distancia y en el campo de explotación, etc.), lo que supone un impacto sobre el medio ambiente relativo a la alteración de los usos del suelo, la vegetación y la fauna circundante, los sistemas hídricos próximos.

Por tal razón el Instituto Nacional Ecología (2007) promovió y publicó instrumentos, como las Normas Oficiales Mexicanas, estudios de ordenamiento ecológico, orientados a la protección del ambiente en el que se desarrolla esta actividad, para enmarcar los

niveles de contaminación, así el sector minero se adecúa a los principios básicos del desarrollo sostenible, no sólo por la normatividad vigente en materia de residuos, emisiones a la atmósfera y aguas residuales, además se establece en un contexto de concertación entre las instancias directamente interesadas y la sociedad civil, así mismo por el beneficio social asociado a las poblaciones cercanas a las unidades mineras.

1.1.- OBJETIVO GENERAL

Determinar el comportamiento de la materia orgánica, la erosión y el mantillo orgánico en áreas naturales y áreas impactadas debido al cambio de uso del suelo por la implantación de las obras realizadas por PEMEX – Exploración y Producción.

1.2.- OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- 1.- Ubicar las áreas de mayor impacto causado por las diferentes obras realizadas por PEMEX– Exploración y Producción para el aprovechamiento de gas natural.
- 2.- Recomendar técnicas para la conservación de suelos en estas áreas de mayor impacto por la extracción de gas natural.

1.3.- JUSTIFICACIÓN

El presente estudio se realizó con el fin de generar información que brinde opciones en la toma de decisiones para reducir o rehabilitar el impacto causado en el suelo por la extracción de gas natural.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1.- APROVECHAMIENTO DE GAS NATURAL EN MÉXICO.

En la actualidad existen más de 70 países productores de gas natural que utilizan este insumo para su desarrollo industrial logrando una mayor competitividad debido a las muchas ventajas que el gas natural ofrece. El gas natural es la fuente de energía más ventajosa porque, además de ser un combustible limpio y de bajo costo, compite con todas las otras fuentes de energía. En la generación eléctrica el gas compite con el petróleo, el carbón y las centrales hidroeléctricas; en el uso industrial compite con el petróleo pesado, el diesel y la electricidad; en el área doméstica compite con el kerosene, la electricidad, el gas licuado y otros combustibles y finalmente en el sector transportes compite con la gasolina y el diesel. Es decir, el gas natural se adapta a las necesidades modernas y por lo tanto ofrece, a los países que lo poseen y explotan, una ventaja competitiva importante. Estas ventajas del gas natural sobre otras fuentes de energía han hecho que su utilización se incremente constantemente durante los últimos veinte años de manera que, en la actualidad, representa más del 20% de la energía que se consume en el mundo (Cáceres, 1999).

Los países con mayor producción de gas natural en Latinoamérica son: México que ocupa el primer lugar y cuya producción de gas se inició antes de 1938, Venezuela que ocupa el segundo lugar, muy próximo a México, inició su desarrollo gasífero en 1986. El tercer lugar le corresponde a Argentina, Colombia que ocupa el cuarto puesto, inició su desarrollo gasífero en el año 1974

El uso de combustibles gaseosos, para iluminación y fines domésticos, ha sido muy general desde la mitad del siglo XIX. Sin embargo, apenas se utilizaba en la industria debido a la abundancia de combustibles sólidos y líquidos disponibles y a la dificultad que presentaba el transporte y almacenamiento de los combustibles gaseosos. El desarrollo del empleo del gas natural se ha realizado con posterioridad al uso del petróleo. El gas natural, que aparecía en casi todos los yacimientos petrolíferos, se quemaba a la salida del pozo como un residuo más. Únicamente en Estados Unidos de América, y siempre en lugares muy próximos a zonas petrolíferas, se utilizaba como combustible doméstico por su gran poder calorífico (9.000-12.000 kcal/m³).

En 1945, el descubrimiento del yacimiento Misión en el norte del país da inicio de cierta manera a la historia del gas natural en México. De hecho, las actividades ligadas al aprovechamiento de este hidrocarburo son iniciadas en años posteriores, al realizarse las obras de reinyección al yacimiento Poza Rica y particularmente con las construcciones de los gasoductos entre la planta de absorción allí ubicada y el Distrito Federal, y desde Reynosa a Monterrey, al desarrollarse los campos productores de gas al noroeste de Tamaulipas. Desde aquel entonces, las dificultades que afrontó Pemex para desarrollar las actividades ligadas al aprovechamiento del gas son las que normalmente se encuentran en este tipo de industria incipiente, a saber: la construcción de sistemas de transportes y el establecimiento de mercados. En este sentido, los problemas a los cuales tiene que enfrentarse la empresa son más de índole económica y de inversión que de orden técnico para descubrir y producir gas natural. Este tipo de problemas se debieron, en buena parte, a que la producción de gas natural adquiere en México una importancia relativamente tardía como fuente de suministro energético, tomando en cuenta el auge temprano de la explotación petrolera (Márquez, 1989).

A nivel mundial, México es un importante productor de gas natural, a pesar de ser un participante menor en su comercio internacional. El tamaño y el rápido crecimiento de su mercado interno han limitado la cantidad disponible para exportaciones. No obstante, el potencial de exportación de México es ampliamente reconocido debido a su enorme base de recursos, a sus amplias posibilidades de sustitución de combustibles, a la capacidad mal aprovechada de su gasoducto al norte del país, y a su continuidad con el mayor mercado de gas natural del mundo. Pemex es el mayor consumidor de gas natural en México. La compañía petrolera nacional utiliza este hidrocarburo como combustible en sus yacimientos, ductos, refinerías, para generar energía y, cada vez más, como materia prima en la producción de la petroquímica básica (Wionczek, 1983).

2.2.- IMPACTO AMBIENTAL

2.2.1.- Definición

La Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMERNAT) define impacto ambiental como la “Modificación del ambiente ocasionada por la acción del hombre o de la naturaleza”. Un huracán o un sismo pueden provocar impactos ambientales, sin embargo el instrumento Evaluación de Impacto Ambiental (EIA) se orienta a los

impactos ambientales que eventualmente podrían ser provocados por obras o actividades que se encuentran en etapa de proyecto (impactos potenciales), o sea que no han sido iniciadas.

2.2.2.- Tipos de impactos ambientales

Existen diversos tipos de impactos ambientales, pero fundamentalmente se pueden clasificar, de acuerdo a su origen, en los provocados por: El aprovechamiento de recursos naturales ya sean renovables, tales como el aprovechamiento forestal o la pesca; o no renovables, tales como la extracción del petróleo o del carbón. Contaminación. Todos los proyectos que producen algún residuo (peligroso o no), emiten gases a la atmósfera o vierten líquidos al ambiente. Ocupación del territorio. Los proyectos que al ocupar un territorio modifican las condiciones naturales por acciones tales como desmonte, compactación del suelo y otras.

Asimismo, existen diversas clasificaciones de impactos ambientales de acuerdo a sus atributos; por ejemplo:

Positivo o negativo: en términos del efecto resultante en el ambiente.

Directo o indirecto: si es causado por alguna acción del proyecto o es resultado del efecto producido por la acción.

Acumulativo: es el efecto que resulta de la suma de impactos ocurridos en el pasado o que están ocurriendo en el presente.

Sinérgico: se produce cuando el efecto conjunto de impactos supone una incidencia mayor que la suma de los impactos individuales.

Residual: el que persiste después de la aplicación de medidas de mitigación.

Temporal o permanente: si por un periodo determinado o es definitivo.

Reversible o irreversible: dependiendo de la posibilidad de regresar a las condiciones originales.

Continuo o periódico: dependiendo del periodo en que se manifieste.

2.2.3.- Impacto ambiental y minería sustentable

De acuerdo con Mendoza (2005) Los temas referidos a la sustentabilidad del uso de las materias primas minerales y al impacto ambiental de las actividades productivas son cada vez más importantes en la consideración de la gente.

Hoy en día el concepto de sustentabilidad está muy relacionado con el tipo y grado de impacto ambiental que provoca la producción y el uso de una determinada sustancia. Este no es un tema sencillo porque tiene componentes políticos, económicos, sociales, con ideas y expresiones que van desde extremos irreconciliables hasta criteriosos términos medios. Además, el impacto ambiental es el resultado de la propia actividad del hombre. La evolución de la inteligencia del ser humano y su capacidad creciente para aprovechar los recursos y los medios a su alcance, para su beneficio, su bienestar y su progreso, provocó y sigue provocando un impacto muy importante en el medio ambiente en el que desarrolla su vida.

No obstante, el hombre no está dispuesto a abandonar los beneficios que alcanzó a través de su progreso a lo largo de la historia. Nadie quiere volver a vivir desnudo y a la intemperie, y a comer animales chicos cuidándose de no ser comido por animales más grandes. Por esa razón, todas las actividades humanas, incluyendo las fuentes de producción de materias primas y las industrias, siguen funcionando. Y como todas esas actividades producen impacto, lo único que razonablemente se puede hacer es estudiar el impacto que produce cada actividad para tratar de reducirlo a un mínimo, y que ese mínimo sea compatible con las condiciones de vida de la población. Todo esto tiene su expresión institucional mediante leyes, decretos, ordenanzas, reglamentos, que establecen las normas a las que hay que ajustarse en cada caso.

En general, la sociedad prefiere tener las fuentes de producción y empleo en las que se fundamentan su progreso y su bienestar, con la condición de que se minimicen los impactos de esas actividades sobre el medio ambiente de tal manera que no se dañe a la población.

2.2.4.- Algunos ejemplos de impacto ambiental. Productos y desechos. Previsiones y remediación

La apertura de labores mineras siempre impacta el paisaje superficial, en mayor medida si es a cielo abierto. Las labores subterráneas son menos visibles pero debe preverse que no provoquen problemas de colapso de terrenos o perjudiquen el agua subterránea.

El conjunto de trabajos que se hacen al cerrar una mina para evitar impactos futuros y recomponer el paisaje, se llama remediación. Hoy en día es obligación que los proyectos mineros incluyan todas las etapas de su vida útil, incluyendo la remediación final.

2.3.-PROPIEDADES FÍSICAS DEL SUELO

2.3.1.- El suelo como sistema disperso

Sí 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.

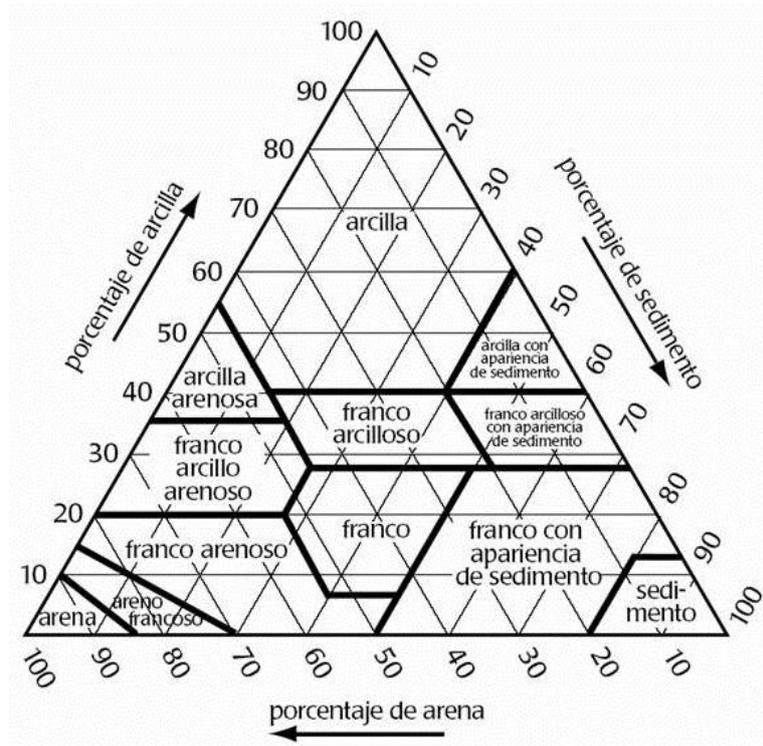
2.3.2.- Textura del suelo

Se refiere a la proporción relativa de arena, limo y arcilla en el suelo. Específicamente la clasificación de texturas se basa en la cantidad de partículas menores de 2mm de diámetro. Si las partículas mayores de 2mm están presentes en cantidades significativas, al nombre de la textura se le agrega un adjetivo apropiado como gravoso o Pedroso.

Análisis mecánico

A la determinación del por ciento de arena, limo y arcilla se le denomina análisis mecánico. Existen varios métodos para hacer un análisis mecánico, pero solamente dos han sido lo más comúnmente aceptados, el método de la pipeta y el método del hidrómetro (de Bouyoucos y el modificado por Day). Ambos métodos se han basado en la proporción diferencial de asentamiento de las partículas de suelo en agua.

La textura del suelo se expresa por los nombres de las clases que se encuentran en el triángulo de texturas (figura II.1). Los nombres de las clases de suelo básicamente consisten en los términos: arena, limo, arcilla y migajón o franco, usando ya sea como nombres o como adjetivos o ambos.



FiguraII.1.- Triángulo de texturas

Cuando se conocen los porcentajes de arena, limo y arcilla el nombre de la clase textural se determina fácilmente con el uso del triángulo.

2.3.3.- Consistencia

Se define como la resistencia de un material a la deformación o ruptura, o bien al grado de cohesión o 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.

2.3.4.- 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, cm³

En el estudio de suelos se distinguen dos tipos de densidad: la densidad real o partículas (Dr) y la densidad aparente (Dap), cuyas fórmulas de cálculo serían:

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

$$Dap = \frac{p}{\text{Volumen aparente}}$$

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:

$$P = Dap \times E \times S$$

Donde:

P= peso en Ton/ha

Dap= densidad aparente en Ton/m³ (no sufre ninguna transformación el valor en g/cm³)

E= Espesor de la capa en m, y

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

2.4.-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).

2.4.1.- Procedimiento

Se debe recorrer el terreno para observar las variaciones que presenta en cuanto a color, textura, vegetación, pendiente, grado de erosión, 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.

1. Hay que hacer un recorrido en zigzag para tomar las muestras.
2. Elegido el sitio, se limpia la superficie de restos vegetales y se descartan los primeros 2 o 3 cm superficiales.
3. 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.
4. 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.
5. De cada sitio de muestreo se extrae la misma cantidad de suelo.
6. 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.
7. 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.

2.4.2.- 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.

2.5.- EROSIÓN DEL SUELO

Desde principios del mundo el suelo ha evolucionado continuamente. La lluvia y el viento han transportado sus partículas de uno a otro sitio, en su batir constante contra la superficie de la tierra. De este modo se han abierto cauces de arroyos y ríos, se han formado deltas, y se han transformado gradualmente panoramas enteros.

La continuidad de los declives en la superficie terrestre; las corrientes de agua con cauces normales, definidos y bien adaptados a la configuración de los valles por donde corren; el escurrimiento lento y uniforme de la capa del suelo ladera abajo; y los arroyos y ríos, que excepto en las crecientes, tienen siempre aguas claras, y limpias son todas las señales de erosión natural que denotan la condición perfectamente normal del paisaje. La aceleración de la erosión, debida a cambios producidos por el hombre, han provocado formaciones terrestres erosivas y otras condiciones, que definitivamente anormales, como son las cárcavas o zanjas, los subsuelos descubiertos por la erosión

laminar, los derrumbes, las carreteras socavadas, y las represas y los causes de los ríos obstruidos por sedimentos (Hull, 1947).

Según Kirk 1980 la erosión del suelo es la remoción del material superficial por acción del viento o del agua. La erosión eólica es un aspecto normal del desarrollo del paisaje, pero solo en algunas partes del mundo domina otros procesos de denudamiento. Los otros procesos principales de remoción de sedimentos son el movimiento de masas y la solución, y cada uno de ellos es también dominante en ambientes adecuados

2.5.1.- Erosión hídrica

La erosión de los suelos por acción del agua es más activa donde la disolución es menor. Donde la precipitación pluvial no se puede infiltrar en el suelo, sino que fluye sobre la superficie, el agua viaja a una velocidad relativamente rápida, y es capaz de arrancar materiales del suelo por medio de la fuerza hidráulica de su flujo. Donde el flujo superficial es dominante, la erosión del suelo por el agua probablemente sea el proceso principal de desgaste y la disolución es ligera. Como el agua puede fluir en grandes cantidades sobre la superficie y ejercer fuerzas hidráulicas también grandes, se deduce que la erosión del suelo a menudo actúa catastróficamente, incluso con pendientes moderadas (Kirk, 1980).

