# UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA

# ANTONIO NARRO

## DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

**ESTABLECIMIENTO DE GRAMÍNEAS EN ÁREAS REHABILITADAS POR ACTIVIDADES MINERAS EN NAVA, COAHUILA**

**Por**

**FREDDY SÁNCHEZ AGUILAR**

## INVESTIGACIÓN DESCRIPTIVA

**Presentado como requisito parcial para**

**Obtener el título de:**

**INGENIERO FORESTAL**

**Saltillo, Coahuila, México.**

**Junio del 2011**

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO FORESTAL

# ESTABLECIMIENTO DE GRAMÍNEAS EN ÁREAS REHABILITADAS POR ACTIVIDADES MINERAS EN NAVA, COAHUILA

INVESTIGACIÓN DESCRIPTIVA

Por:

FREDDY SANCHEZ AGUILAR

APROBADA

Que se somete a consideración del H. Comité de Tesis como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO FORESTAL

Dr. Alejandro Zarate Lupercio

Asesor Principal

M.C. Juan Antonio Encina Domínguez

Asesor

Ing. José Antonio Ramírez Díaz

Asesor

Saltillo, Coahuila, México

Junio 2011

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO FORESTAL

# ESTABLECIMIENTO DE GRAMÍNEAS EN ÁREAS REHABILITADAS POR ACTIVIDADES MINERAS EN NAVA, COAHUILA


Por:

FREDDY SANCHEZ AGUILAR


INVESTIGACIÓN DESCRIPTIVA

Presentado como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO FORESTAL

APROBADO

Dr. Alejandro Zarate Lupercio

Asesor Principal

Dr. Mario Ernesto Vázquez Badillo

Coordinador de la División de Agronomía

Saltillo, Coahuila, México

Junio 2011

# DEDICATORIA

A mi madre

A la Sra. Martha Sánchez Aguilar 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 le doy las gracias a mi madre.

A mis hermanos

Elvia García Sánchez y Rubén Ortiz Sánchez, por su gran apoyo, y que han estado conmigo en los momentos buenos y malos, por haber confiado en mí.

A mi tía e  hijos

A Sra. Eunice Sánchez Aguilar, porque me cuidó como si fuera uno de sus hijos, además por su apoyo moral, comprensión y a ver confiado en mí, por todo eso le doy las gracias.

A mis primos Lilian Sánchez Aguilar, José manual Morares Sánchez y Edith Sánchez Aguilar que han estado conmigo en los momentos buenos y malos, y que de igual forma me apoyaron y creyeron en mí.

A mis tíos

Al Sr. Abel Sánchez Aguilar y Amalia Ramírez, por haberme permitido entrar en su hogar y apóyame, así como a sus hijos y nietos, que también me apoyaron de alguna u otra forma, gracias por todo.

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, mil 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. José Antonio Ramírez Díaz, 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 Jairo, Cesar, Juan Carlos y Artemio que me ayudaron para el trabajo de campo y que estuvieron conmigo durante mucho tiempo apoyándome.

# INDICE GENERAL

**RESUMEN ..... 1**

**I. INTRODUCCIÓN ..... 2**

1.1 OBJETIVO GENERAL ..... 4

1.2.- OBJETIVOS ESPECÍFICOS ..... 4

1.3 JUSTIFICACIÓN ..... 4

**II REVISION DE LITERATURA ..... 5**

2.1. APROVECHAMIENTO DE CARBÓN MINERAL. ..... 5

2.1.1. Método de Explotación de Minas a Cielo Abierto ..... 6

2.1.2. Desmonte ..... 6

2.1.3. Remoción de tierra vegetal ..... 7

2.1.4. Apertura de los tajos ..... 7

2.2. RESTAURACIÓN DE TERRENOS MINADOS ..... 8

2.2.1. Preparación del terreno ..... 8

2.2.2. Selección de especies ..... 9

2.2.3. Siembra y Plantación ..... 9

2.2.4. Producción de plantas ..... 10

2.3. DESCRIPCION DE ESPECIES SEMBRADAS EN LAS AREAS IMPACTADAS. ..... 10

2.4 SUCESIÓN ECOLÓGICA ..... 16

a.- Sucesión primaria ..... 17

b.- Sucesión secundaria ..... 17

2.5 ATRIBUTOS BÁSICOS DE LA VEGETACIÓN ..... 18

2.5.1 Densidad ..... 18
2.5.2 Cobertura ..... 18
2.5.3. Frecuencia ..... 19
2.5.4 Altura ..... 19
2.6. TECNICAS DE MUESTREO ..... 19
2.6.1 Método de los cuadrantes ..... 20
2.6.2 Parcelas círculares ..... 20
2.6.3 Transecto rectangular ..... 21
2.6.4 Transecto lineal ..... 21
2.6.5 Punto centro cuadrante ..... 21
2.6.6 Puntos de intercepción ..... 22
**III.- DESCRIPCION DEL AREA DE ESTUDIO ..... 23**
3 .1 UBICACIÓN DEL ÁREA ..... 23
3.2. CLIMA ..... 25
3.3. FISIOGRAFÍA ..... 26
3.4. HIDROLOGÍA ..... 27
3.5. GEOLOGÍA ..... 29
3.6. SUELO ..... 31
3.7. VEGETACIÓN ..... 34
**IV. MATERIALES Y MÉTODOS ..... 37**
4.1.- METODOLOGIA ..... 37
4.1.1.- Muestreo ..... 37
4.2. SIEMBRA DE MEZCLAS DE LAS SEMILLAS EN PARCELAS ..... 38
**V. RESULTADOS ..... 40**

5.1 COMPARACION DE ATRIBUTOS DE LAS AREAS REHABILITADAS Y AREAS CON VEGETACION NO IMPACTADA. ..... 40

5.1.2. Áreas Rehabilitadas. ..... 40

5.2 ÁREAS CON VEGETACIÓN NATURAL NO IMPACTADAS..... 41

5.3 EVALUACION DE COBERTURA EN PARCELAS..... 44

**VI. CONCLUSIONES ..... 46**

**VII. RECOMENDACIONES ..... 48**

**VIII. LITERATURA CITADA ..... 49**

**IX. ANEXO FOTOGRAFICO ..... 52**

## INDICE DE TABLAS

Cuadro 1.- Datos de temperatura y precipitación media mensual, del área de estudio. ..... 25

Cuadro 2.- Cantidad de semilla a sembrar por hectárea y parcela. ..... 38

Cuadro 3.- Atributos estructurales de gramíneas en las áreas rehabilitadas. ..... 41