2.5.2.- Erosión eólica

La erosión del suelo por efecto del viento, como la erosión por el agua se basa en la fuerza con que el fluido (en este caso el aire), puede actuar sobre las partículas del suelo. Esta fuerza depende hasta cierto grado en la esperanza de la superficie, pero en el caso del viento la esperanza desempeña un papel específicamente crítico debido a la baja densidad y por ende, la capacidad de transporte del aire. Donde la superficie es muy áspera, como por ejemplo en el caso de las plantas o piedras grandes que no pueden ser levantadas por el aire, entonces la velocidad del viento cerca de la superficie es baja y se presenta poca erosión. Sin embargo, cualquier superficie relativamente lisa, como por ejemplo un campo baldío es susceptible a la erosión eólica, y el peligro aumenta cuando el suelo contiene cantidades apreciables de tamaño de los limos que se van desprendiendo del aire muy lentamente una vez que han sido recogidos. Naturalmente, estas condiciones son más comunes en los desiertos cálidos y fríos, a lo largo de las amplias planicies de inundación y en llanuras costeras, pero cuando en otras

partes se elimina la vegetación y los matorrales para permitir el cultivo, entonces ocurre la erosión eólica.

2.5.3.- Métodos de reconocimiento de la erosión

La medición del grado de erosión del suelo es un trabajo muy laborioso que requiere de un buen grado de observación y paciencia. Es muy conveniente mantener áreas bajo observación periódica, así como, tratar de localizar el perfil virgen (sin disturbio), siempre que sea posible, en los lugares adecuados como son: pedestales naturales formados bajo pequeñas rocas, bajo raíces de árboles o arbustos, abrir fosos agrologicos en zonas que no han sido desmontadas para realizar estudios comparativos y llegar a determinar las pérdidas (Ruíz, 1980).

Los métodos de reconocimiento de la erosión pueden ser directos, medición de pedestales y estudios comparativos o indirectos, mediante puntos de referencia previamente establecidos.

- A. Medición de pedestales. Uno de los métodos de reconocimiento de la erosión consiste en la medición directa de los pedestales formados naturalmente bajo piedras, troncos, raíces etc. la altura del pedestal inicia el espesor de la capa de suelo perdida.
- B. Marcaje de piedra. Este método consiste en marcar con pintura blanca líneas alrededor de algunas piedras grandes y fijas, señalando con ellas, el nivel de la superficie de suelo. La medición periódica de la distancia del nivel de referencia a la superficie del suelo, dará una idea de las pérdidas de suelo ocurridas a través del tiempo.
- C. Clavos y rondanas. En este método se utilizan clavos de 30 centímetros de largo y rondanas con libertad de movimiento. Se colocan en áreas representativas de manera que la rondana descansa sobre la superficie del suelo y la cabeza del clavo la toque ligeramente. Las rondanas permiten registrar los cambios ocurridos en el área, tanto perdidas como ganancias del suelo.
- D. Corcholatas. Se colocan 36 corcholatas, en una superficie cuadrada dispuestas en cuadrícula con el corcho hacia abajo, y se presiona suavemente hasta lograr que la parte superior quede al mismo nivel que la superficie del suelo, para evitar que sean movidas por el viento. Este será nuestro nivel de referencia que se

comparara cada año con el nivel del suelo para obtener el espesor medio de la capa de suelo perdida por la erosión.

- E. Lotes de observación. Para cuantificar la erosión hídrica en una área determinada se selecciona un sitio representativo de las condiciones del área y se ubica un lote de observación del proceso erosivo, de are conocida, a lo largo de la pendiente principal del terreno. Estos lotes deben estar confinados mediante láminas impermeables enterradas alrededor y que sobresalgan 20 centímetros sobre la superficie del suelo. En la cota inferior del lote se instala una manguera gruesa que se conecta a la tapa de un recipiente colector, el cual tendrá una capacidad suficiente para captar los escurrimientos máximos esperados, que abran sido calculados previamente. Después de cada lluvia se mide el volumen de escurrimiento captado en cada lote, se filtra y se determina el peso del suelo seco.

El índice de erosión es una herramienta que provee las bases para la toma de decisiones, al calificar la degradación atribuida a procesos tanto eólicos como hídricos. Es un factor importante en la evaluación de los suelos, debido a que permite la jerarquización de las acciones de conservación de tal forma que los programas de control de la erosión sean más eficientes y generen resultados visibles a corto plazo.

2.6.- MATERIA ORGÁNICA Y MANTILLO ORGÁNICO DEL SUELO

Casi toda la vida que se encuentra en el suelo, depende de la materia orgánica para obtener su energía y sus nutrientes. Durante siglos, la humanidad ha reconocido la importancia de la materia orgánica en la producción de alimentos.

2.6.1.- 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 Materia Orgánica, mientras que los suelos orgánicos (turberas y mucks) contienen más del 20% de Materia Orgánica. La acumulación de la Materia Orgánica es favorecida en áreas de precipitación abundante o drenaje deficiente, baja temperatura y vegetación nativa de pastos. La proporción en que se

descompone la Materia Orgánica es La clave de su acumulación en el suelo (Ortiz, 1987).

De acuerdo con Kirk (1980) la materia orgánica es 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 vegetal 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.

2.6.2.- Mantillo orgánico del suelo

El mantillo es la capa superior del suelo formada por tierra y restos de animales y de vegetales en descomposición, es un abono orgánico que mejora la estructura del suelo y aporta nutrientes para las plantas, evitando el crecimiento de malas hierbas y promoviendo plantas sanas.

El mantillo, también denominado compost, es el proceso de fermentación, putrefacción y descomposición de estiércol de animales (caballos, ovejas y vacas) y restos vegetales, en un medio húmedo, caliente y aireado que da como resultado final un material de alta calidad fertilizante.

El mantillo aporta nutrientes a las plantas enriqueciendo todo el terreno además retiene el agua de la tierra y evita que ésta se endurezca con el calor en verano, ayudando a mantener el suelo húmedo.

2.7.- TÉCNICAS DE CONSERVACIÓN DE SUELOS

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 (Ruiz, 1989).

2.7.1.- Obras en taludes

Para entender mejor el tema es necesario definir algunos términos utilizados:

Talud. Superficie de tierra bajo cierta pendiente o inclinación localizada entre su base y el inicio del nivel original del suelo, el cual se sitúa en una cárcava, cauce o camino con cambios de altura significativos.

Base de talud. Corresponde al sitio de cambio brusco de pendiente en la parte inferior del talud, factor que es difícil de cuantificar por las variaciones topográficas que el talud presenta. En general, para taludes naturales o artificiales con pendiente de conformación mayor de 45 grados, la base del talud se podrá localizar aproximadamente en la sección transversal típica cuando la diferencia de ángulo de conformación del talud entre cotas (cada un metro) sea superior a 10 grados. Para taludes de pendiente suave (menor de 45 grados), este punto podrá localizarse cuando el ángulo de conformación sea inferior a 22.5 grados. En caso de ser menor, no se considera como talud.

Nivel original del suelo. Sitio de cambio brusco de pendiente en la parte superior del talud donde no se presenta flujo en masa.

Altura del talud. Distancia de dimensionamiento vertical del talud medida desde la base al borde superior.

Pendiente del talud. Identifica el ángulo o nivel de conformación del talud natural o artificial con respecto a la horizontal; se puede medir en grados, ángulo, porcentaje o relación metro / metro.

2.7.1.1.- Estabilización de taludes

Se denomina estabilización de taludes al despalme o recubrimiento practicado en taludes laterales de cárcavas, cauces intermitentes, caminos, arroyos o ríos para evitar o

disminuir la erosión y permitir el desarrollo de la vegetación. De acuerdo con los trabajos que se promueven por la Gerencia de Suelos Forestales de la CONAFOR el término se ha acotado a obras en cárcavas y cauces intermitentes (Figura II.2).



FiguraII.2.- Estabilización de taludes

2.7.1.2.- Protección y conservación de caminos

Los caminos son indispensables para el aprovechamiento, pero también son la principal fuente de erosión. Por ello, después de su construcción se deben implementar estructuras de mantenimiento, sobre todo aquellas que tengan que ver con la evacuación del agua, que es el principal agente en la destrucción de caminos y erosión de suelos (Figura II.3).



FiguraII.3.- Obras de protección y conservación de caminos

2.7.1.3.- Cabecero de cárcavas

Es el proceso mediante el cual se realizan acciones en la parte inicial de una cárcava para evitar su crecimiento en longitud aguas arriba, es decir, para prevenir y detener la erosión remontante. Dicha actividad consiste en el recubrimiento con material inerte como piedras, cemento o material vegetal muerto de estructuras que tienen la finalidad de amortiguar la energía de caída de la escorrentía, evitar el crecimiento longitudinal de la cárcava y por lo tanto la erosión remontante, estabilizar y cubrir los taludes en la parte inicial de la cárcava y disminuir la pendiente de los taludes para evitar deslizamientos (Figura II.3).



FiguraII.4.- Cabeceo de cárcavas

El cabeceo de una cárcava se debe realizar en conjunto con otras obras que disminuyan la velocidad y el volumen de escurrimientos aguas arriba donde inicia la cárcava esto para evitar el crecimiento longitudinal de la cárcava y por lo tanto la erosión remontante, estabilizar y cubrir los taludes en la parte inicial de la cárcava, disminuir la pendiente de los taludes para evitar deslizamiento.

2.7.2.- Obras para el control de erosión en cárcavas

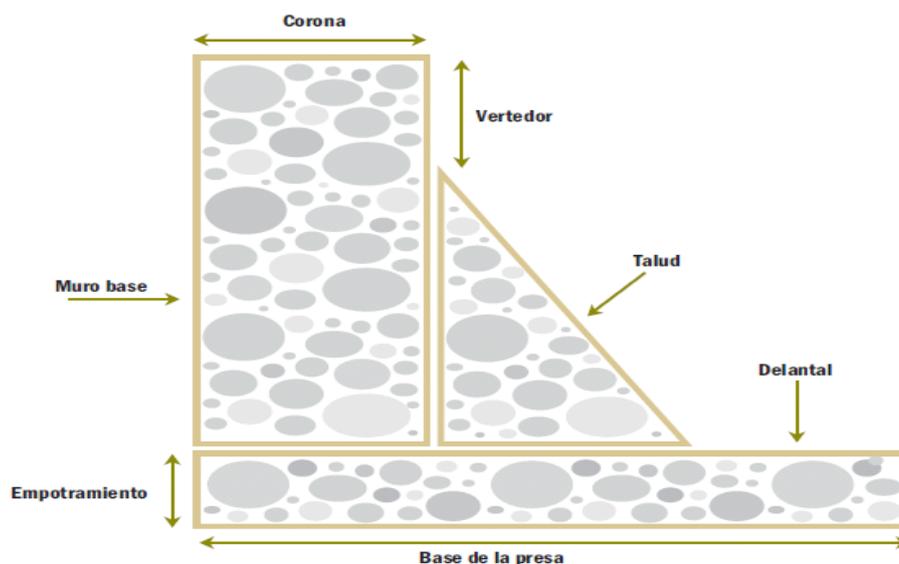
Los beneficios obtenidos con estas obras son la disminución de la cantidad y velocidad de los escurrimientos, estabilización de las cárcavas y detener su crecimiento, disminuir la erosión hídrica, permitir la acumulación de sedimentos favorables para el establecimiento de cobertura vegetal, retener suelo, permitir el flujo normal de escurrimientos superficiales, el agua que se almacena puede tener diversos aprovechamientos para poblaciones rurales, reducen la pendiente media de la cárcava, retienen azolves y evitan que suelos infértiles se depositen sobre terrenos fértiles, favorece la retención e infiltración de agua y la recarga de acuíferos y para su construcción, se utiliza material durable y de bajo costo.

2.7.2.1.- Presas

La presa es una estructura que sirve para controlar la erosión en cárcavas, reducir la velocidad de la esorrentía e impedir el crecimiento de las cárcavas control de azolves, reducir la velocidad de escurrimiento, propiciar condiciones favorables para el establecimiento de cobertura vegetal que estabilice el lecho de la cárcava, proteger

obras de infraestructura rural, tales como presas hidráulicas, caminos y puentes y retener humedad. Existen varios tipos de presa tales como: estas se clasifican de acuerdo al material de construcción.

En la planeación de su construcción es importante considerar las partes de la presa (Figura II.5).



FiguraII.5.- Partes que constituyen a una presa

El vertedor es la parte de la presa prevista para desalojar el agua de la cárcava, debido a que la obra constituye un obstáculo a la corriente del agua, ésta buscará una salida; en caso de no existir el vertedor, el agua se disipará, lo que podrá ocasionar la destrucción de la presa.

El delantal es una plataforma de piedra que se coloca aguas abajo de la presa y que sirve para amortiguar la caída del agua e impedir que ésta socave la estructura.

El empotramiento consiste en excavar una zanja perpendicular al flujo de la cárcava y extenderla hasta los taludes de la misma, con la finalidad de asentar la obra más allá del nivel original de la cárcava y con esto evitar posibles franqueamientos.



FiguraII.6.- Presa de piedra

2.7.3.- Obras para el control de erosión laminar

En estas obras se llevan a cabo lo que son las terrazas, zanjas las cuales son excavaciones en curvas a nivel y prácticas vegetativas estas consisten en la utilización de material vegetal para la conservación del suelo.

2.7.3.1.- Terrazas

Las terrazas son terraplenes que se forman gradualmente a partir del movimiento de suelo son un conjunto de rocas colocadas de manera lineal en curvas a nivel y de manera perpendicular a la pendiente para retener suelo en zonas con presencia de erosión hídrica laminar. Normalmente se utiliza una sección cuadrangular de 30 centímetros x 30 centímetros.



FiguraII.7.- Terrazas

2.7.3.5.- Zanjas trincheras (tinas ciegas)

Las zanjas son excavaciones en curvas a nivel y separadas con tabique divisor, permiten incrementar las densidades de árboles debido a que se pueden plantar sobre los bordos de las zanjas y en los tramos intermedios de ellas. Sirven para controlar y desalojar el agua de escorrentías de los caminos, las parcelas o las cárcavas. Existen varios tipos de zanjas como las zanjas trincheras (tinas ciegas), el sistema de zanja bordo, las zanjas derivadoras de escorrentía y los bordos en curvas a nivel el cual es un sistema de bordos que se conforma con el producto de la excavación de suelo o subsuelo, de forma perpendicular a la pendiente del terreno, siguiendo curvas a nivel. Estos tipos de zanjas sirven para propiciar la intercepción de azolves y escurrimientos, así como aumentar la infiltración y retención de humedad para el establecimiento de reforestaciones y vegetación nativa.

Figura II.8.- Zanja trinchera (tina ciega)



Figura II.9.- Sistema de bordos en curvas a nivel

Los bordos en curvas a nivel son una práctica utilizada principalmente en las zonas áridas y semiáridas o con deficiencia de humedad estacional en el suelo.

2.7.3.9.- Roturación

Es el proceso de rompimiento y fragmentación en franjas de ancho variable de capas compactadas, endurecidas (denominadas comúnmente tepetate o caliche) o material parental intemperizado, que se encuentra en la parte superficial o subsuperficial del suelo, con maquinaria, aperos de labranza e instrumentos manuales, con lo cual se permite el establecimiento de plantaciones forestales o el desarrollo de la vegetación natural (Figura II.10).



Figura II.10.- Roturación de un terreno con roca caliza

Las áreas degradadas son resultado de la erosión laminar prolongada que sufre la parte superficial y subsuperficial de los suelos, que al estar expuestas al impacto continuo de las gotas de lluvia provocan el afloramiento de capas endurecidas de diversos materiales.

La roturación está orientada principalmente para facilitar la plantación y recuperación de la vegetación, porque no es necesario trabajar el total de la superficie sino solo franjas sobre las cuales se realizará la plantación, separadas según la densidad deseada. En los casos en que exista material parental consolidado en todo el perfil no conviene realizar la práctica.

Prácticas vegetativas

2.7.3.10.- Cortinas rompevientos

Son plantaciones alineadas en forma perpendicular a las corrientes del viento. Se establecen con cuatro o más hileras de árboles y arbustos para formar una barrera lo suficientemente alta y densa para disminuir significativamente la velocidad del viento, detener el material acarreado por el viento y proteger al suelo de la acción erosiva del viento (Figura II.11).

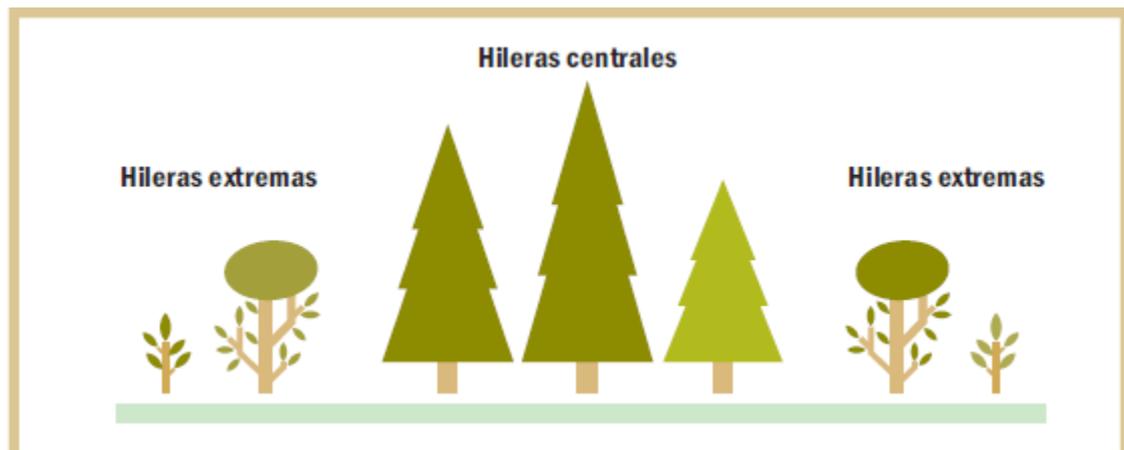


Figura II.11.- Formación de una cortina rompevientos

El diseño de una cortina rompevientos debe estar en función de la velocidad máxima que alcanzan los vientos. Las cortinas se ubicarán y orientarán en sentido perpendicular a las corrientes de aire y deben tener una forma preferentemente trapezoidal, se deben utilizar especies arbóreas en la parte central y arbustos de menor talla en los extremos.

2.7.3.11.- 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 Ramachandran Nair, 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 II.12.- 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, favoreciendo la conservación y protección del suelo, incremento en general de la fertilidad del suelo.

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, etc.).

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 *Prosopis* spp. 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.

2.7.3.12.- Acomodo de material vegetal muerto

Consiste en formar cordones a nivel de material vegetal muerto resultante del aprovechamiento forestal, podas, pre aclareos, aclareos y material incendiado. El acomodo de estos materiales proporciona protección del suelo, evita la erosión hídrica, disminuye el escurrimiento superficial e incrementa el contenido de humedad en el suelo, lo que favorece la regeneración natural (Figura II.13).



Figura II.13.- Acomodo de material vegetal muerto

III. DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

3.1.- UBICACIÓN DEL ÁREA

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

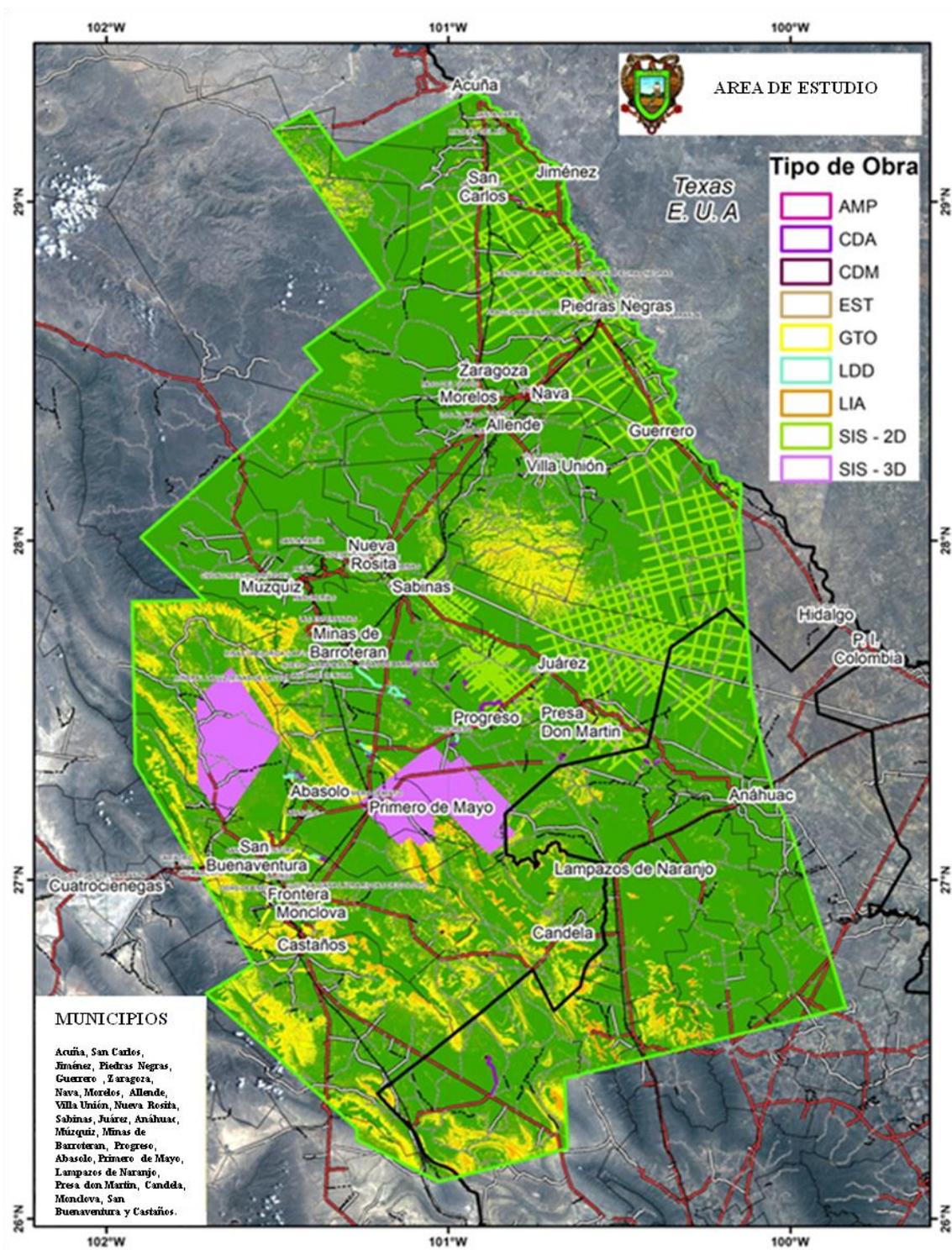


Figura III.1.- Area de estudio.

3.2.- CLIMA

El clima dominante en el área de estudio corresponde a la fórmula climática $BS_o(h^{\wedge})(x^{\wedge})$ 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.- Tipos de clima en el área de estudio

TIPO DE CLIMA	DESCRIPCIÓN
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 Múzquiz. Generalmente se presentan de 23 a 40 días con lluvia al año. En la siguiente figura podemos observar el comportamiento de la temperatura y precipitación promedio.

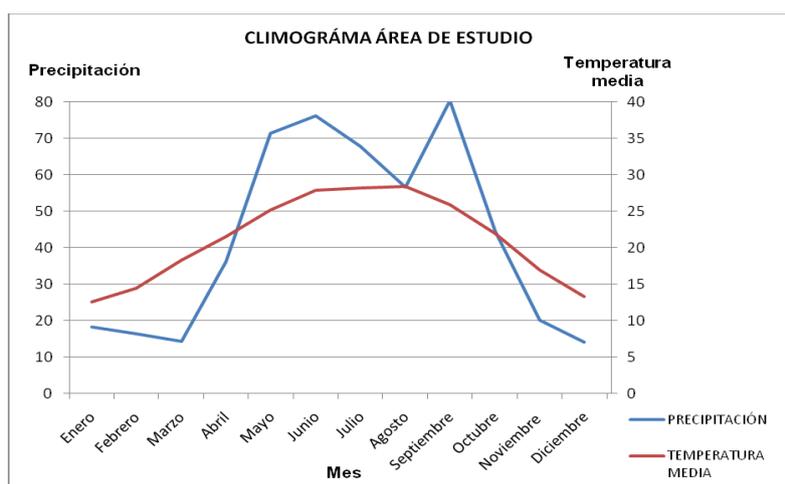


Figura III.2.-Climogramadel área de estudio.

3.3.- FISIOGRAFÍA

Las tofoformas 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

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 Presa 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 Múzquiz, 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 $Xk+Xl/3$), Xerosol háplico ($Xh/3$). 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 nutrientes 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.

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 (Villareal 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 *Lippia graveolens*, *Agave lechuguilla* y *Flourensiacernua* en las regiones de la porción sur y oeste y *Colubrina texensis* en las regiones del norte. Otros arbustos o árboles pequeños son: *Karwinskiahumboldtiana*, *Guaiacumangustifolium*, *Cercidiumtexanum*, *Ziziphusobtusifolia*, *Castela erecta*, *Opuntia leptocaulis*, *Citharexylumbrachyanthum*,

Acacia berlandieri, *A. farnesiana*, *A. constricta*, *A. greggii* y *Diospyros texana*, en el estrato herbáceo las gramíneas son el componente principal, se presentan en sitios abiertos o protegidas entre los arbustos, las más frecuentes son: *Bouteloua trifida*, *B. curtipendula*, *Aristida purpurea*, *Tridens muticus*, *T. texanus*, *Panicum hallii*, *Pleuraphis mutica*, *Hilaria belangeri* y *Pennisetum ciliare*, otras herbáceas comunes son: *Gnaphalopsismicropoides* y *Ruellianudiflora*.

IV. MATERIALES Y MÉTODOS

4.1.- TRABAJO DE CAMPO

4.1.1.- Establecimiento de parcelas para medición de la erosión

Al llegar al sitio donde se establecerá la nueva parcela, con el uso de un GPS, se georeferencia el nuevo punto (véase figura XI.1 capítulo XI Anexo fotográfico) y se toman datos de la vegetación predominante del lugar, así como algunas observaciones de carácter ambiental, con la ayuda de un cuadrante de 1 m² de superficie se comienza la instalación de las parcelas de monitoreo (véase figura XI.2 capítulo XI Anexo fotográfico) para la determinación de erosión.

Por cada parcela que se establece se colocan la cantidad de 10 clavos de 8 pulgadas y rondanas de 3/8", los clavos se dejan a 10 cm de altura desde la cabeza del clavo hasta la base de la rondana, quedando listos para ser medidos al siguiente monitoreo, una vez que se terminó de establecer el sitio se coloca en uno de los clavos una banderilla (véase figura XI.3 capítulo XI Anexo fotográfico), la cual se construye con alambre galvanizado y cinta de aluminio para que las parcelas queden perfectamente identificadas en campo, en la banderilla debe de llevar datos como: Número de sitio, Fecha, Nombre del sitio, con esto se evita confusiones en monitoreos posteriores.

4.1.2.- Medición de la erosión en parcelas establecidas con anterioridad

Una vez que se localizó el sitio de muestreo, con ayuda de un GPS se toman las coordenadas, así como datos de la vegetación predominante del lugar y observaciones percatadas.

Haciendo uso de un flexometro, se hace la medición de los clavos desde la base de la rondana que toca el suelo hasta la altura de la cabeza del clavo (véase figura XI.4 capítulo XI Anexo fotográfico), los sitios que hayan sufrido alguna alteración, ya sea que los clavos hayan sido movidos o extraviado, se reponen de tal manera que el sitio quede nuevamente bien instalado, las observaciones correspondientes se anotan en los formatos de campo.

Una vez que se termina la medición de la altura de los clavos y se tomen los datos de la parcela, se utiliza una banderilla de aluminio con el objeto de que el sitio quede identificado.

4.1.3.- Toma de muestras de mantillo orgánico

La toma de muestras de mantillo orgánico, se realiza en una superficie no mayor de 1 m²(véase figura XI.5 capítulo XI Anexo fotográfico) ceca de las parcelas de medición de erosión, en caso de que la cantidad de mantillo orgánico existente en el área no sea la suficiente como para tomar una muestra representativa, se puede tomar el mantillo orgánico que se encuentra alrededor

Se recogen las muestras, utilizando una bolsa de papel N^o8, en una parte de la bolsa se anota el número de sitio (véase figura XI.7 capítulo XI Anexo fotográfico), la condición del área (impactada o no impactada) y la localidad, esto para no tener problemas al momento de estar en el laboratorio haciendo los análisis correspondientes

4.1.4.- Toma de muestras de suelo

Se toma una muestra de suelo en las áreas impactadas y no impactadas, cercanos a las parcelas de medición de erosión, 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 (véase figura XI.8 capítulo XI Anexo fotográfico), de donde posteriormente será 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 Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, las muestras son etiquetas, 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 (véase figura XI.9 capítulo XI Anexo fotográfico), 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 (véase figura XI.10 capítulo XI Anexo fotográfico), con el objeto de reducir el impacto causado en el lugar.

4.2.- TRABAJO DE LABORATORIO

4.2.1.- Determinación de mantillo orgánico

Primeramente se pesan las muestras y se registran en un formato elaborado para llevar los registros de los pesos de las muestras (véase figura XI.11 capítulo XI Anexo fotográfico).

Las muestras se deben mantener a una temperatura constante, para lo cual se calibra la estufa a 70 °C, las muestras son metidas a la estufa y por tres días son sometidas a calor constante de 70 °C, registrando a las 24 horas el peso de cada una de estas.

4.2.2.- Metodología para la determinación de materia orgánica

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 , el cual consiste en pesar 560 gramos del mismo, después de haber pesado los 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 (véase figura XI.13 capítulo XI Anexo fotográfico).

El primer paso para la preparación de la solución de Dicromato de potasio $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$, 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 (véase figura XI.14 capítulo XI Anexo fotográfico).

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 (véase figura XI.15 capítulo XI Anexo fotográfico).

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 (véase figura XI.16 capítulo XI Anexo fotográfico).

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 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 en la mezcla al adicionar el H_2SO_4 .

Media hora después, cuando las muestras se hayan enfriado, se le agrega a cada una 200 ml de agua destilada, después se procede a agregar 4 gotas de colorante Ortofenatrolina (véase figura XI.17 capítulo XI Anexo fotográfico).

Al final cada una de las muestras se titulan con Sulfato Ferroso, es decir, se registra el volumen gastado por cada muestra hasta el cambio de coloración, es cuando se cierra el paso del Sulfato ferroso y se toma la lectura de cuanto se gastó en cada muestra, para posteriormente realizar el cálculo (véase figura XI.18 capítulo XI Anexo fotográfico). Este se hace tomando como referencia el gasto de Sulfato ferroso por un testigo, sin suelo.

V. RESULTADOS

5.1.- CAMBIOS EN LOS USOS DEL SUELO

La construcción de infraestructura de tipo permanente de PEMEX – Exploración y Producción en la Cuenca Sabinas – Área Piedras Negras ha traído cambios en los usos del suelo, como es el caso de los Cuadros de Maniobras, Líneas de Descarga, Gasoductos, Caminos de Acceso, Estaciones de recolección, líneas eléctricas, líneas de inyección de agua y las Sísmicas. No solo las actividades realizadas por PEMEX– Exploración y Producción ocasionan cambios en los usos del suelo en el área de la Cuenca de Sabinas - Área Piedras Negras, existen otras diferentes como principalmente las actividades extractivas de la minería, el crecimiento de las áreas urbanas y asentamientos rural-urbanos. Bajo este supuesto se realizó una comparación de la carta de usos del suelo y vegetación Serie II (del INEGI) y la misma carta pero actualizada en los polígonos urbanos y asentamientos humanos de mayor tamaño, y las áreas afectadas por actividades extractivas, como se podrían apreciar en imágenes de satélite, y ortofotos digitales, obteniendo de esta manera los cambios debido a la expansión de estas dos actividades que se presenta en la tabla .2 donde podemos observar en el caso de los asentamientos humanos y de actividades extractivas, para el primer caso tenemos que la vegetación más afectadas han sido el Matorral Desértico Micrófilo, Matorral Desértico Rosetófilo y el Matorral Espinoso Tamaulipeco principalmente. En el caso de las actividades extractivas, los tipos y/o usos del suelo más afectados son el Matorral Espinoso Tamaulipeco, Matorral desértico Rosetófilo, Matorral Desértico Micrófilo, mezquital, Pastizal Natural y Pastizal cultivado.