Cuadro 4.- Atributos estructurales de especies arbustivas en áreas no impactadas. ..... 42

Cuadro 5. Atributos estructurales de herbáceas en el área no impactada ..... 43

Cuadro 6.- Combinación de parcelas con mayor cobertura. ..... 44

Cuadro 7.- Combinación de parcelas con menor cobertura. ..... 45

## INDICE DE FIGURAS

Figura 1.- Ubicación del área de estudio: rancho la Sauceda. ..... 24

Figura 2.- Climograma de temperatura media y precipitación normal. ..... 26

Figura 3.- Hidrologia superficial de la subcuenca rio bravo-arroyo San Nicolás.... 28

Figura 4.- Geología general de la subcuenca rio bravo-arroyo San Nicolás ..... 30

Figura 5.- Clases de suelo dentro de la subcuencaRio Bravo-arroyo San Nicolás. ..... 33

Figura 6.- Usos del suelo y vegetación, existentes en la región. ..... 36

# RESUMEN

A través de los años la minería ha representado un papel fundamentalen la economía y desarrollo de los países delmundo. Además deayudar al desarrollo, su importancia radicaen el abastecimiento de los materialesnecesarios para producir bienes que ayudan al bienestar humano. Con el objetivo de realizar la evaluación del establecimiento de las diferentes especies de gramíneas utilizadas en las áreas rehabilitadas por la compañía minera MICARE, en lugares impactados por la extracción de carbón mineral con el método de minas a cielo abierto se realizó un muestreo de la vegetación en tales áreas rehabilitadas para lo cual se utilizó la técnica de parcela, se levantaron 110 sitios de 1 $m^2$,el muestreo consistió en estimar el porcentaje cobertura y altura de los zacates.En las áreas naturales adyacentes sin perturbación por minería además de cuantificar las herbáceas en parcelas de 1 $m^2$se levantaron 20 sitios circulares de 100$m^2$ para cuantificar las especies arbustivas a las cuales se les midió cobertura y altura. Paralelamente se evaluaron mezclas de los zacates utilizados en trabajos de restauración, lo que consistió en la identificación, mezclado, pesado de las semillas y la siembra. En las áreas rehabilitadas dominan los zacates *Pennisetum ciliare, Panicum coloratum.* Existe mayor porcentaje de cobertura en el área rehabilitada, que en el área natural, en cuanto a las parcelas experimentales las mejores fueron las mezclas de:Bermuda gigante y zacate Klein, zacate buffel, Zacate bluestem, Zacate banderita y la de Bermuda común, Bermudagigante, Zacate amor y Zacate Klein.



Palabras claves: Restauración, Coahuila, minería, zacates, zacate buffel, arbustos.

# I. INTRODUCCIÓN

La minería representa un papel fundamental en la economía y desarrollo de los países del mundo a través de los años. Además de ayudar al desarrollo, su importancia radica en el abastecimiento de los materiales necesarios para producir bienes que proporcionan innumerables beneficios. Algo que se debe tomar en cuenta es el desarrollo de métodos para una explotación moderada, es necesario considerar un desarrollo sostenible en esta área, pues no contar con los minerales necesarios para nuestra vida diaria, puede traer graves consecuencias (www.ciceana.org.mx).

En México la actividad minera es una de la más importante debido a los yacimientos mineros de minerales que yacen en el subsuelo. Esta actividad proporciona empleos a los habitantes de los lugares donde se encuentra, con ello se genera un derrame económico, para las familias o trabajadores como en los lugares establecidos, con ello la economía del país se ve reflejada en grandes inversiones.

Actualmente los principales centros mineros en México son los siguientes cuatro Estados: Sonora es el principal productor de Cobre, Oro y grafito; Coahuila es el principal productor de antimonio, bismuto y carbón; Zacatecas, el principal productor de plata y Chihuahua se considera el principal productor de Cadmio, Zinc y único productor de Tungsteno. Además, nuestro país es productor importante en otros minerales como hidrocarburos (Petróleo y Gas Natural), Zinc, Hierro, Acero y Plomo (U.S. Geological Surve y homepage)

La parte norte y noroeste del estado de Coahuila ha sido tradicionalmente productora, principalmente de minerales no metálicos como: fluorita, carbón y en menor proporción de minerales metálicos como, Plomo, Plata y Zinc.

Los productos obtenidos han estado presentes en el desarrollo del país como un factor importante; son utilizados como materia prima para industrias, como son: la eléctrica, la construcción, la metalúrgica, la siderúrgica, la química la vidriera,

cerámica y fabricación de artículos de uso cotidiano, que van desde lápices, relojes, joyas, televisores, computadoras, automóviles, entre otros.(www.ine.or.mx)

Las modalidades con las cuales se realizan aprovechamientos son; minas subterráneas y minas a cielo abierto, estas últimas también son conocidas como tajos. Las minas a cielo abierto a pesar de ser una manera fácil y práctica de realizar las explotaciones generan graves problemas de impacto a los ecosistemas, en el medio físico y biológico, los cuales sin la intervención humana difícilmente pueden volver a sus condiciones originales, o a un grado de funcionalidad como ecosistema.

Por tal razón 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.

La empresa Minera del Norte, unidad MICARE (Minera Carbonífera Río Escondido), es una compañía que se dedica a la explotación de carbón mineral para abastecer a la termoeléctrica ubicada en el Municipio de Nava Coahuila, las cuales abastecen alrededor de 10% de energía requerida en el País. Por tal razón la empresa está comprometida con el medio ambiente, ya que la extracción de carbón se realiza con modalidad de minas a cielo abierto. Por lo que han establecido proyectos para mejorar las condiciones ecológicas en estas áreas, ya rehabilitadas.

Posterior a la etapa de abandono en las áreas minadas, se realizan actividades de rehabilitación del sitio con especies de plantas de la vegetación nativa, las

cuales son producidas en vivero, así como con diversas especies de zacates introducidos, los cuales son sembrados en los terrenos posteriores a la etapa de abandono de la actividad minera a cielo abierto.

## 1.1 OBJETIVO GENERAL

Realizar una evaluación del establecimiento de las diferentes especies de gramíneas utilizadas en las áreas rehabilitadas por MICARE, en lugares impactados por la extracción de carbón mineral con el método de minas a cielo abierto.

## 1.2.- OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Evaluación de la cobertura de especies de zacates y arbustos en las áreas rehabilitadas y áreas sin disturbio por minería.