Tabla 2.- Tipos de vegetación y/o usos del suelo afectados por el crecimiento de los asentamientos humanos y las actividades extractivas (Aprovechamientos de carbón mineral y Gas natural).

TIPOS DE VEGETACIÓN	ACTIVIDADES HUMANOS		ACTIVIDADES EXTRACTIVAS	
	HAS	%	HAS	%
Agricultura De Riego	728.85	2.44%	38.9992	3.06%
Agricultura De Riego Eventual	10.87	0.04%	1.4104	0.11%
Agricultura De Temporal	152.9	0.51%	10.6386	0.84%
Bosque De Encino	23.73	0.08%	2.7446	0.22%

TIPOS DE VEGETACIÓN	ACTIVIDADES HUMANOS		ACTIVIDADES EXTRACTIVAS	
	HAS	%	HAS	%
Bosque De Galería	0.42	0.00%	1.6742	0.13%
Cuerpo De Agua	9.78	0.03%	2.8029	0.22%
Huizachal	0.09	0.00%	0.1371	0.01%
Matorral Desértico Micrófilo	995.11	3.34%	160.6104	12.62%
Matorral Desértico Rosetófilo	610.52	2.05%	14.2589	1.12%
Matorral Espinoso Tamaulipeco	1,019.34	3.42%	754.7096	59.30%
Matorral Submontano	97.58	0.33%	27.84	2.19%
Mezquital	59.81	0.20%	57.7071	4.53%
Pastizal Cultivado	168	0.56%	59.5882	4.68%
Pastizal Halófilo	285.64	0.96%	9.2945	0.73%
Pastizal Inducido	235.06	0.79%	13.2498	1.04%
Pastizal Natural	92.36	0.31%	52.6775	4.14%
Vegetación Halófila	172.66	0.58%	31.2726	2.46%
Vegetación De Desiertos Arenosos	146.44	0.49%	9.33	0.73%
Vegetación De Galería	38.35	0.13%	0.8598	0.07%
Zonas Urbanas	24,803.29	83.20%	21.3006	1.67%
Área De Riego Suspendido	150.18	0.50%	1.4140	0.11%
Área Sin Vegetación Aparente	11.62	0.04%	0.1522	0.01%
	29,812.62	100.00%	1,272.6722	100.00%

* Este apartado referente a la Zona Urbana ya fue considerado en los cambio de uso de suelo del primer informe de monitoreo y vigilancia ambiental, es por esto que solo se menciona de esta manera para los dos tipos de actividades.

5.2.- EROSIÓN PUNTUAL POR SITIO DE OBRA.

La Figura V.1 muestra el comportamiento erosivo del periodo octubre 2010 a septiembre de 2011, en donde podemos observar que en todos los tipos de las obras, el valor promedio de erosión se mantuvo debajo de 3.01 ton/ha/año, presentándose mayor erosión en las áreas no impactadas en las sísmicas, caminos de acceso, gasoductos y estaciones. Por el contrario los caminos de acceso y las líneas de descarga presentaron mayores valores de erosión en las áreas no impactadas.

En las áreas no impactadas de los caminos de acceso (en lo sucesivo CDA) se presentó una erosión de 1.56 ton/ha/año mientras que las áreas impactadas resultaron más afectadas con un promedio de erosión de 2.69 ton/ha/año. El grado de erosión en áreas no impactadas de los Cuadros de Maniobras (en lo sucesivo CDM) fue superior a las áreas impactadas ya que la primera fue de 2.62 ton/ha/año mientras que en la segunda la erosión fue de 1.81 ton/ha/año. Los valores promedio más elevados de erosión se registraron en las estaciones con 3.01 ton/ha/año en las áreas impactadas y 2.74 ton/ha/año en las no impactadas. En los gasoductos (en lo sucesivo GTO) el área no impactada presentó menor grado de erosión que las áreas impactadas ya que la primera fue de 0.66 ton/ha/año mientras que la segunda fue de 1.05 ton/ha/año. Las Líneas de Descargas (en lo sucesivo LDD) las áreas no impactadas presentaron mayor pérdida de suelos con 1.84 ton/ha/año y las áreas impactadas fue de 1.29 ton/ha/año, caso contrario para las obras sísmicas en las que las áreas no impactadas presentaron una erosión de 0.28 ton/ha/año menor que las áreas impactadas ya que esta fue de 1.58 ton/ha/año.

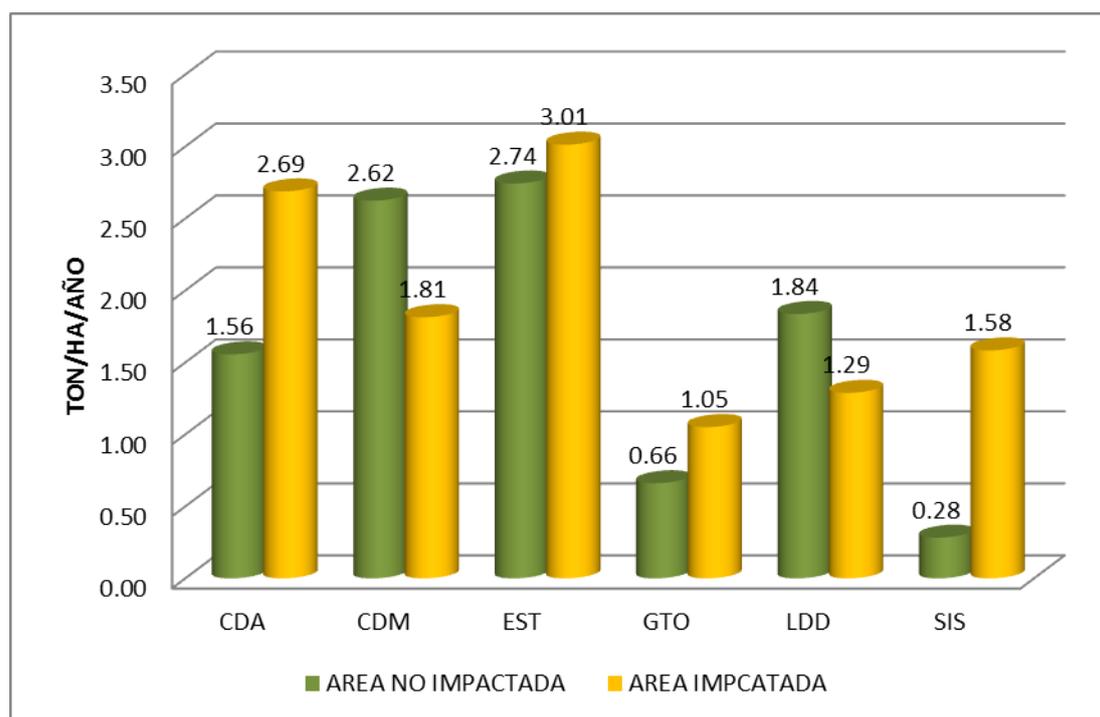


Figura V.1.- Comportamiento promedio de la erosión por tipo de obra en áreas naturales e impactadas (periodo octubre 2010 – septiembre 2011).

En la figura V.2 se ilustra el comportamiento promedio de la erosión por tipo de obra para el presente monitoreo (periodo de octubre 2011 – septiembre 2012), donde se

puede apreciar que el área impactada de los cuadros de maniobra tuvo el valor mayor de erosión, el cual fue de 6.62 ton/ha/año, En la ilustración se muestra que el área impactada de los caminos de acceso (CDA), cuadros de maniobra (CDM), estaciones (en lo sucesivo EST), sistemas de inyección de agua congénita (en lo sucesivo SDI/T) y las brechas exploratorias (en lo sucesivo SIS) mostraron un comportamiento de erosión mayor con respecto al área natural. Por otro lado el área natural de los gasoductos (GTO) y las líneas de descarga (LDD) encontramos que los valores de erosión son mayores que los del área impactada. Además también encontramos que en el área no impactada del SDI/T y de las SIS no hubo valores de erosión.

En los caminos de acceso CDA se presentó una erosión de 3.52 ton/ha/año en el área impactada mayor al valor del área natural el cual fue de 1.52 ton/ha/año. En los cuadros de maniobra CDM la erosión en áreas impactadas fue de 6.62 ton/ha/año mientras que las áreas naturales fue 5.02 ton/ha/año menor al del ara impactada. Los valores promedio de las estaciones EST fueron 3.37 ton/ha/año para el área impactada y 2.76 ton/ha/año para el área natural siendo mayor la erosión en el área impactada. Para los gasoductos encontramos que la erosión fue mayor en el área natural siendo un valor de 3.54 ton/ha/año y para el área impactada fue de 2.75 ton/ha/año. El valor promedio del área natural de las líneas de descarga LDD presento mayor grado de erosión que las área impactadas ya que la fue de 5.29 ton/ha/año mientras que el valor de la otra área fue de 3.87 ton/ha/año. Las áreas impactadas SDI/T presentaron mayor pérdida de suelos con 2.59 ton/ha/año y las áreas impactadas no presentaron erosión, al igual que el tipo de obra anterior, las SIS no presentaron erosión en el área natural y en el área impactada se registró un valor promedio de 2.57.

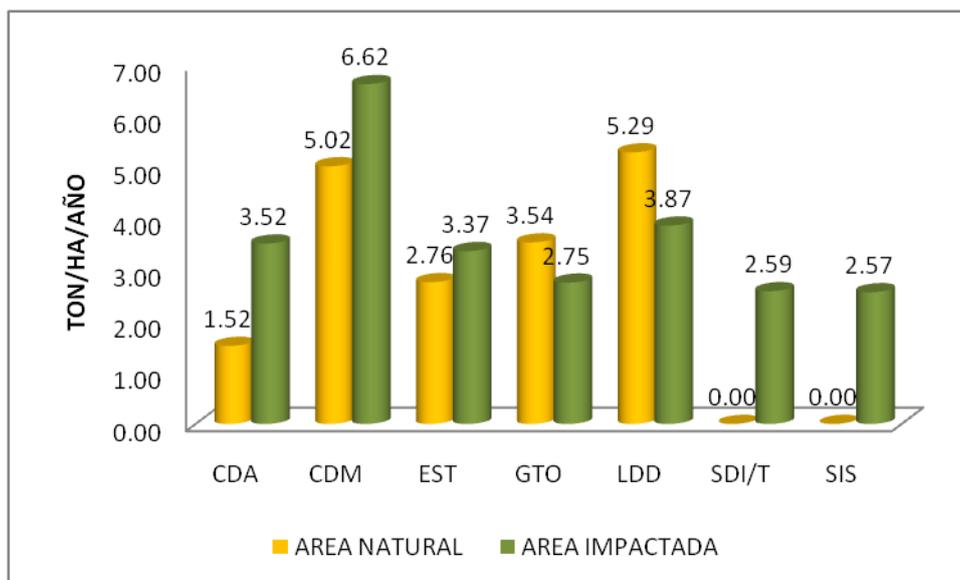


Figura V.2.- Comportamiento promedio de la erosión por tipo de obra en áreas naturales e impactadas (periodo octubre 2011 – septiembre 2012).

Se encontraron resultados que indican deposiciones en las diferentes obras de la zona de estudio. En general los diferentes tipos de obras monitoreadas durante este período no presentaron grandes diferencias de deposiciones de suelo entre las áreas naturales y las áreas impactadas, para el informe de monitoreo (octubre de 2010 a septiembre de 2011) se observa que no se registraron deposiciones en las áreas impactadas de los caminos de acceso y que el valor más bajo se presentó en las áreas impactadas de los cuadros de maniobras con 0.28 ton/ha/año y el más alto igualmente en las áreas impactadas de las líneas de descarga. En cuanto a las obras caminos de acceso CDA, cuadros de maniobra CDM, líneas de descarga LDD y brechas exploratorias SIS la deposición se mantuvo en valores cercanos y por debajo de 1.0 ton ton/ha/año (Véase figura V.3).

Las parcelas establecidas en áreas no impactadas donde la pendiente favorece el movimiento del mantillo orgánico del lugar hacia las mismas, causando la deposición de suelo, generando de esta manera una ganancia de suelos en donde fueron ubicadas las parcelas.

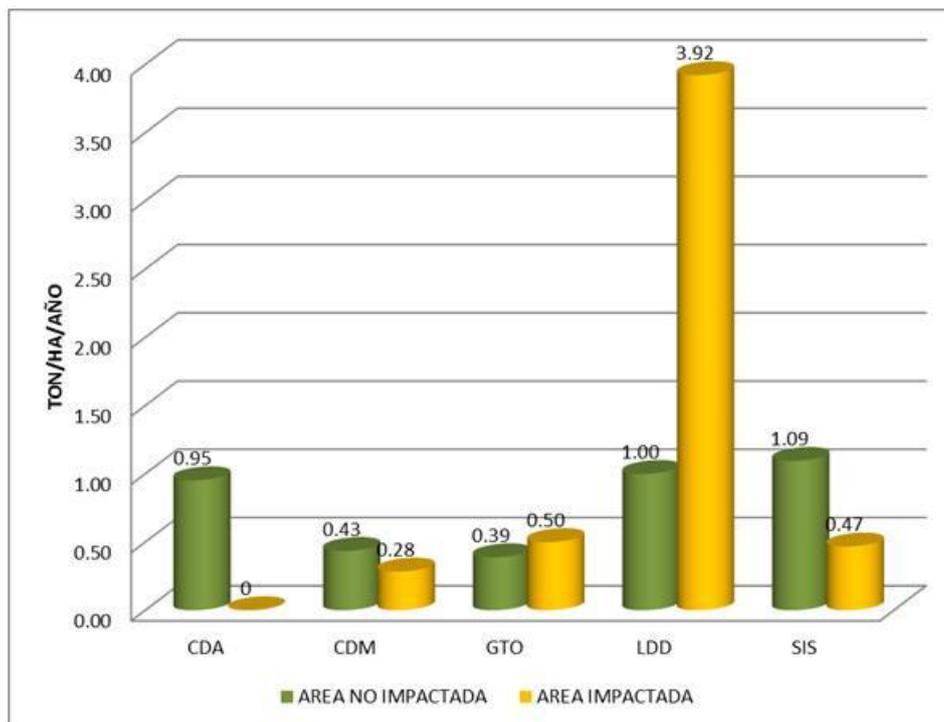


Figura V.3 Depositiones de suelo por tipo de obra en áreas naturales e impactadas (octubre 2010 a septiembre 2011).

A continuación en la figura V.4 se muestran las deposiciones en los diferentes tipos de obra para el presente monitoreo, (periodo Octubre 2011 – Septiembre 2012), donde podemos apreciar que el valor promedio de deposición se encuentra en el área impactada de los caminos de acceso, en cuanto al valor más bajo lo encontramos en el área natural de las estaciones y en las dos áreas de los gasoductos donde los valores promedio nos indican que no hubo deposiciones.

En la figura podemos apreciar que las deposiciones en los caminos de acceso fueron mayor para el área impactada con un valor de 7.02 Ton/ha/Año que las del área natural cuyo valor fue de 1.69. Ton/ha/Año. En los cuadros de maniobra los valores promedio de deposición de suelo fueron 1.53 Ton/ha/Año para el área natural y 1.40 Ton/ha/Año para el área impactada teniendo más deposición en el área impactada. En cuanto a las estaciones el área natural no presentó deposiciones y el valor del área impactada fue de 0.11 Ton/ha/Año. Los gasoductos no presentaron valores de deposición tanto en el área natural como en la impactada. Para las líneas de descarga los valores de deposición fueron de 5.30 Ton/ha/Año para el área natural teniendo un valor mayor que el área impactada el cual fue de 1.43 Ton/ha/Año, por último en las brechas exploratorias el

área impactada presento un valor de 1.76 Ton/ha/Año el cual fue menor que el del área impactada que fue de 1.76 Ton/ha/Año.

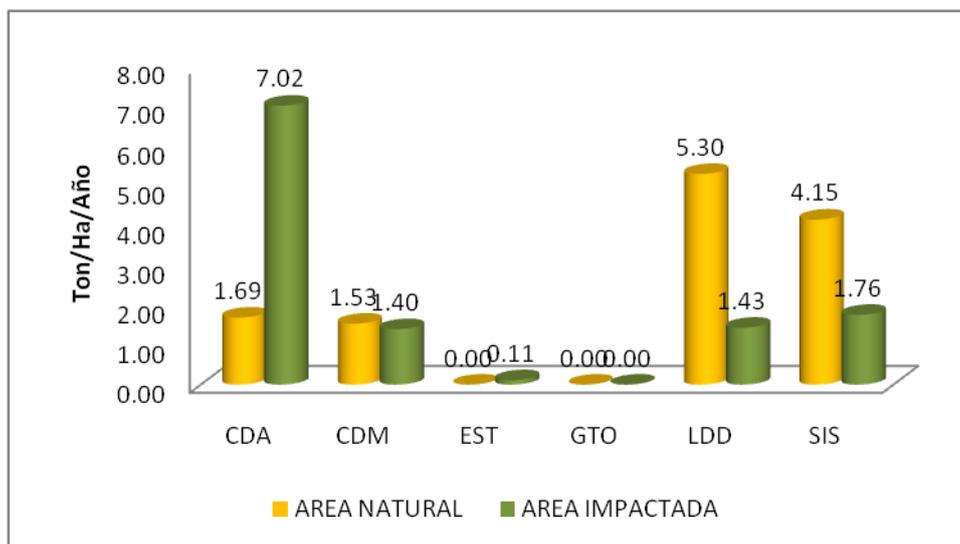


Figura V.4.- Depositiones de suelo por tipo de obra en áreas naturales e impactadas (octubre 2011 a septiembre 2012).

Las parcelas establecidas en áreas impactadas que mostraron deposiciones, de acuerdo a lo que se observó en campo, fueron situadas en lugares cercanos a alteraciones o irregularidades en la superficie del suelo causados por la operación de maquinaria pesada. Estas irregularidades en la forma de bordeado irregular, los cuales al no estar consolidados ni protegidos con cubierta vegetal, fueron arrastrados hacia las parcelas enterrando los clavos y generando de esta manera una ganancia cuando se registraron los datos. Esta circunstancia generó un aparente comportamiento de deposición de suelo, que no puede respaldar que estén ocurriendo procesos de sedimentación en las obras donde se presentó deposición de suelo en las parcelas establecidas en ellas.

5.3.- CANTIDAD DE MANTILLO ORGÁNICO EN EL SUELO

En la siguiente grafica podemos observar el comportamiento del mantillo orgánico periodo octubre 2010 a septiembre 2011, se puede apreciar que la cantidad de este es mayor en el área no impactada para las siguientes obras caminos de acceso, cuadros de maniobra, gasoductos, líneas de descarga, en las brechas de exploración y estaciones, mientras que en la línea eléctrica fue mayor el resultado en el área impactada además también podemos observar que el valor más alto en cuanto a mantillo orgánico es de

0.58 Ton/Ha/Año que le corresponde al área no impactada de las sísmicas y el valor más bajo de 0.24 Ton/Ha/Año que le pertenece a el área no impactada de las estaciones.

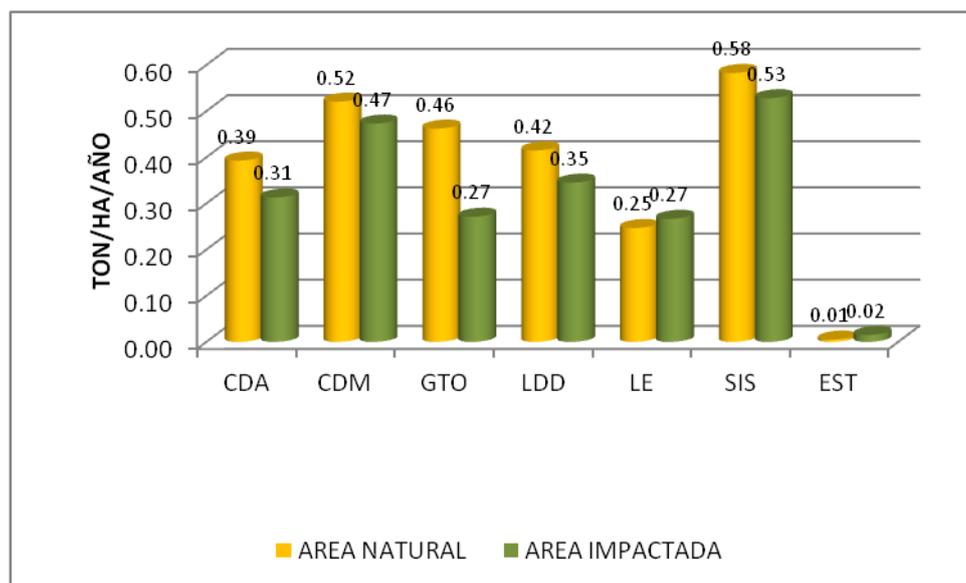


Figura V.5.- Comportamiento de la cantidad de mantillo orgánico en los diferentes tipos de obra estudiados, en áreas naturales y áreas impactadas (octubre 2010 a septiembre 2011).

El comportamiento del mantillo orgánico en las nuevas obras muestreadas en el 2011 se muestra en la siguiente figura, la proporción de esta propiedad del suelo es superior en las áreas no impactadas de los caminos de acceso, cuadros de maniobra, líneas de descarga, línea de recolección, y estaciones, mientras que en las brechas de exploración fue mayor el valor en áreas impactadas donde también tenemos el valor más alto de todas la obras en cuanto a contenido de mantillo orgánico que es de 1.15 Ton/Ha/Año y el más bajo nuevamente en las áreas impactadas de las estaciones con .23 ton/ha/año.

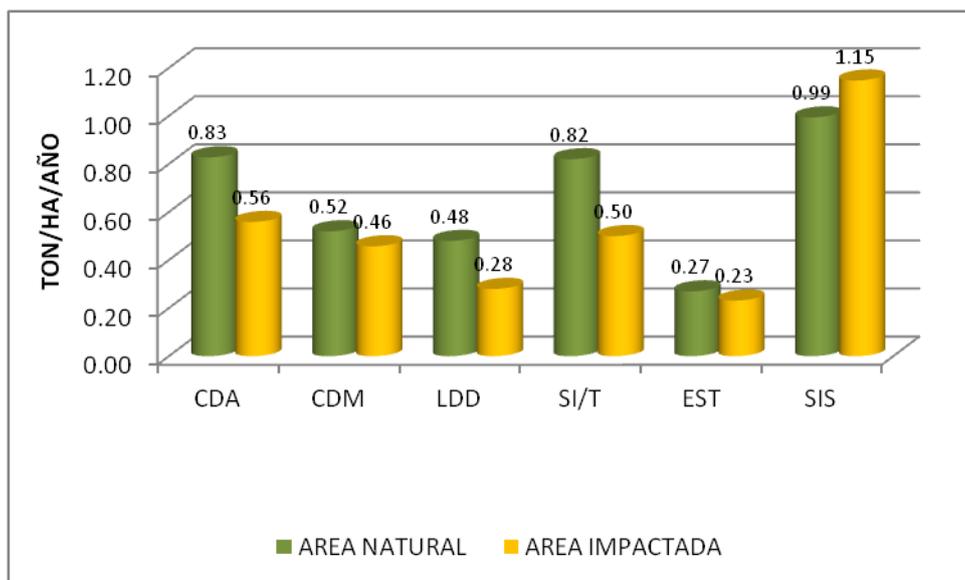


Figura V.6.- Comportamiento de la cantidad de mantillo orgánico en los diferentes tipos de obra de nuevos sitios estudiados, en áreas naturales e áreas impactadas (septiembre 2011).

En la Figura V.7 se grafica el comportamiento del mantillo orgánico, muestreado en la diferentes obras periodo octubre 2011 a septiembre 2012, en la figura se puede apreciar que en las áreas naturales, se presenta la mayor acumulación de mantillo orgánico, siendo las sísmicas las únicas obras que presentan una mayor acumulación de mantillo en las áreas impactadas con 0.47 Ton/Ha/Año, cabe mencionar que la mayor acumulación de mantillo es de 0.62 Ton/Ha/Año, presente en los gasoductos, y la menor presencia de mantillo se encuentra en las estaciones de recolección, con 0.23 Ton/Ha/Año.

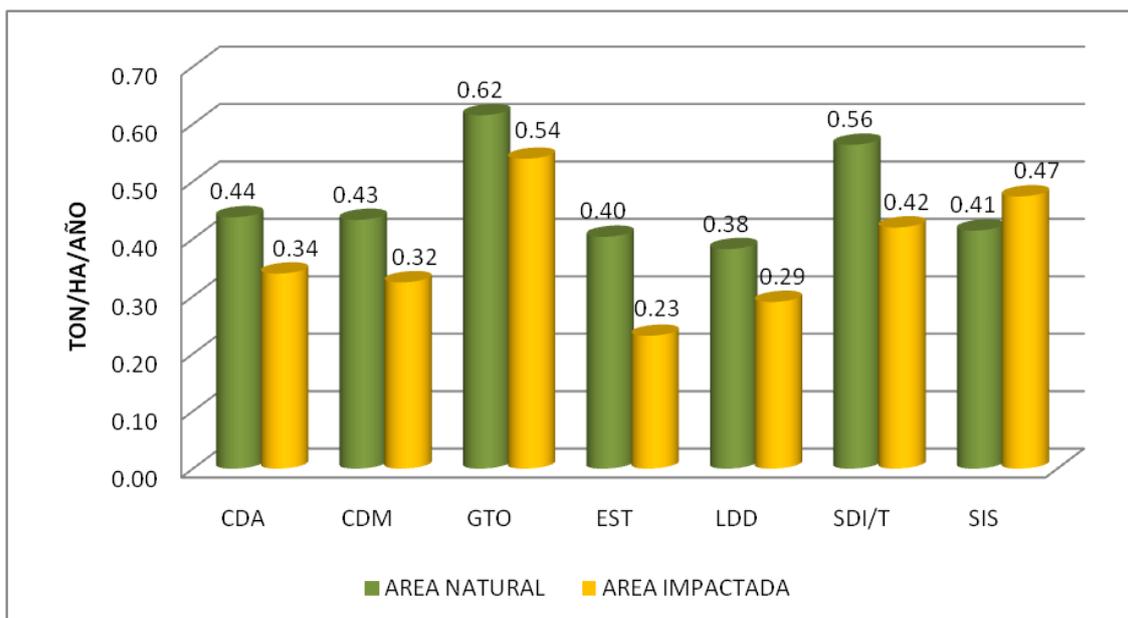


Figura V.7.- Comportamiento de cantidad del mantillo orgánico en los diferentes tipos de obras estudiados, en áreas naturales y áreas impactadas (octubre 2011 a septiembre 2012).

El comportamiento del mantillo orgánico en las nuevas obras realizadas en el periodo del informe Octubre del 2011 a Septiembre del 2012, se presentan en la gráfica de la Figura V.8, en la cual se puede apreciar claramente que los valores oscilan de 0.29 Ton/Ha/Año a 1.39 Ton/Ha/Año, este último valor corresponde a las áreas impactadas de las obras de Sistemas de Inyección de Trasiego, mientras que en las demás obras el comportamiento del mantillo orgánico fue mayor en las áreas naturales.

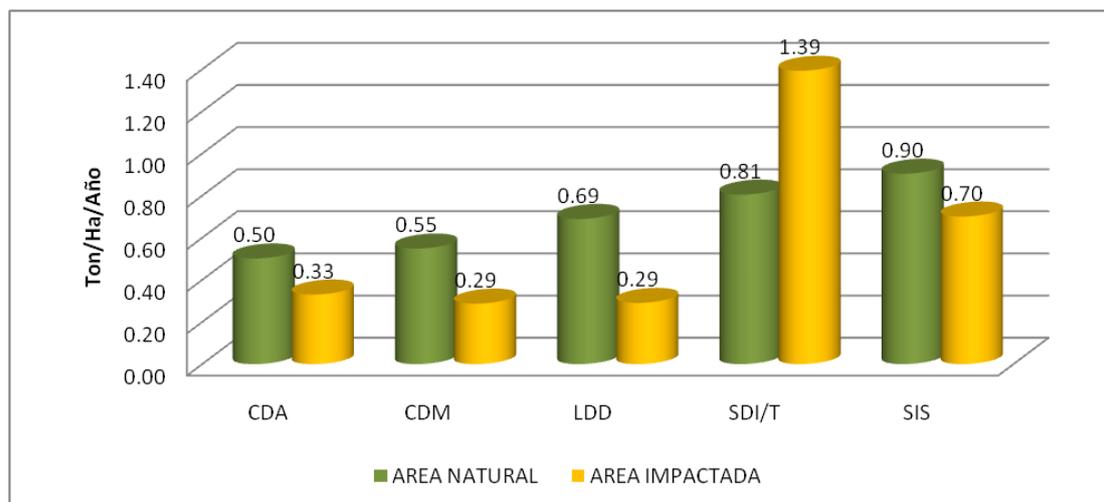


Figura V.8.- Comportamiento de la cantidad de mantillo orgánico en las nuevas obras realizadas de octubre del 2011 a septiembre del 2012 en áreas naturales y áreas impactadas.

5.4.- MATERIA ORGÁNICA.

En la siguiente figura se muestra el comportamiento del contenido de materia orgánica (en lo sucesivo M.O.) en las obras analizadas para el informe de monitoreo y vigilancia ambiental periodo octubre 2010 a septiembre 2011, donde se puede notar perfectamente la tendencia numérica que siguió esta propiedad del suelo, en la que las áreas no impactadas se presentaron valores superiores a las áreas impactadas.

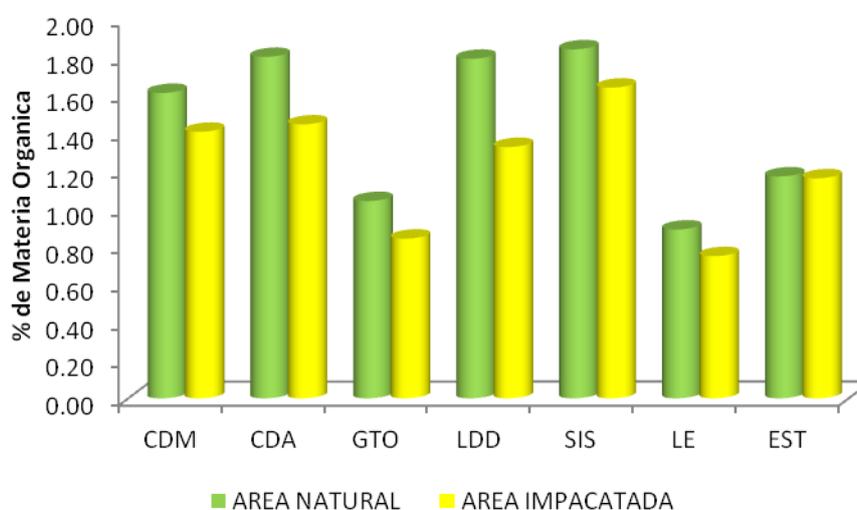
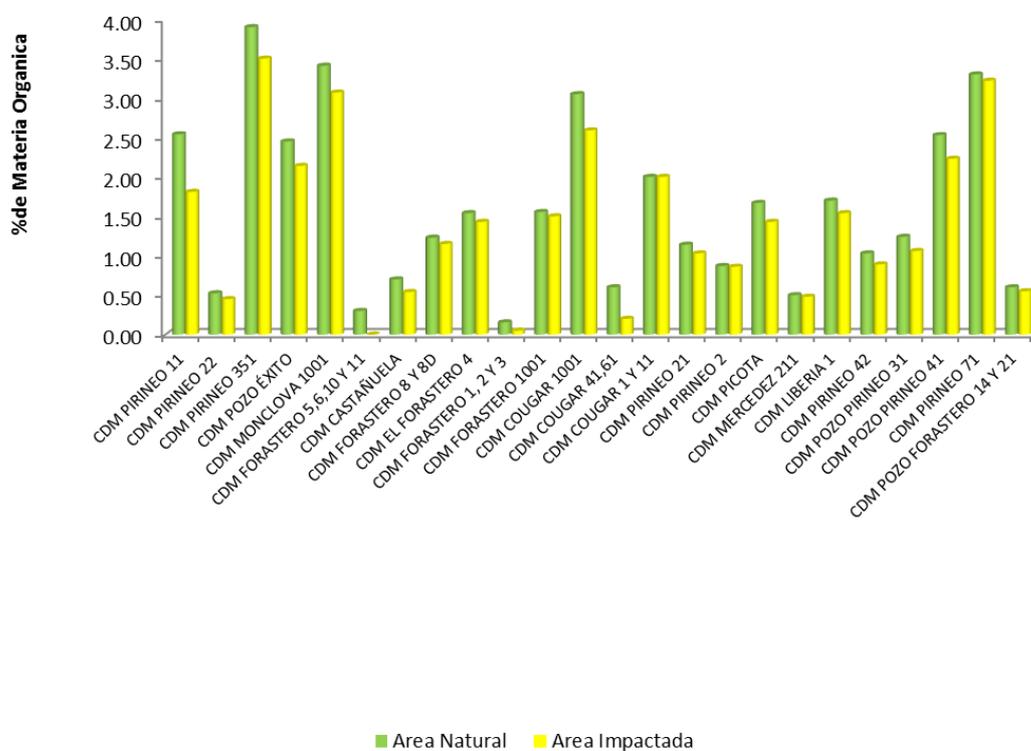


Figura V.9.- Porcentaje de materia orgánica por tipo de obra, en áreas naturales y áreas impactadas correspondientes al periodo octubre 2010 a septiembre 2011.