Evaluar las mezclas de semilla de zacates utilizados en las áreas abandonadas por la minería en la empresa MICARE en el desarrollo de cobertura en tres meses.

## 1.3 JUSTIFICACIÓN

El presente estudio se realizó con el fin de generar información que brinde opciones en la toma de decisión para la selección de especies de gramíneas mejor adaptadas para realizar las actividades de rehabilitación de las áreas minadas bajo el método de cielo abierto.

# II REVISION DE LITERATURA

## 2.1. APROVECHAMIENTO DE CARBÓN MINERAL.

La minería es el proceso de búsqueda y extracción de elementos económicamente valiosos (generalmente minerales) de la superficie de la tierra, incluyendo los mares. Es una actividad sumamente antigua que el hombre ha utilizado a través de los años para obtener materiales indispensables en la elaboración de bienes.
Hay varios tipos de minería superficial, pero 3 son los más comunes: Minería al aire libre, Minería en hileras (desgarramiento) y Minería de explotación ("Quarrying").

Según el Instituto Nacional de Ecología (2007) existen diversos informes científicos que determinaron que durante la fase de explotación, los principales impactos ambientales causados por la minería a cielo abierto son:

- Modifica la superficie terrestre (topografía) del área de explotación.
- Disminuye el rendimiento agrícola y agropecuario**.**
- El impacto sobre la flora y fauna es de gran magnitud, eliminación de la vegetación en el área de operación.
- La contaminación del aire por impurezas sólidas.
- La contaminación de aguas subterráneas y superficiales
- El entorno queda afectado porque se transforma radicalmente, pierde su atracción escénica o paisajística, sumada la contaminación genera por el ruido.

Con esta técnica de explotación, los impactos se ven reflejados en los componentes de los ecosistemas, para la flora, fauna, ganadería, agricultura, pueden ser corregidos con la actividad de rehabilitación de los tajos, mediante la restauración de la cubierta, de especies de gramíneas y arbustos, con ellos se

realizará la sucesión natural de especies nativas, por consecuente provocará el regreso de la fauna, y la práctica de la ganadería.

En cuanto a la topografía del terreno se ve casi imposible modificar los lomeríos formados por la tierra estéril(entendiendo por estéril a la tierra que cubren o rodea la formación geológica que forma el yacimiento o mineral) extraída de la excavación en las minas. Ya que de acuerdo a la magnitud del volumen de suelo es casi imposible regresar el suelo a su lugar original y compactarlo. Por lo cual se realiza la restauración de los tajos mediante siembra de gramíneas nativos e introducidos.

Para disminuir la pérdida de agua sería recomendable regresar la tierra a los tajos, ya que esta se va perdiendo por medio de la evaporación, por evaporación, sin embargo, debido a costos siempre se deja abierto tajo de la fase final de la explotación, el cual es llenado de agua por el flujo subterráneo.

### 2.1.1. Método de Explotación de Minas a Cielo Abierto.

La minería a cielo abierto es una actividad industrial de alto impacto ambiental**,** social y cultural. Es también una actividad industrial insostenible por definición, en la medida en que la explotación del recurso supone su agotamiento. Consiste en una serie de excavaciones o cortes paralelos y perpendiculares en busca del manto de carbón. Para lo cual se realizan las siguientes actividades.

### 2.1.2. Desmonte

El desmonte es el primer paso para realizar el aprovechamiento, consiste en remover las especies tanto de fauna como de flora, las cuales serán llevadas a otras aéreas ya rehabilitadas o no impactadas.

Esta actividad puede ser realizada con maquinaria o de forma manual, el desmonte se empezará a realizar por donde se establecerán las instalaciones y los caminos (talleres, oficinas, red eléctrica).

### 2.1.3. Remoción de tierra vegetal

Se determina el espesor del suelo fértil y seguido de realizar la remoción y apilado del mismo. Esta actividad también se realiza primeramente por los lugares donde se abrirán caminos y donde se establecerán las instalaciones, la remoción se realiza con tractor de oruga y es acarreado con camiones de volteo.

El depósito de suelo vegetal deberá establecerse en un sito apropiado, ya que este material será ocupado en un futuro para la restauración. Por tanto, no es recomendable su ubicación en lugares donde sea arrastrado o propicien la formación de cuerpos de agua a lugares donde pueda ser contaminado con otros materiales.

### 2.1.4. Apertura de los tajos

Posteriormente de haber sido recuperado el suelo, se continúa con la excavación, a veces es necesario excavar con medios mecánicos o con explosivos. Las excavaciones se realizan en forma de escalones (corta) para prevenir los derrumbes de las paredes.

La operación en este caso radica en retirar el material estéril (término utilizado en los aprovechamientos de carbón mineral para designar el material terrígeno que no es carbón o material beneficiable), para dejar expuesto el manto de carbón, actividad que se efectúa con tractor sobre orugas y cargador frontal, que llevan a los camiones fuera de carretera y éstos lo llevan hasta el lugar de su disposición final. La tierra estéril es necesario apilarla en escombros fuera del área final que ocupará la explotación, donde se realizará la restauración de la mina una vez terminada su explotación.

Cuando durante el almacenamiento de material estéril se llegue a la cota máxima establecida, se verterán viajes de composta o suelo vegetal a todo lo largo del perfil a fin de que por chorreo se cubran los taludes con suelo vegetal.

## 2.2. Restauración de Terrenos Minados

La restauración de terreros de explotaciones mineras es particularmente difícil por las siguientes consideraciones:

- Se carece de un perfil y de un horizonte de suelo.
- Comúnmente el suelo vuelto a colocar presentará propiedades físicas y químicas menos favorables, en comparación del suelo en condiciones normales.
- Por tanto se requerirán mayores esfuerzos para crear un ambiente adecuado en la preparación del sitio y posteriormente para el establecimiento de las especies a plantar.

### 2.2.1. Preparación del terreno

De acuerdo con García (2002)la preparación adecuada del suelo tiene las siguientes finalidades para asegurar el establecimiento y desarrollo de las especies a utilizar.

- Mejorar las condiciones de humedad, aumentando su capacidad de retención.
- Permite la penetración de la radícula
- Produce mayor actividad química, lo que permite la elaboración de mayor cantidad de materia vegetal y mejora las condiciones de vida y desarrollo de los microorganismos del suelo.

Según García (1986)para el éxito en el establecimiento de la vegetación en los tiraderos, es necesario una buena cama de siembra, debe ser firme, no muy suelta para que la semilla no sea colocada a mucha profundidad o muy compacta que prohíba su cubierta, que favorezca la infiltración y almacenamiento de agua y que este relativamente libre de plantas indeseables.