Los valores promedio menores en porcentaje de materia orgánica(M.O.) se registraron en los gasoductos con 1.04 y 0.84% para las áreas naturales e impactadas respectivamente.

La tendencia del contenido de materia orgánica que presentan CDM en la las obras estudiadas en este periodo (Figura V.10), presentan diferencia numérica en los resultados obtenidos en el análisis de laboratorio hecho, pero en cuanto a la categoría correspondiente son medianamente rico en contenido de materia orgánica para la mayoría de estas obras.



FiguraV.10.- Porcentaje de materia orgánica en los cuadros de maniobras, en áreas naturales y áreas impactadas correspondientes de octubre 2010 a septiembre 2011.

En la siguiente figura se puede apreciar con claridad la tendencia que siguen los caminos de acceso en la propiedad del suelo en estudio, las obras estudiadas en este periodo presentan diferencia numérica en los resultados obtenidos en el análisis de laboratorio hecho, pero en cuanto a la categoría correspondiente es medianamente rico en contenido de materia orgánica para la mayoría de estas obras.

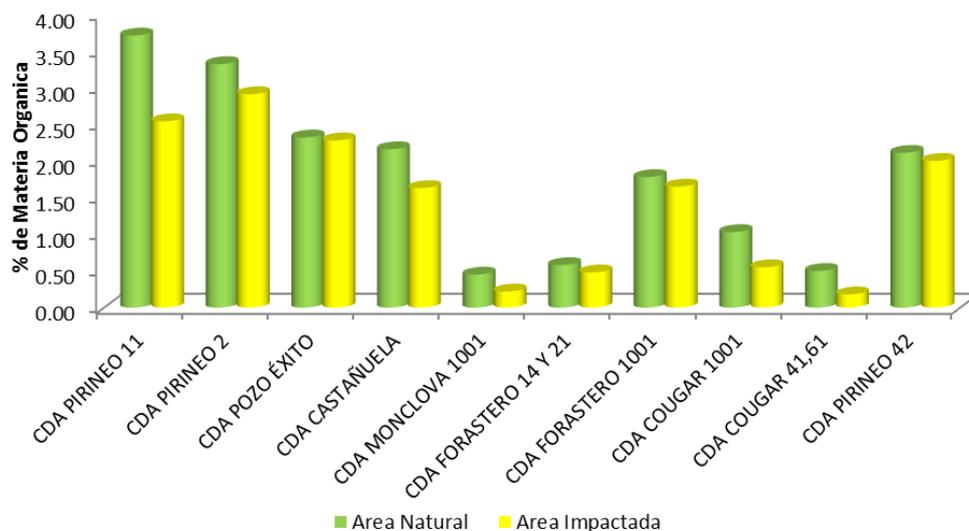


Figura V.11.- Porcentaje de materia orgánica en los caminos de acceso, en áreas naturales y áreas impactadas correspondientes al octubre 2010 a septiembre 2011.

En la figura V.12 correspondiente al comportamiento en porcentaje de materia orgánica (M.O.) en las líneas de descargas, predominan valores superiores de materia orgánica en las áreas no impactadas que las impactadas, además en el área natural de la línea de descarga LDD Pirineo 2 la clasificación del porcentaje de materia orgánica fue la más alta. En cuanto a los gasoductos todos contienen mayor cantidad de materia orgánica en el área no impactada. En las líneas de descarga las categorías que predominaron fueron medianamente pobre y medianamente rico en cuanto a los gasoductos la categoría mediano fue la que predominó.

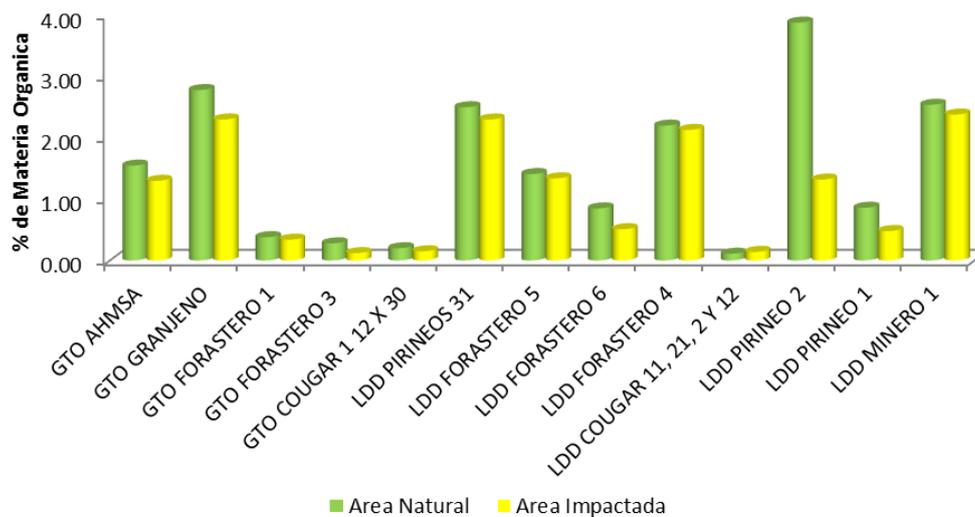


Figura V.12.- Porcentaje de materia orgánica en las líneas de descarga, y gasoductos en áreas naturales y áreas impactadas correspondientes al octubre 2010 a septiembre 2011.

En la figura V.13 se aprecia con claridad el contenido de materia orgánica para las diferentes sísmicas estudiadas durante el periodo de Octubre del 2010 a Septiembre del 2011. Existe diferencia numérica entre las dos condiciones (natural e impactada), pero en cuanto a la categoría correspondiente la mayoría son medianamente ricos.

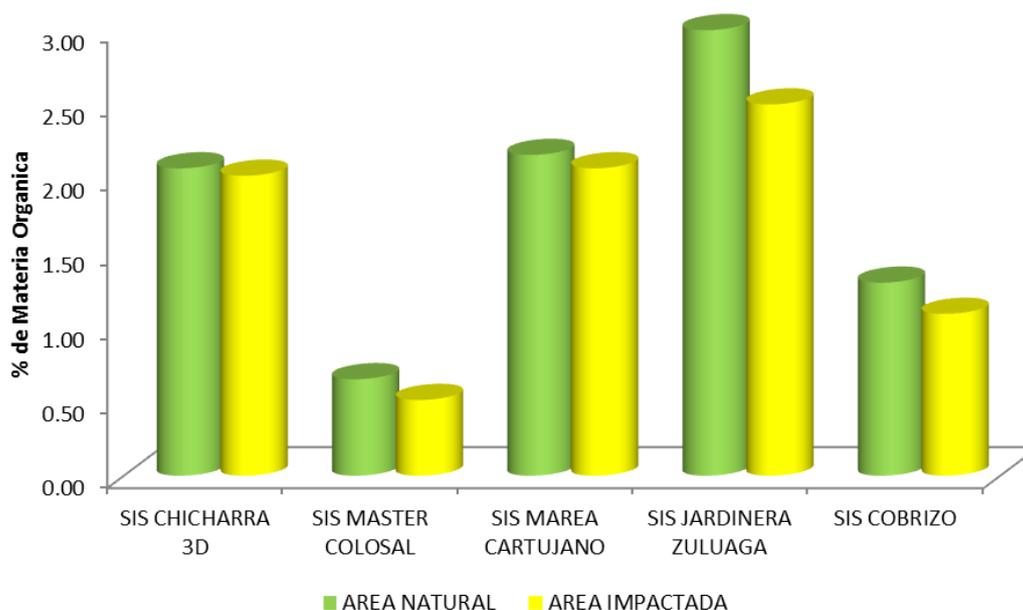


Figura V.13 Porcentaje de materia orgánica en las sísmicas, en áreas naturales y áreas impactadas correspondientes al periodo octubre 2010 a septiembre 2011.

Tabla 3.- Valores promedio y su categoría correspondiente en contenido de materia orgánica para áreas naturales e impactadas por tipo de obra (octubre de 2010 a setiembre de 2011).

TIPO DE OBRA	ÁREA NATURAL		ÁREA IMPACTADA	
	PROMEDIO (%M.O)	CATEGORÍA	PROMEDIO (%M.O)	CATEGORÍA
CDM	1.61	Mediano	1.41	Mediano
CDA	1.80	Mediano	1.44	Mediano
GTO	1.04	Mediano	0.84	Mediano
LDD	1.79	Mediano	1.33	Mediano
SIS	1.84	Mediano	1.64	Mediano
LE	0.89	Medianamente Pobre	0.75	Medianamente Pobre
EST	1.17	Mediano	1.16	Mediano

En la Tabla 3 se muestran siete diferentes tipos de obras que fueron estudiadas, en el presente monitoreo, los valores obtenidos muestran diferencia solamente numérica, pero en cuanto a la categoría correspondiente a la mayoría fue mediano.

En el periodo de Octubre de 2011 a Septiembre de 2012, el comportamiento de la cantidad de materia orgánica presenta un porcentaje promedio de 1.79% tanto en áreas impactadas como en las áreas naturales, en la Figura V.14 se puede apreciar claramente que en las obras CDA y GTO (Caminos de acceso y Gasoductos), el porcentaje de materia orgánica es mayor en las áreas impactadas.

Como se observa en las dos Figuras, en la obra GTO (Gasoductos), se nota claramente que el porcentaje de materia orgánica, es superior en el actual monitoreo (Octubre 2011- Septiembre 2012), y sobresaliendo el valor del área impactada.

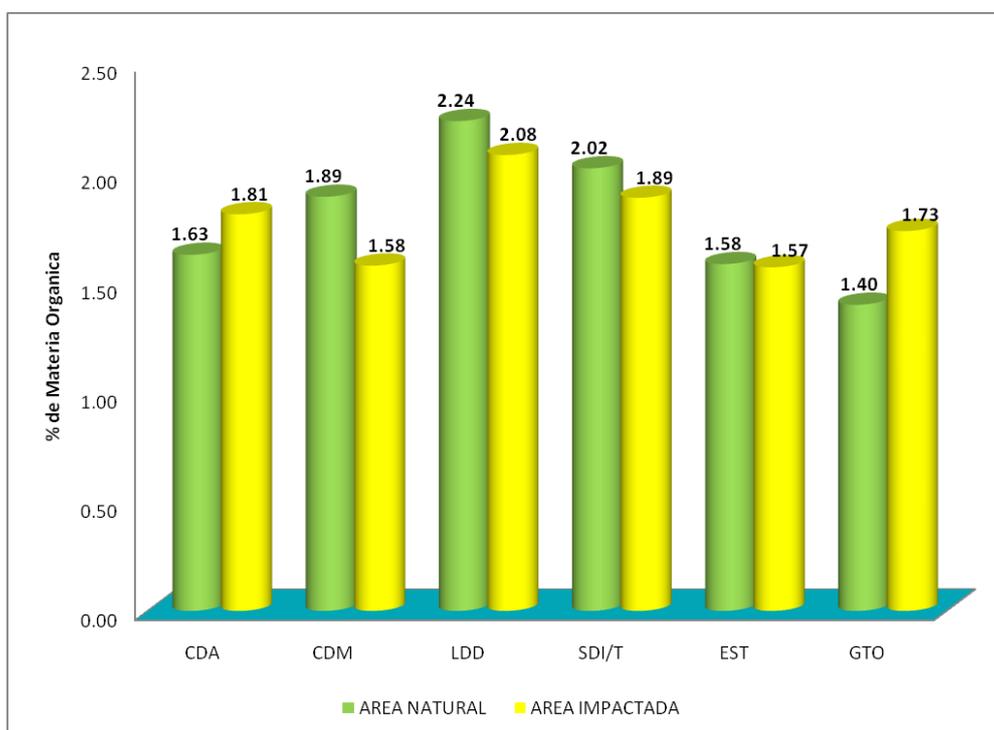
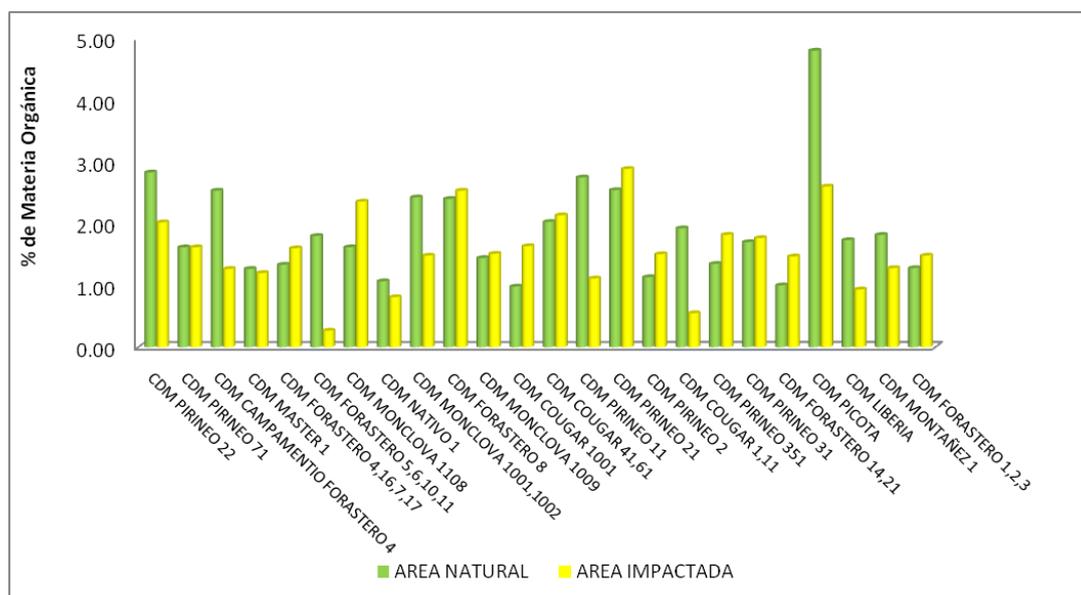


Figura V.14.- Porcentaje de materia orgánica por tipo de obra, en áreas naturales y áreas impactadas correspondientes al periodo octubre 2011 a septiembre 2012.

Enseguida se hace una comparación del comportamiento de la materia orgánica por tipo de obra, estudiadas en este periodo (Octubre 2011- Septiembre 2012).

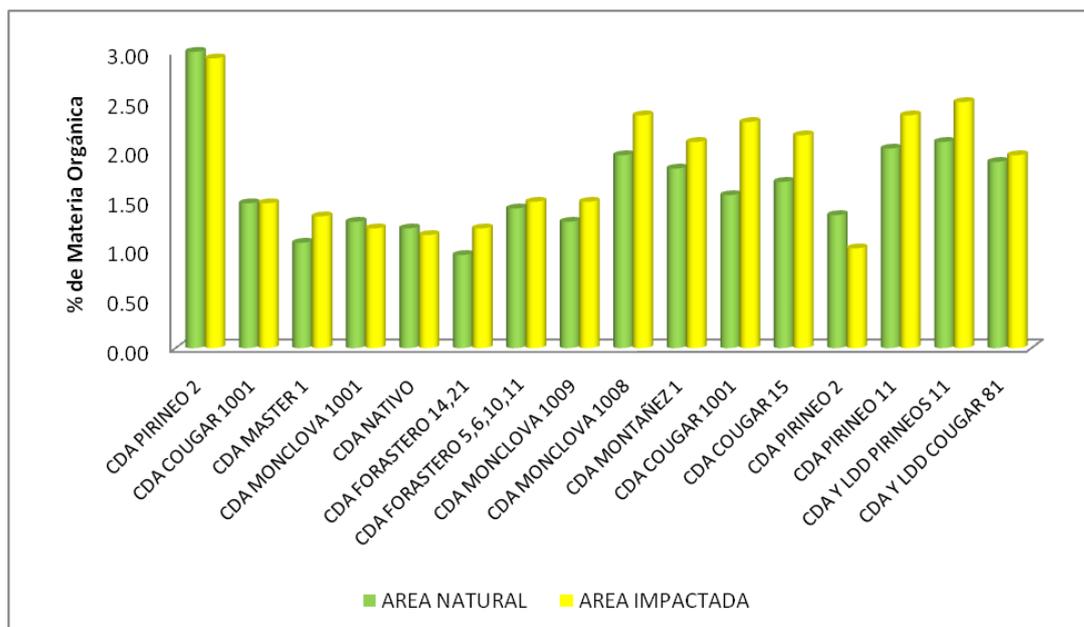
Primero se presenta gráficamente el porcentaje de materia orgánica, de los cuadros de maniobras, los cuales se pueden observar en la Figura V.15, en esta se puede observar, que en la mayoría de estas los valores mayores se presentan en las áreas no impactadas, más sin embargo se presentan 11 cuadros de maniobras, en los que se presenta mayor

valor en las áreas impactadas, por mencionar al CDM Monclova 1108 y CDM Pirineo 21.