Con ayuda de un tractor se realiza el subsoleo de la última capa de los suelos contaminados, a fin de eliminar los niveles de compactación y ventilar la capa de suelo vegetal, facilitando el proceso de humedecimiento y posterior reforestación.

Distribución de la tierra vegetal en todo el tajo próximo a ser rehabilitado, la distribución se realiza con ayuda de maquinaria, se cubrirá el estéril con una capa de tierra vegetal, con un espesor de 30 a 50 cm a fin de crear las condiciones propicias para la restauración.

### 2.2.2. Selección de especies

La primera decisión que se debe tomar es la elección de especie o especies que se van a utilizar. Comenzando por considerar los factores ecológicos, además habrá que considerar la vegetación que puebla los lugares cercanos Barbero (1994). Siempre que no se desee cambiar la especie o especies principales, la elección de especies no plantea ningún problema, las especies serán las que se encuentran en el sitio a reforestar y será fácil obtener semilla de la vegetación próxima para asegurar la buena adaptación.

### 2.2.3. Siembra y Plantación

La primera decisión a tomar es determinar la época de plantación. La regla general es que se realice entre el cese de crecimiento de otoño y el inicio de primavera es decir durante el periodo de reposo (Barbero, 1994). Sin embargo, para los zacates hay que respetar las épocas que nos indiquen ya que tienen un período específico.

El establecimiento de vegetación de plantas producidas en vivero o extraídas de una zona cercana es más seguro que crezcan, no así la siembra de arbustos mediante semilla por su baja probabilidad de crecimiento, sin embargo si hay las condiciones adecuadas en humedad y si existe una buena cama se podrán realizar estas prácticas, teniendo como objetivo establecer una cubierta vegetal

para disminuir la erosión hídrica, eólica, y mejorar las condiciones de desarrollo para la fauna silvestre.

### 2.2.4. Producción de plantas

La producción de las plantas a utilizar en la rehabilitación, deberá de reproducirse en vivero, con la finalidad de disponer de individuos sanos para asegurarse de su establecimiento y contar con los individuos suficientes para la rehabilitación del lugar. Además de especies extraídas de otros lugares cercanos próximos a ser explotados, ya que con sus características aumentará en porcentaje la sobrevivencia.

La colecta de semilla de árboles y arbustos forrajeros presentes tanto en áreas cercanas como en las zonas donde se desarrollaran los proyectos es una forma deasegurarel germoplasma para la producción de plantas en vivero, adecuadas en cuanto acalidad y capacidad adaptativa al área de restauración.

## 2.3. DESCRIPCION DE ESPECIES SEMBRADAS EN LAS AREASIMPACTADAS.

**Nombre científico: *Bothrichloa ischaemum* (L.) Keng**

**Nombre común: Zacate Bluestem**



Gramínea perenne de tipo rizomatoso con tallos delgados erectos, sencillos o ramificados con moderación, desnudos en la parte superior, sólidos; hojas planas de plegado, 5 a 25 cm de largo 2 a 4.5 mm de ancho, glabras o finamente escabrosas, pilosos, pelos largos dispersos sobre todo en la superficie superior, cerca del cuello; lígula en flecos 0.5 a 1.5 mm de largo;

Inflorescencia una panícula de color purpura que comprende 2 a 10 racimos, cada uno de 2.5 a 9 cm de largo raquis y pedicelos sedoso ciliados suave y pelos largos. Ramas de la inflorescencia sin ramificar, con espículas de solo 2 a 3mm de ancho; inflorescencia con ramas erectas, a menudo adyacentes al eje, en raras ocasiones con más de 8 a 10 cm de alto. Base foliar con un anillo de pelos en vez de una lígula. Gramíneas que crece en lugares áridos y soleados, principalmente en suelos calcáreos, solo en los lugares más cálidos (Díaz, 1976; Cantú, 1989).

**Nombre científico: *Bouteloua curtipendula* (Michx.) Torr.**

**Nombre común  Zacate Banderita**

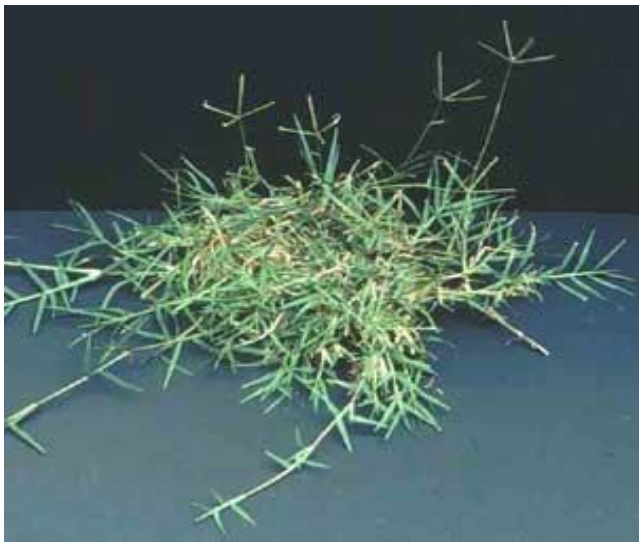


Planta perenne con rizomas, cubierta por escamas, amacollada, tallos erectos, de 50 a 80 cm de altura; Inflorescencia con 30 a 80 ramificaciones pendulantes, cortas de 1 a 3 cm de longitud presentando 1 a 12 o más espiguillas sésiles; márgenes inferiores del limbo levemente ciliados, vellosos; lígula un penacho de densos vellos cortos limbos planos o algo involutos, de 3 a 4 mm de ancho, escabrosos; racimos espigados de 35 a 50 en número; de 1 a 2 cm de longitud, frecuencia de color purpura en los nudos claro abiertas o colgantes y en su mayoría torcidos hacia un lado del eje central delgado, este eje mide de 15 a 25 cm de longitud; espiguillas de 5 a 8 aplicadas a la raquilla o ascendentes, de 6 a 10 mm de longitud; la lema fértil, aguda, mucronada; el rudimento con 3 aristas y un lóbulo intermedio más bien agudo el rudimento con frecuencia reducido e incospicuo (Díaz, 1976).

De acuerdo con Rodríguez (1998) se distribuye en la mayor parte de las entidades de México. Desde Canadá a Montana, sur de Texas y Georgia, a lo largo de los llanos y la región de las montañas rocallosas

**Nombre científico: *Cynodon dactylon* (L.) Pers.**

**Nombre común: Zacate bermuda, zacate pata de gallo**



Planta con tallos rizomatosos y estoloníferas extendidos que forman grandes manchones, crece hasta 50 cm de alto y de 1 a 2 mm de grueso, hojas con lígulas ciliadas, limbo linear lanceolado muy angosto y una nervadura muy prominente; inflorescencia sobre tallos erectos compuesta por 4 a 7 espigas digitadas de 2 a 6 cm de largo y 1 mm de grueso; espiguillas unifloras dispuestas de 2 hileras a un lado del eje de la espiga; fruto de 0.5 a 1 mm de largo, oval y de color rojizo (Gloria *et al.,* 1997).El zacate pata de gallo es perenne con floración casi todo el año y eficientes sistemas de propagación por semillas, rizomas y estolones (Villarreal, 1983).

Se encuentra en regiones cálidas del mundo, en México se distribuye en el norte y sur del país (Rodríguez, 1998).

**Nombre científico: *Eragrotis spectabillis* Steud.**

**Nombre común: Zacate Amor**

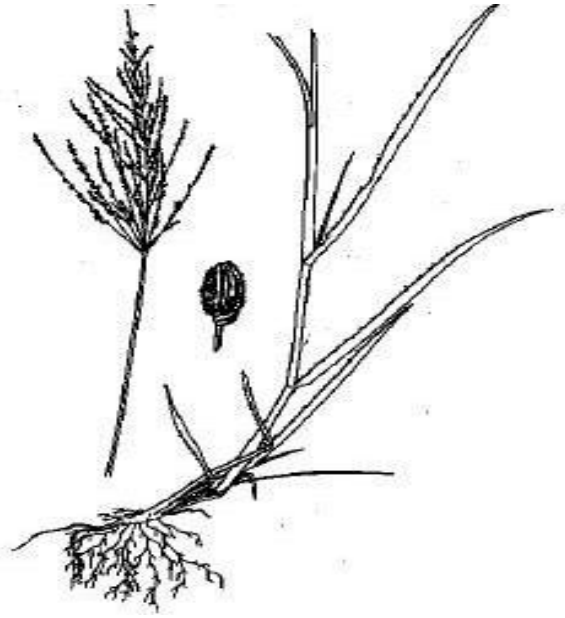


Hierba perenne crece de 30 a 60 cm de alto, cada tallo tiene 3 a 4 hojas alternas, no ramificado, de color verde claro a marrón, glabro y sobre todo oculto por las vainas. Las hojas son de 3 a 8 mm de ancho hasta 25 cm de largo, de color verde, ascendiendo a una amplia difusión por lo general sin pelo(excepto cerca de la base de la hoja). La inflorescencia consta de una panícula de espiguillas ventilada con una amplia difusión de las ramas. A lo largo del eje central de esta panoja, hay verticilos de tres ramas, que se dividen en ramas más pequeñas. Las espigas son de 4 a 7 mm de largo y 1.5 mm de ancho, aplanadas de color purpura pálido a purpura brillante cuando florecen, cada espiga consta de un par de glumas y lemas. El período de floración se produce desde finales de verano a principios del otoño (Díaz, 1976).

**Nombre científico: *Panicum: coloratum* Kunth**

**Nombre común: Zacate Klein**

Es una gramínea perenne, perteneciente a la tribu Paniceae, nativa del continente



africano y adaptado a zonas templado-cálidas a tropicales. Puede alcanzar una altura de 80 – 90 cm o en algunos casos hasta más de 1 metro, presenta hojas densas de color verde a verde azulado de hasta 1,5 cm de ancho con un largo de aproximadamente unos 30 cm. Presenta panojas muy abiertas con una longitud de 6 a 25 cm, con espiguillas de color verde y púrpura con una longitud de 2.5 a 3 mm. Presenta además glumas pequeñas y redondeadas. La forma de diseminación más común es por semillas pero también puede ser por rizomas cortos. Presenta la capacidad de emitir raíces cuando los nudos entran en contacto con el suelo. Es una especie nativa de la sabana africana, desde donde ha sido introducida a diferentes áreas de Sudamérica, Estados Unidos y Australia. El área de cultivo se extiende desde aquellas zonas con 500 mm o más de precipitación. Esta especie es usada como estabilizadora de suelos adaptándose tanto a suelos arenosos como francos o arcillosos dependiendo del cultivar.

**Nombre científico*: Pennisetum ciliare* (L) Link.**

**Nombre común: Zacate Buffel**



Planta con tallos erectos, amacollados plegados en la base, de 10 a 70 cm de alto, cilíndricos ligeramente comprimidos, verdes con manchas purpuras; hojas con vainas comprimidas, lígula ciliada, limbo plano, lanceolado, de 3 a 10 cm de largo y 5 12 mm de ancho; inflorescencia, una panícula espiciforme densa de 2 a 12 cm de largo y de 1 a 2 cm de ancho; espiguillas bifloscularés: una inferior estaminada, otra superior hermafrodita, ambas envueltas por un involucro de pelos largos y plumosos, de 6 a 8 mm de largo, color purpura, unidos en la parte inferior de la espiga.Es una planta perenne con flores desde primavera verano hasta el otoño y su reproducción solo por semillas (Gloria *et al*, 1997).

Su distribución va del norte de México, centro y sur de Estados Unidos, adaptado a regiones tropicales y subtropicales (Rodríguez, 1983).

## 2.4 SUCESIÓN ECOLÓGICA

De acuerdo a Jardel y Sánchez (1989) la sucesión ecológica es un proceso evolutivo que se producen en un ecosistema a lo largo del tiempo. Estos cambios son la consecuencia de las interacciones entre los organismos y los factores abióticos del ecosistema, y producen la sustitución de unos seres vivos por otros.

La sucesión es una tendencia hacia el equilibrio entre los componentes del ecosistema y se producen durante periodos muy largos de tiempo. Así, un ecosistema se va transformando, durante décadas, siglos o milenios, en otro, más complejo y más estable. El estado de madurez máxima recibe el nombre de clímax.

Para explicar la sucesión se han planteado teorías alternativas. Una de las más importantes es la del poli clímax, que sostiene que en un área dada pueden existir diferentes comunidades clímax, puesto que el proceso sucesional no es unidireccional. Para lo cual se han establecido mecanismos distintos de las interacciones entre especies que se dan en la sucesión estos son:

Modelo de facilitación cuando después de una perturbación se abre un espacio para la colonización, solo ciertas especies sucesionales tempranas pueden establecerse. Posterior mente, dominan y modifican el medio, de tal manera que lo hacen inadecuado para la regeneración y el establecimiento de ellas mismas, pero favorable para especies características de los estados avanzados de la sucesión.