FiguraV.15 Porcentaje de materia orgánica en los cuadros de maniobras, en áreas naturales y áreas impactadas correspondientes al periodo octubre 2011 a septiembre 2012.

En lo que respecta a los caminos de acceso, se puede apreciar en la Figura V.16, se puede observar que las áreas impactadas presentaron los valores más altos, en casi la mayoría de las obras, siendo en promedio un 1.81% de M.O presentes en las áreas impactadas.



FiguraV.16.- Porcentaje de materia orgánica en los caminos de acceso, en áreas naturales y áreas impactadas correspondientes al octubre 2011 a septiembre 2012.

En la siguiente Figura se puede observar la tendencia del valor de porcentaje de materia orgánica, en las líneas de descarga y gasoductos, en la Figura se puede observar que el comportamiento de la materia orgánica no tienen una tendencia clara, ya presentan un promedio de 2% de M.O en ambas condiciones, áreas naturales así como áreas impactadas.

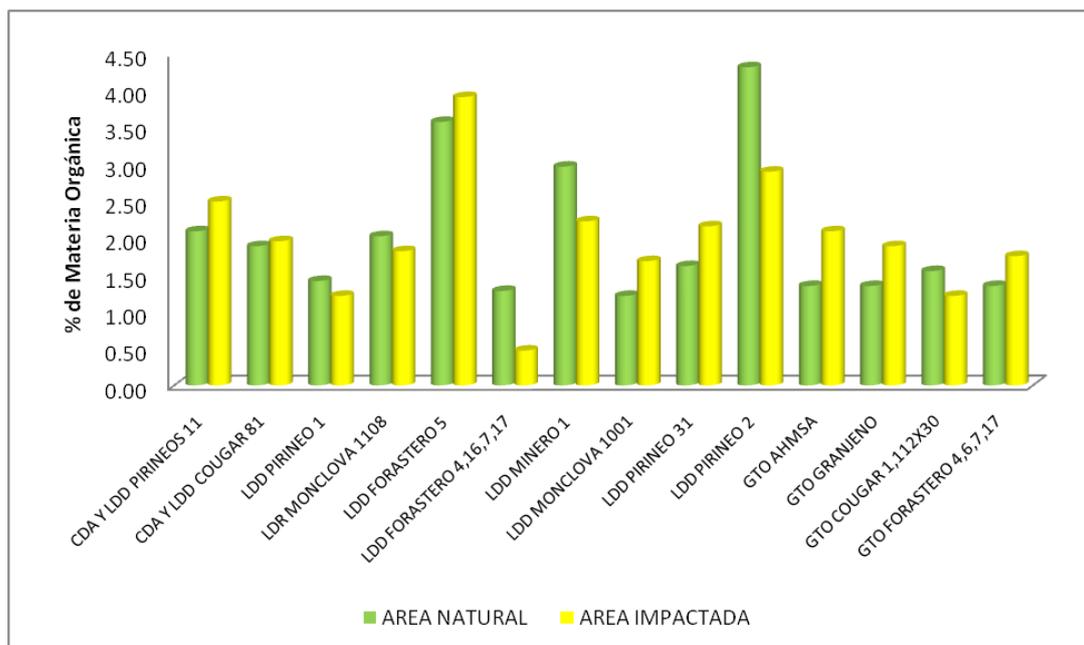


Figura V.17.- Porcentaje de materia orgánica en las líneas de descarga, y gasoductos en áreas naturales y áreas impactadas correspondientes al octubre 2011 a septiembre 2012.

Tabla 4.- Interpretación de acuerdo al porcentaje de materia orgánica, presente en las obras

Interpretación (Método de Walkley-Black)	% Materia orgánica
Extremadamente pobre	Menor a 0.60
Pobre	0.60-1.20
Medianamente pobre	1.21-1.80
Mediano	1.81-2.40
Medianamente rico	2.41-3.00
Rico	3.01-4.20
Extremadamente rico	Más de 4.21

En la Tabla 5 se presentan las obras evaluadas en el periodo de Octubre del 2010 a Septiembre del 2011, si se observan los valores numéricos realmente se encuentran

diferencias en las diferentes condiciones tanto naturales como impactadas, pero de acuerdo a la clasificación, la mayoría de las obras se encuentran dentro de la clasificación mediano.

Tabla 5.- Valores promedio y su categoría correspondiente en contenido de materia orgánica para aéreas naturales e impactadas por tipo de obra (octubre de 2010 a setiembre de 2011).

TIPO DE OBRA	Área Natural		Área Impactada	
	Promedio(%M.O)	Categoría	Promedio(%M.O)	Categoría
CDM	1.61	Mediano	1.41	Mediano
CDA	1.80	Mediano	1.44	Mediano
GTO	1.04	Mediano	0.84	Mediano
LDD	1.79	Mediano	1.33	Mediano
SIS	1.84	Mediano	1.64	Mediano
LE	0.89	Medianamente pobre	0.75	Medianamente pobre
EST	1.17	Mediano	1.16	Mediano

Tabla 6.- Valores promedio y su categoría correspondiente en contenido de materia orgánica para aéreas naturales e impactadas por tipo de obra (octubre de 2011 a setiembre de 2012).

TIPO DE OBRA	Área Natural		Área Impactada	
	Promedio(%M.O)	Categoría	Promedio(%M.O)	Categoría
CDA	1.63	Medianamente pobre	1.81	Mediano
CDM	1.89	Mediano	1.58	Medianamente pobre
LDD	2.24	Mediano	2.08	Mediano
SDI/T	2.02	Mediano	1.89	Mediano
EST	1.58	Medianamente pobre	1.57	Medianamente pobre
GTO	1.40	Medianamente pobre	1.73	Medianamente pobre

Los valores de las obras nuevas del presente monitoreo, se aprecian en la Tabla 6, se tienen seis diferentes tipos de obras, de acuerdo a la clasificación se puede observar que la mitad de las obras se encuentran dentro de la clase mediano, y la otra mitad corresponde a la clase medianamente pobre, condición que se presenta en áreas naturales e impactadas.

VI. CONCLUSIONES

La erosión potencial, no dependen únicamente de las características físicas y químicas de cada tipo de suelo, también influyen factores del clima, grado y tipo de pendiente y sobre todo del tipo de cubierta vegetal.

La erosión también puede ser considerada como un ciclo, ya que consiste en el traslado de suelo de un lugar a otro, así como puede haber una pérdida en un lugar en un tiempo dado, puede haber deposiciones o ganancias de suelos en otro, repercutiendo directamente en el contenido de materia orgánica y otras propiedades del suelo del lugar.

Este proceso permite que se desplacen materiales de unos suelos a otros que recuperan fertilidad con estos aportes.

La erosión es un problema cuando se acelera, con lo cual los materiales perdidos no se recuperan en las zonas erosionadas y en las zonas que reciben los aportes no son aprovechados o se pierden, o cuando por causas ajenas al propio medio aparece en puntos que no deberían de erosionarse.

En todas las obras evaluadas en el área no impactada presenta una mayor cantidad de mantillo orgánico que las impactadas, inclusive en las sísmicas que habían presentado mayores cantidades de mantillo en las áreas impactadas.

La presencia de mantillo orgánico es muy favorable para el suelo debido a que tiene varias funciones, además de convertirse en materia orgánica y nutriente para las plantas ayuda a conservar la humedad del suelo, también ayuda a disminuir la erosión.

La materia orgánica es una propiedad del suelo muy importante debido a su interacción con otras propiedades del suelo, que a su vez estas dependen o son mejoradas con la incorporación de materia orgánica.

El contenido de materia orgánica en el suelo es inestable debido a que intervienen diversos factores tanto bióticos como abióticos para el proceso de incorporación entre ellos el clima y la flora microbiana.

VII. RECOMENDACIONES

Para la conservación o rehabilitación de suelo afectado por instalación de infraestructura de tipo permanente de PEMEX– Exploración y Producción debido a la extracción de gas natural en la cuenca de Sabinas área Piedras Negras se pueden recomendar un gran número de obras de conservación de suelos como son la estabilización de taludes, protección y conservación de caminos, cabeceo de cárcavas.

Serecomienda realizar obras para el control de erosión en cárcavas como son la construcción de presas de distintos tipos de materiales según las características de estas y el material existente que pueda ser utilizado como ramas o piedras.

En cuanto al control de erosión laminar se recomiendan las terrazas de muro vivo, terrazas de formación sucesiva, las barreras de piedra en curvas a nivel, las zanjas derivadoras de escorrentía, los bordos en curvas a nivel, el acomodo de material vegetal muerto y además también alguno de los tipos de sistemas agroforestales.

Además se recomienda que se reduzca o que no se realice el pastoreo del ganado bovino y caprino en áreas impactadas debido a que se presentara menor recuperación y de continuar la presión de pastoreo en la vegetación, se requerirá de mayor tiempo para su restauración, lo anterior ya que el pastoreo ocasiona la compactación del suelo, disminuye la cobertura de las especies y favorece la propagación de especies ruderales.

VIII. LITERATURA CITADA

- Day, P.R. 1965. Particle Fraction and Particle-Size Analysis. In Blak (editor) Methods of Soil Analysis Agronomy 9, Part 1, 567p
- García, E. 1987. Modificación al sistema de clasificación climática de Koppen. Instituto de Geología U.N.A.M. 4a ed. 31 p.
- Graziani, L.C. 1999. El gas natural. Lima – Perú. 110 p
- Kirk M. J. y Morgan R. P. C., 1980 por Wiley J. Erosión del suelo, Editado por, 150p
- Lavandaio, E.O. 2005. Breve curso de minería. Mendoza,85p
- Márquez, D. Miguel H. 1989. La industria del gas natural en México, 1970-1985, México, El Colegio de México. 13-35 p.
- Novitzky, A.1978. Prospección, exploración y evaluación. Edic. propia, Buenos Aire230p
- Ortiz, V.B. y C.A. Ortiz S. 1990. Edafología. Universidad Autónoma Chapingo. Séptima edición en español. México 250 p.
- Ramachandran, P.K. 1997. Agroforestería, editado y revisado por L. Krishnamurthy et al. del Centro de Agroforestería para el Desarrollo Sostenible, Universidad Autónoma Chapingo, Chapingo.
- Rodríguez, F.H. y.Rodríguez A. J., 2002. Métodos de análisis de suelos y plantas. México. Editorial trillas, Primera edición. pp. 9, 15, 17 y 18
- Torres, R. E. 1980. Manual de conservación de suelos agrícolas. México. 19 p.
- Villarreal, J.A., J. Valdés y J. L. Villaseñor. 1996. Corología de las asteráceas de Coahuila, México. Acta Botánica. México. 36: 29-42.
- Villarreal, Q.J.A. 1983. Malezas de Buenavista, Coahuila. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.México. 220p.

- Villarreal, Q.J.A. y J. ValdésR. 1992-93. Vegetación de Coahuila, México. Revista de la Sociedad Mexicana de Manejo de Pastizales 6:9-18.
- Wischmeier, W. H. y D. D. Smith. 1978. Predicting rainfall erosion losses. A guide to conservation planning. Agriculture Handbook 537. United States Department of Agriculture. Washington, D.C. USA.
- William, X.H. 1947. Manual de conservación de suelos. 1947. Washington, D.C. Estados Unidos de América. Publicación 243p.
- Wionczek, M.1983, Problemas del sector energético en México, México, El Colegio de México, 130p

IX. ANEXOS

FOTOGRAFIAS



Figura IX.1.- Georeferenciación del punto.



Figura IX.2.- Establecimiento de una nueva parcelade monitoreo para la determinación de erosión.



Figura IX.3.- Banderilla en uno de los clavos a 10 cm de altura para la identificación de las parcelas.



Figura IX.4.- Medición de la erosión con ayuda de un flexómetro en parcelas ya establecidas.



Figura IX.5.- Muestreo de mantillo orgánico.



Figura IX.6.- Las muestras se guardan en una bolsa de papel anotándose el número de sitio, la condición del área (impactada o no impactada) y la localidad.



Figura IX.7.-Muestreo de mantillo organico.



Figura IX.8.- Muestreo de suelos, a una profundidad no mayor a los 10 cm, utilizando una bolsa de polietileno de 1 Kg, son etiquetas, mencionando el número de sitio, la condición, la localidad, las coordenadas del sitio y la fecha de la toma de las mismas.



Figura IX.9.- Muestra etiquetada.



Figura IX.10.- Pozo perfectamente tapado después del muestreo, con el objetivo de reducir el impacto causado en el lugar.



Figura IX.11.- Determinación de mantillo orgánico, las muestras se pesan y registran en un formato elaborado.



Figura IX.12.- Muestras de mantillo guardadas en la estufa, por tres días, sometidas al calor constante (70 C°).



Figura IX.13.- Preparación de la solución de Sulfato Ferroso Fe_2SO_4 , para la determinación de materia orgánica.

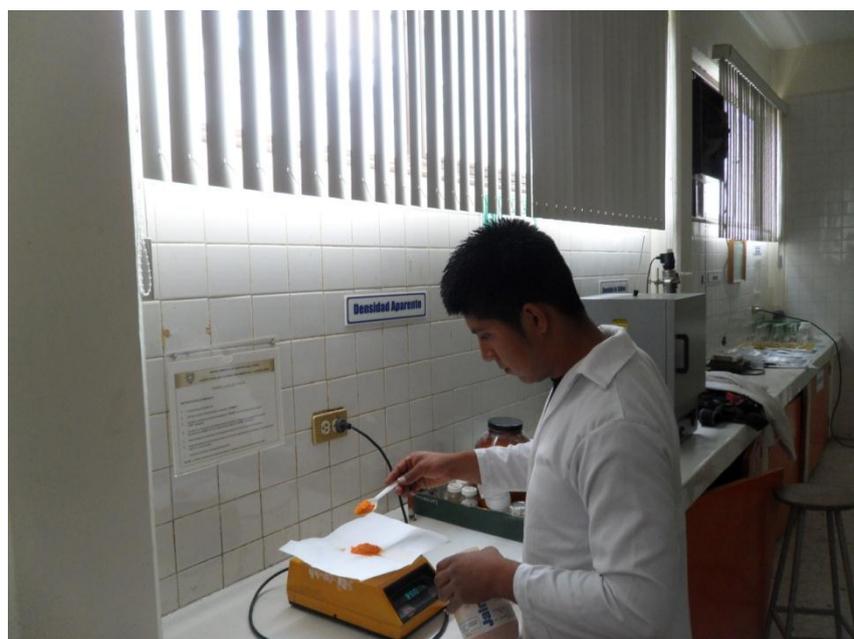


Figura IX.14.- Preparación de la solución de Dicromato de potasio $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$.



FiguraIX.15.- Preparación de la solución de Ortofenatrolina.



Figura IX.16 Pesado de 0.3 gr de la muestra de suelo para iniciar la determinación del % de materia orgánica.



Figura IX.17 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 IX.18 Titulación de las muestras con sulfato ferroso.

TABLAS

Tabla 7.- Listado de obras realizadas de octubre de 2010 a Septiembre de 2011 en las que fueron establecidas parcelas de monitoreo de erosión.