Modelo de tolerancia pueden establecerse tanto especies tempranas como tardías, pero solo estas últimas presentaran reclutamiento (incorporación de nuevos individuos a la población) en los estados avanzados.

Modelo de inhibición pueden establecerse tanto tempranas como tardías pero solo aquellas que aseguren un espacio y otros recursos pueden tener reclutamiento e inhibir el desarrollo de otras especies presentes o de las invasoras subsecuentes.

Su reemplazo ocurre solo cuando están debilitadas o mueren por el efecto de algún factor ambiental.

Modelo de neutralidad la sucesión es consecuencia de las diferencias en los ciclos de vida de las especies y en su comportamiento. La estructura de la comunidad está determinada por influencias mutuas particularmente por la competencia. En este caso las relaciones pueden ser de facilitación, tolerancia e inhibición. Este modelo sirve como un eslabón entre los otros tres mencionados.

Para una especie la colonización exitosa depende de una serie de condiciones, disponibilidad de semilla, mecanismo de dispersión, condiciones del suelo, relación planta-herbívoro y época del año en que ocurre el claro.

La sucesión ecológica puede ser de dos formas:

**a.- Sucesión primaria**

Se denomina sucesión primaria a aquella que ocurre en lugares en los que no existen organismos: lugares que experimentaron erupciones volcánicas y glaciares. En ellas se producirá la colonización por algunos seres vivos y después llegarán otros que irán haciendo más complejo el ecosistema.

**b.- Sucesión secundaria**

Se denomina sucesión secundaria a la que es consecuencia de una perturbación en un ecosistema preestablecido. El proceso inverso a una sucesión, que provoca la pérdida de madurez del ecosistema se llama regresión. Ésta puede deberse a un fenómeno natural o a la actividad humana.

Estos desequilibrios pueden ser de origen natural; así, la alternancia entre periodos glaciales interglaciares modifica las condiciones de vida de la vegetación y la formación de suelos. La mayor parte de las sucesiones vegetales están actualmente perturbadas por la acción humana, que interviene en forma de roturación de bosques, la expansión urbanística, la destrucción de suelos o los

incendios forestales. En caso de destrucción grave, la evolución natural que sigue sólo alcanza hasta una situación degradada, y no se recupera el estado original.

## 2.5 ATRIBUTOS BÁSICOS DE LA VEGETACIÓN

### 2.5.1 Densidad

De acuerdo a Caín y Castro (1959) y Cantú (1984) ha sido definida como el número de individuos por unidad de superficie o por unidad de volumen. El número también puede ser expresado como abundancia en el cual los conteos actuales no son hechos, pero para lo cual cada especie es estimada como perteneciente a una clase de abundancia. De manera que expresa el número de individuos promedio de una especie por unidad de superficie,se expresa en el número promedio de plantas de una misma especie por metro cuadrado.

Montani *et al*. (2004) considera que debe tenerse presente que las especies con igual valor de densidad no tienen necesariamente la misma importancia ni distribución en una comunidad.

### 2.5.2Cobertura

De acuerdo con González *et al* (1985) es la proyección vertical o perpendicular sobre el suelo de las partes superiores de una planta y puede visualizarse como la expresión del suelo que se encuentra cubierta por una planta.Se han utilizado numerosos términos para referirse a la cobertura. Los más comunes y de mayor utilidad para describir esta característica en plantas de pastizales son cobertura basal y cobertura aérea.

De acuerdo con (Matteucci y Colma, 1982) la cobertura ha sido utilizada para medir la abundancia de especies cuando la estimación de la densidad es muy difícil, pero principalmente la cobertura sirve para determinar la dominancia de especies o formas de vida.

Cobertura Basal: es aquella que se determina al nivel de suelo.

Cobertura Aérea: se determina considerando el total comprendido por la parte superior de la planta.

### 2.5.3. Frecuencia

De acuerdo a Mostacedo et al. (2000)la frecuencia se define como la probabilidadde encontrar un atributo (por ejemplo una especie)en una unidad muestral y se mide en porcentaje. Se define como el porcentaje (probabilidad) de ocurrencia o aparición de una especie en una serie de muestras del mismo tamaño obtenidas en una estación de vegetación.

### 2.5.4 Altura

De acuerdo con Mostacedo (2000) la altura es uno de los principales parámetros que se miden en una vegetación o una especie. La altura se mide de acuerdo al interés que se tenga y puede ser de forma cualitativa ocuantitativa.

## 2.6. TECNICAS DE MUESTREO

Es necesariocontar con métodos eficientes para cuantificar la vegetación natural, e inducida. Existen métodos expedidos que se adoptan para dar respuestas rápidas, que constituyen en aproximaciones útiles que ayudan a formular decisiones de manejo. Por otro lado, hay métodos más complejos que se adoptan a las investigaciones de largo alcance y que se utilizan mayormente en situaciones experimentales.

La toma de muestreos tiene que economizar tiempo y trabajo comparado con el análisis total; además los resultados deben de ser mucho más significativos que los obtenidos por manera de observación.

De acuerdo con González (1985) se ha dividido a las unidades de muestra en dos tipos fundamentales

A) De parcela
B) Sin parcela

Unidades de muestra de parcela son aquellas que implican la observación de una característica en relación a cierta dimensión que permanece constante mientras se lleva a cabo el reconocimiento. Dependiendo de la forma de parcela, esta puede ser circular, cuadrada o rectangular.

Unidades de muestra sin parcelas son aquellas en las que la observación se lleva a cabo en bases a puntos o distancias por lo que no hay unidades de muestras que presenten dimensiones constantes.

Existen muchas técnicas de muestreo que han sido desarrolladas, a continuación se mencionan las más importantes para los manejadores de pastizales:

### 2.6.1 Método de los cuadrantes

De acuerdo a Mostacedo (2000) es una de las formas más comunes de muestreo de vegetación. Los cuadrantes hacen muestreos más homogéneos y tienen menos impacto de borde en comparación a los transectos. El método consiste en colocar un cuadrado sobre la vegetación, para determinar la densidad, cobertura y frecuenciade las plantas. El metro cuadrado es usualmente usado para frecuencia y producción pero tal vez es muy grande para densidad y cobertura especialmente para hierbas y gramíneas. Un cuadro de 50 $cm^2$ es considerado más preciso para la densidad y cobertura. Huss *et al* (1975) consideran que el tamaño del cuadrante está inversamente relacionado con la facilidad y velocidad de muestreo. El tamaño del cuadrante, también, depende de la forma de vida y de la densidad de los individuos.

### 2.6.2 Parcelas circulares

El método consiste en realizar sitios circulares sobre la vegetación, para poder determinar la cobertura, frecuencia, altura de la vegetación presente. La frecuencia es medida observando si las especies en estudio están presentes o

ausentes dentro del círculo. La densidad es medida por un conteo directo del número de plantas de las especies del estudio dentro del círculo. La cobertura puede ser medida o estimada, la estimación se basa en el porciento del círculo que estácubierto por vegetación.

### 2.6.3 Transecto rectangular

El método de los transectos de acuerdo con Mostacedo (2000) es ampliamente utilizado por la rapidez con se mide y por la mayor heterogeneidad con que se muestrea la vegetación. Un transecto es un rectángulo situado en un lugar para medir ciertos parámetros de un determinado tipo de vegetación. El tamaño de estos puede ser variable y depende del grupo de plantas a medirse. Cantú (1984) menciona que usualmente es de 1m de ancho por 20 m de largo y generalmente se miden parámetros como altura de la planta, abundancia y frecuencia.

### 2.6.4 Transecto lineal

La línea de intercepción se basa en el principiode la reducción de una transecta a una línea. Este método se aplica para estudiar la vegetacióndensa dominada por arbustos y para caracterizarla vegetación graminoide (Canfield, 1941; Cuello, et al., 1991). El método de líneas de intercepciónproduce datos para cálculos de cobertura y frecuenciade especies; es rápido, objetivo y relativamentepreciso (Smith, 1980). La cobertura decada especie es la proyección horizontal de laspartes aéreas de los individuos sobre el suelo y seexpresa como porcentaje de la superficie total. Enlas líneas de muestreo, se procede a contar todaslas intercepciones o proyecciones de las plantas(ramas, tallos, hojas, flores).

### 2.6.5 Punto centro cuadrante

Este método es usado, principalmente, para el muestreode árboles. Este método está basado en la medida decuatro puntos a partir de un centro. Específicamente,consiste en ubicar puntos a través de unalínea. En estalínea, cada cierta distancia (50 o 10 m) o al azar,se debe ubicar un punto a partir del cual se haráel muestreo de la vegetación. En este puntose cruzan dos líneas

imaginarias, con las cualesse obtienen 4 cuadrantes con ángulos de 90°. En cada cuadrante se debe ubicar elárbol más cercano al punto central y tomar ladistancia respectiva. Al final, en cada punto seconsideran solo 4 árboles, de los cuales se puedentomar medidas adicionales como especie, altura, DAP, forma de copa e infestación de bejucos.

### 2.6.6 Puntos de intercepción

Es un método utilizadopara determinar la estructura y composiciónde una formación vegetal y está basado en la posibilidadde registrar las plantas presentes oausentes sobre un punto del suelo (Mateucci y Colma, 1982). Este método también es apto para muestrear vegetación graminoide y arbustiva. En muchos casos sólo se utiliza para documentarla estructura de la vegetación, determinando lacobertura de cada una de las formas de vida enlos diferentes estratos (clases de altura). Estemétodo utiliza una varilla delgada con escalagraduada; ésta se coloca en forma vertical pararegistrar aquellas plantas que se interceptan enlas diferentes alturas. Luego, se anota la forma de vida (hierba, graminoide, sub arbusto, arbusto, árbol, trepadora o epífita.) de cada planta. Generalmente, los puntos se establecencada uno o dos metros, dependiendo de laintensidad de muestreo.

# III.- DESCRIPCION DEL AREA DE ESTUDIO

## 3 .1 UBICACIÓN DEL ÁREA

El presente estudio se realizó, en los tajos IV y V, del área minada en los predios de la compañía minera MICARE, los cuales se ubican en las coordenadas:28º25’30” Norte y 100º39’55” Oeste; en el rancho la sauceda, anteriormente ejido La Sauceda(ver figura 1); a 17 km. del municipio de Nava, y a 25 km. de la Cd. de Piedras Negras; se ubica dentro de la región carbonífera, localizada en el norte del estado de Coahuila.

Asimismo, se ubica en su totalidad en propiedad de MICARE, colindando al noreste con terrenos de la comisión federal de electricidad (CFE), al sureste y sur con terrenos de pequeños propietarios cuyo uso principal es la ganadería, al noroeste y suroeste con terrenos de la misma empresa.