BRECHAS EXPLORATORIAS	LINEAS DE DECARGA	SI/T	CAMINOS DE ACCESO	ESTACIONES	CUADROS DE MANIOBRA
SIS PIEDRAS NEGRAS 2D	LDD MONCLOV A 1001	LIA MERCED 1 - MERCED 211	CDM MASTER 1	EST PUNTO DE VENTA SANTA ELENA	CDA MASTER 1
SIS PERLA 2D	LDR MONCLOV A 1108		CDM BUENA SUERTE 4DL	EST PUNTO DE VENTA SANTA ELENA	CDA BUENA SUERTE 4DL
			CDM MONCLO VA 1009	EST QUEMADOR ECO. ENT. GRANJENO	CDA MONCLOVA 1108
			CDM MONCLO VA 1108	EST BUENA SUERTE 1	CDA MONCLOVA 1009
				AMP MONTAÑEZ 1	CDA MONTAÑEZ 1
					CDA MONTAÑEZ 1

Tabla 8.- Comparación en ton/ha/año para mantillo orgánico en áreas impactadas y naturales en las obras estudiadas en el periodo de Octubre del 2009 a septiembre del 2010.

TIPO DE OBRA	AREA NATURAL (TON/HA)	AREA IMPACTADA (TON/HA)
CDA PIRINEO 11	0.2267	0.2267
CDA PIRINEO 2	0.2900	0.2900
CDA POZO ÉXITO	0.6400	0.2700
CDA CASTAÑUELA	0.2060	0.2280
CDA MONCLOVA 1001	0.3400	0.1450
CDA FORASTERO 14 Y 21	0.5433	0.4933
CDA FORASTERO 1001	0.4467	0.4211
CDA COUGAR 1001	0.8700	0.4200
CDA COUGAR 41,61	0.4000	0.1600
CDA PIRINEO 42	0.3600	0.1650
CDM PIRINEO 11	0.3825	0.5150
CDM PIRINEO 22	0.1833	0.2500
CDM PIRINEO 351	0.2300	0.2600
CDM POZO ÉXITO	0.4250	0.3825
CDM MONCLOVA 1001	0.2650	0.2425
CDM FORASTERO 5,6,10 Y 11	0.5500	0.5814
CDM CASTAÑUELA	0.1400	0.3075
CDM FORASTERO 8 Y 8D	0.8700	0.8850
CDM EL FORASTERO 4	0.7925	0.7725
CDM FORASTERO 1, 2 Y 3	0.2367	0.1833
CDM FORASTERO 1001	0.0300	0.0225
CDM COUGAR 1001	1.0475	0.6075
CDM COUGAR 41,61	0.6750	0.2075
CDM COUGAR 1 Y 11	1.0000	0.4700
CDM PIRINEO 21	0.8100	0.8800
CDM PIRINEO 2	0.7100	0.7650
CDM PICOTA	0.7575	0.4400
CDM MONCLOVA 1009	0.6925	0.5550
CDM MERCEDEZ 211	0.5200	0.5933
CDM LIBERIA 1	0.4500	0.1700
CDM PIRINEO 42	0.4750	0.4425
CDM POZO PIRINEO 31	0.3000	0.1575

TIPO DE OBRA	AREA NATURAL (TON/HA)	AREA IMPACTADA (TON/HA)
CDM POZO PIRINEO 41	1.0150	1.2225
CDM PIRINEO 71	0.3025	0.2625
CDM POZO FORASTERO 14 Y 21	0.3900	0.5500
GTO AHMSA	0.3950	0.2125
GTO GRANJENO	0.3000	0.2246
GTO FORASTERO 1	0.2560	0.2240
GTO FORASTERO 3	0.3000	0.1500
GTO COUGAR 1 12 X 30	0.8190	0.3910
LDD PIRINEOS 31	0.1633	0.2833
LDD FORASTERO 5	0.0800	0.1267
LDD FORASTERO 6	0.0700	0.2900
LDD FORASTERO 4	0.1700	0.2200
LDD COUGAR 11, 21, 2 Y 12	0.5300	0.1600
LDD PIRINEO 2	0.2900	0.3600
LDD PIRINEO 1	0.7880	0.5120
LDD MINERO 1	0.6120	0.4660
LE PLANTA ENDULZADORA	0.2467	0.2667
SISMICA CHICHARRA 3D	0.3217	0.3830
SISMICA MASTER COLOSAL	0.5300	0.4450
SISMICA MAREA CARTUJANO	0.7150	0.6950
SISMICA JARDINERA ZULUAGA	0.4833	0.4700
SISMICA COBRIZO	0.8490	0.6940
EST FORASTERO 1	0.0050	0.0150

Tabla 9.- Comparación en ton/ha/año para mantillo orgánico en áreas impactadas y naturales en las nuevas obras (septiembre 2011).

TIPO DE OBRA	AREA NATURAL (TON/HA)	AREA IMPACTADA (TON/HA)
CDA MONCLOVA 1108	0.0700	0.0700
CDA MASTER 1	0.4825	0.4025
CDA MONCLOVA 1009	0.5600	0.2600
CDA MONTAÑEZ 1	1.3733	0.9100
CDA MONTAÑEZ 1	1.6525	1.1525
CDM MONCLOVA 1108	0.5675	0.5200
CDM MONCLOVA 1009	0.6925	0.5550
CDM POZO MASTER 1	0.3000	0.2975
LDD MONCLOVA 1001	0.3500	0.1483
LDR MONCLOVA 1108	0.6100	0.4050
SISMICA PERLA 2D	0.7738	1.0888
SISMICA PIEDRAS NEGRAS 2D	1.2145	1.2064
LIA MERCED 211	0.8200	0.5000
EST PUNTO DE VENTA SANTA ELENA	0.0933	0.3167
EST QUEMADOR ECOLOGICO	0.4867	0.2200
EST QUEMADOR BUENA SUERTE	0.23	0.16

Tabla 10.- Valores promedio de materia orgánica y su categoría correspondiente en áreas naturales e impactadas (periodo octubre 2009 – septiembre 2010).

OBRA	ÁREA IMPACTADA		ÁREA NO IMPACTADA	
	PROMEDIO (% DE M. O)	CATEGORÍA	PROMEDIO (% DE M. O)	CATEGORÍA
CDA CASTAÑUELA 1	2.417	Medio	2.744	Medio
CDA ÉXITO 1	2.182	Medio	2.030	Medio
CDA FORASTERO 1001	1.447	Medio	1.195	Bajo
CDA FORASTERO 5,6,10 Y 11	1.750	Medio	1.680	Medio
CDA PIRINEO 2	2.496	Medio	3.528	Medio
CDA PIRINEO 42	3.184	Medio	2.809	Medio
CDM ALICOCHE 1	2.22	Medio	1.68	Medio
CDM CASTAÑUELA 1	1.794	Medio	1.731	Medio
CDM COUGAR 1 Y 11	2.384	Medio	2.737	Medio
CDM ÉXITO 1	2.03	Medio	1.803	Medio
CDM FORASTERO 1,2,3	1.68	Medio	2.62	Medio
CDM FORASTERO 1001	1.133	Bajo	1.164	Bajo
CDM FORASTERO 4	1.34	Bajo	1.14	Bajo
CDM FORASTERO 5,6,10 Y 11	2.08	Medio	2.08	Medio
CDM FORASTERO 8	2.55	Medio	1.28	Bajo
CDM LIBERIA 1	1.68	Medio	1.88	Medio
CDM MERCED 11	1.82	Medio	2.02	Medio
CDM PICOTA 1	1.55	Bajo	2.15	Medio
CDM PIRINEO 11	2.62	Medio	1.95	Medio
CDM PIRINEO 2	2.292	Medio	3.207	Medio
CDM PIRINEO 22	2.653	Medio	3.057	Medio
CDM PIRINEO 31	2.08	Medio	1.55	Bajo
CDM PIRINEO 351	2.738	Medio	3.231	Medio
CDM PIRINEO 41	2.598	Medio	2.386	Medio
CDM PIRINEO 42	2.949	Medio	3.207	Medio
CDM PIRINEO 71	1.82	Medio	2.22	Medio
EST FORASTERO 1*	0		1.972	Medio
GTO AHMSA	2.632	Medio	3.47	Medio
GTO COUGAR 1	2.903	Medio	2.99	Medio
GTO FORASTERO 1	1.87	Medio	2.14	Medio
GTO GRANGENO	3.09	Medio	2.299	Medio
LDD ESCUDO 1	2.61	Medio	2.77	Medio

OBRA	ÁREA IMPACTADA		ÁREA NO IMPACTADA	
	PROMEDIO (% DE M. O)	CATEGORÍA	PROMEDIO (% DE M. O)	CATEGORÍA
LDD FORASTERO 4	2.11	Medio	2.02	Medio
LDD FORASTERO 5	1.006	Bajo	1.804	Medio
LDD MINERO 1	2.47	Medio	2	Medio
LDD PIRINEO 1	1.98	Medio	2.2	Medio
LDD PIRINEO 11	2.44	Medio	2.17	Medio
LDD PIRINEO 2	3.7	Alto	1.88	Medio
LDD PIRINEO 31	2.44	Medio	2.02	Medio
SIS BUSTAMANTE RODRIGUEÑO	1.75	Medio	1.7	Medio
SIS CHICHARRA 3D	1.88	Medio	2.18	Medio
SIS JARDINERO ZULUAGA	2.91	Medio	2.55	Medio
SIS MAREA-CARTUJANO	1.93	Medio	1.888	Medio
SIS PAJAROS AZULES - SISMICA RELAMPAGO	3.5	Medio	2.08	Medio
SIS RELAMPAGO	2.47	Medio	2.67	Medio
SIS RODRIGUEÑO	1.76	Medio	1.78	Medio

Tabla 11.- Valores promedio de materia orgánica y su categoría en áreas naturales e impactadas realizados en el período de octubre 2010 – septiembre 2011.

OBRA	ÁREA NATURAL		ÁREA IMPACTADA	
	% MATERIA ORGÁNICA	CATEGORÍA	% MATERIA ORGÁNICA	CATEGORÍA
CDA PIRINEO 11	3.71	Rico	2.54	Medianamente Rico
CDA PIRINEO 2	3.32	Rico	2.91	Medianamente Rico
CDA POZO ÉXITO	2.32	Medianamente Rico	2.28	Medianamente Rico
CDA CASTAÑUELA	2.16	Medianamente Rico	1.63	Mediano
CDA MONCLOVA 1001	0.45	Pobre	0.22	Extremadamente Pobre
CDA FORASTERO 14 Y 21	0.58	Medianamente Pobre	0.48	Pobre
CDA FORASTERO 1001	1.78	Mediano	1.65	Mediano
CDA COUGAR 1001	1.03	Mediano	0.55	Medianamente Pobre
CDA COUGAR 41,61	0.50	Pobre	0.18	Extremadamente Pobre
CDA PIRINEO 42	2.11	Medianamente Rico	2.00	Medianamente Rico
CDM PIRINEO 11	2.54	Medianamente Rico	1.81	Mediano
CDM PIRINEO 22	0.52	Medianamente Pobre	0.45	Pobre
CDM PIRINEO 351	3.90	Rico	3.50	Rico
CDM POZO ÉXITO	2.45	Medianamente Rico	2.14	Medianamente Rico
CDM MONCLOVA 1001	3.41	Rico	3.07	Rico
CDM FORASTERO 5,6,10 Y 11	0.30	Pobre	0.00	Extremadamente Pobre
CDM CASTAÑUELA	0.70	Medianamente Pobre	0.54	Medianamente Pobre
CDM FORASTERO 8 Y 8D	1.23	Mediano	1.15	Mediano
CDM EL FORASTERO 4	1.54	Mediano	1.43	Mediano
CDM FORASTERO 1, 2 Y 3	0.16	Extremadamente Pobre	0.05	Extremadamente Pobre
CDM FORASTERO 1001	1.56	Mediano	1.50	Mediano
CDM COUGAR 1001	3.05	Rico	2.59	Medianamente Rico
CDM COUGAR 41,61	0.60	Medianamente Pobre	0.20	Extremadamente Pobre
CDM COUGAR 1 Y 11	2.00	Medianamente Rico	2.00	Medianamente Rico
CDM PIRINEO 21	1.14	Mediano	1.03	Mediano
CDM PIRINEO 2	0.87	Medianamente Pobre	0.86	Medianamente Pobre
CDM PICOTA	1.67	Mediano	1.43	Mediano
CDM MERCEDES 211	0.50	Pobre	0.48	Pobre
CDM LIBERIA 1	1.70	Mediano	1.54	Mediano
CDM PIRINEO 42	1.03	Mediano	0.89	Medianamente Pobre
CDM POZO PIRINEO 31	1.24	Mediano	1.06	Mediano

OBRA	ÁREA NATURAL		ÁREA IMPACTADA	
	% MATERIA ORGÁNICA	CATEGORÍA	% MATERIA ORGÁNICA	CATEGORÍA
CDM POZO PIRINEO 41	2.53	Medianamente Rico	2.23	Medianamente Rico
CDM PIRINEO 71	3.30	Rico	3.22	Rico
CDM POZO FORASTERO 14 Y 21	0.60	Medianamente Pobre	0.55	Medianamente Pobre
GTO AHMSA	1.55	Mediano	1.30	Mediano
GTO GRANJENO	2.78	Medianamente Rico	2.30	Medianamente Rico
GTO FORASTERO 1	0.38	Pobre	0.34	Pobre
GTO FORASTERO 3	0.28	Pobre	0.12	Extremadamente Pobre
GTO COUGAR 1 12 X 30	0.20	Extremadamente Pobre	0.15	Extremadamente Pobre
LDD PIRINEOS 31	2.50	Medianamente Rico	2.30	Medianamente Rico
LDD FORASTERO 5	1.41	Mediano	1.34	Mediano
LDD FORASTERO 6	0.85	Medianamente Pobre	0.51	Medianamente Pobre
LDD FORASTERO 4	2.20	Medianamente Rico	2.13	Medianamente Rico
LDD COUGAR 11, 21, 2 Y 12	0.11	Extremadamente Pobre	0.14	Extremadamente Pobre
LDD PIRINEO 2	3.88	Rico	1.32	Mediano
LDD PIRINEO 1	0.86	Medianamente Pobre	0.48	Pobre
LDD MINERO 1	2.54	Medianamente Rico	2.38	Medianamente Rico
SIS CHICHARRA 3D	2.07	Medianamente Rico	2.02	Medianamente Rico
SIS MASTER COLOSAL	0.65	Medianamente Pobre	0.51	Medianamente Pobre
SIS MAREA CARTUJANO	2.16	Medianamente Rico	2.07	Medianamente Rico
SIS JARDINERA ZULUAGA	3.00	Rico	2.50	Medianamente Rico
SIS COBRIZO	1.30	Mediano	1.09	Mediano

Tabla 12.- Valores promedio de materia orgánica y su categoría por tipo de obra en nuevos sitios analizados correspondiente en áreas naturales e impactadas (septiembre 2011).

TIPO DE OBRA	ÁREA NATURAL		ÁREA IMPACTADA	
	PROMEDIO (%MO)	CATEGORÍA	PROMEDIO (%MO)	CATEGORÍA
CDA MASTER 1	0.60	Medianamente Pobre	0.20	Extremadamente Pobre
CDA MONCLOVA 1009	0.80	Medianamente Pobre	0.35	Pobre
CDA MONCLOVA 1108	1.23	Mediano	1.10	Mediano
CDA MONTAÑEZ 1	3.45	Rico	3.06	Rico
CDA MONTAÑEZ 1	2.13	Medianamente Rico	1.97	Mediano
CDM MASTER 1	0.30	Pobre	0.26	Pobre
CDM MONCLOVA 1108	0.50	Pobre	0.29	Pobre
CDM MONCLOVA 1009	0.79	Medianamente Pobre	0.75	Medianamente Pobre
LDR MONCLOVA 1108	2.18	Medianamente Rico	2.04	Medianamente Rico
LDD MONCLOVA 1001	3.72	Rico	0.17	Extremadamente Pobre
SIS PIEDRAS NEGRAS 2D	3.46	Rico	3.28	Rico
SIS PERLA 2D	2.89	Medianamente Rico	2.43	Medianamente Rico
EST PUNTO DE VENTA SANTA ELENA	1.11	Mediano	1.02	Mediano
EST QUEMADOR ECOLÓGICO	0.86	Medianamente Pobre	0.70	Medianamente Pobre
EST QUEMADOR BUENA SUERTE	1.24	Mediano	1.15	Mediano
LIAMERCED 211	0.96	Medianamente Pobre	0.81	Medianamente Pobre