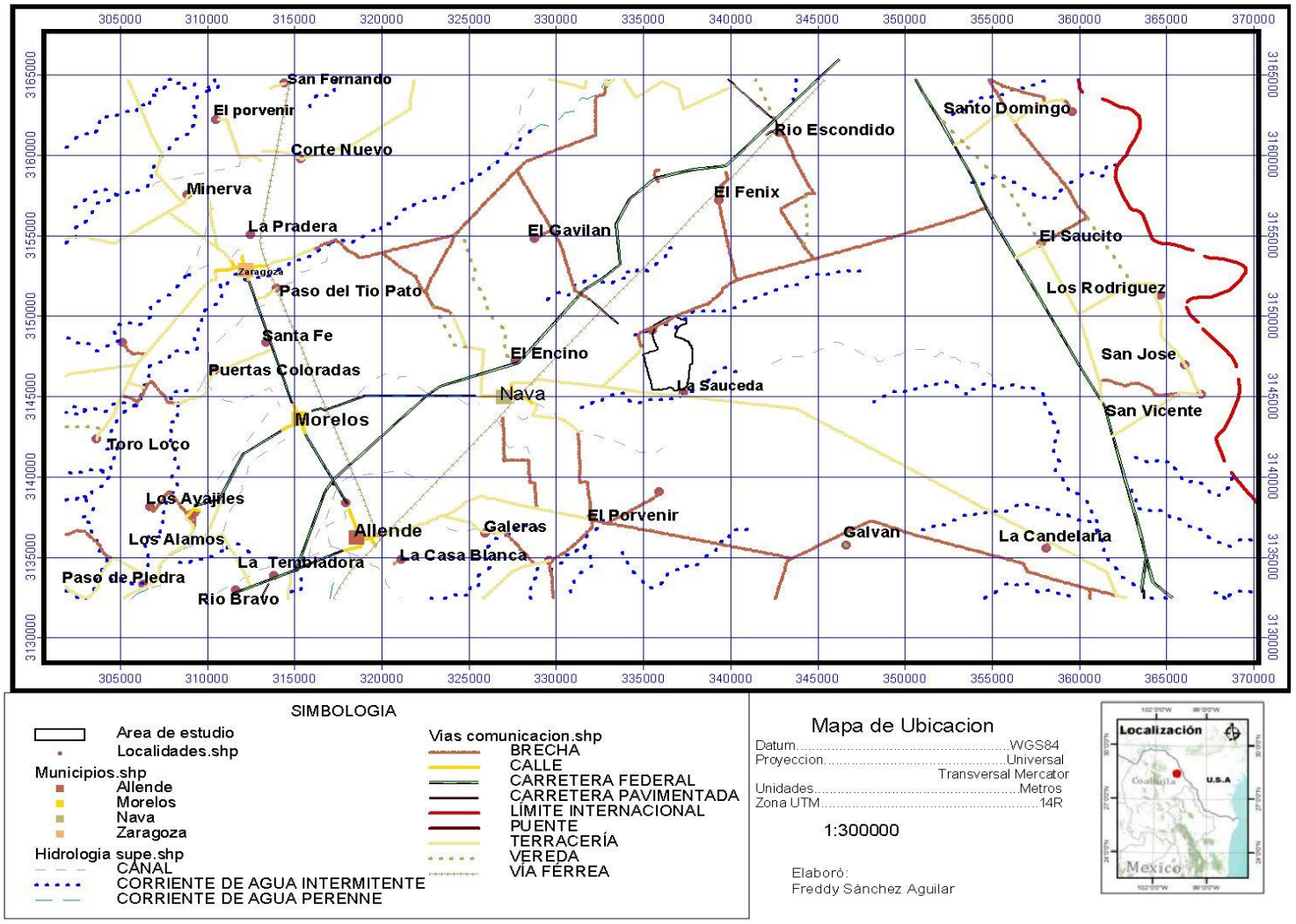



**FIGURA1.-UBICACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO: RANCHO LA SAUCEDA.**

## 3.2. CLIMA

De acuerdo a la clasificación de Koppen y modificado por García (1964). El clima existente es de tipo BSo (h')(x') que corresponde a un clima seco, semiárido con lluvias escasas todo el año y un porcentaje de lluvia invernal mayor del 18% depromedio anual, la precipitación se encuentra en el rango de los 400 a 500 mm, con régimen de lluvias en los meses de, mayo, a septiembre, octubre y escasas en noviembre y diciembre; así como en los meses enero abril (ver cuadro 1 y figura 2); los vientos predominantes soplan en dirección suroeste a velocidades de 16 a 21 km/h la temperatura media anual presente va de 20 a 22ºC, aunque puede alcanzar hasta los 35 a 40ºC en el verano, sin embargo se presenta un invierno frio y húmedo por lo que las heladas no son tan frecuentes. Los vientos predominantes tienen dirección suroeste con una velocidad de 16 a 21 km/hr.

De acuerdo a los datos obtenidos por la estación meteorológica de Allende, ubicada geográficamente, en las coordenadas; 28º20`00" Norte y 100º50`00" Oeste. Datos obtenidos de la página http://smn.cna.gob.mx/climatologia.

**CUADRO 1.- DATOS DE TEMPERATURA Y PRECIPITACIÓN MEDIA MENSUAL, DEL ÁREA DE ESTUDIO.**

| | E | F | M | A | M | J | J | A | S | O | N | D |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **PRECIPITACION NORMAL** | **14.9** | **13.4** | **6.4** | **38.1** | **105.9** | **92.4** | **66.1** | **55.8** | **73** | **42.9** | **28.6** | **15.2** |
| **TEM. MAXIMA MENSUAL** | **28.5** | **30.6** | **35.4** | **37.8** | **41.6** | **40.9** | **42.2** | **43.1** | **40.4** | **36.3** | **32.2** | **29.6** |
| **TEM. MINIMA MENSUAL** | **2.4** | **4.7** | **8.6** | **9.4** | **12.9** | **15.2** | **14.2** | **15.7** | **13.2** | **8.8** | **7.1** | **4.6** |
| **TEMPERATURA MEDIA** | **15.5** | **17.7** | **22** | **23.6** | **27.25** | **28.1** | **28.2** | **29.4** | **26.8** | **22.6** | **19.7** | **17.1** |

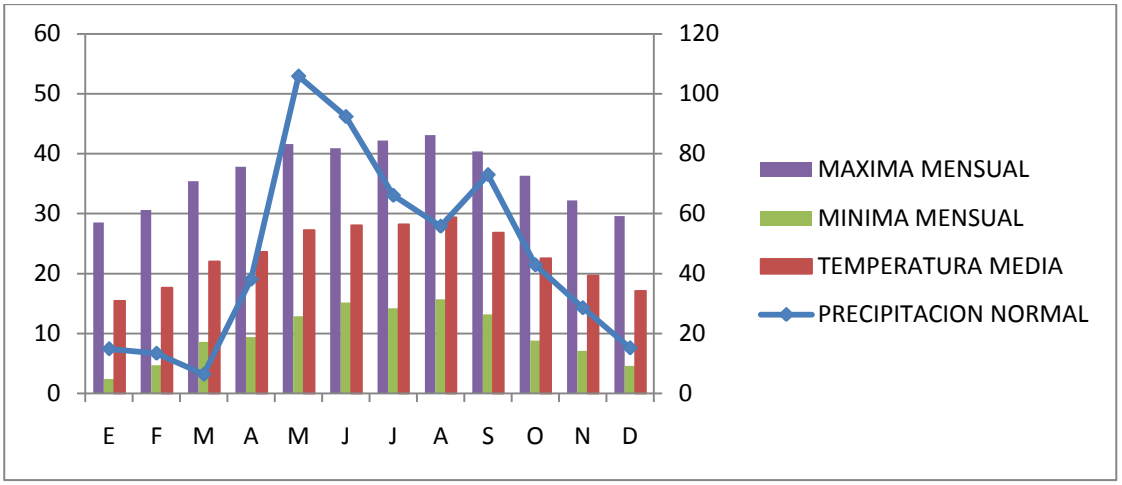



**FIGURA 2.-CLIMOGRAMA DE TEMPERATURA MEDIA Y PRECIPITACIÓN NORMAL.**

## 3.3. FISIOGRAFÍA

México tiene una diversidad de formas de relieve que lo convierte en uno de los países del mundo con mayores características y variedades topográficas. 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.Los lomeríos y llanuras que forman los terrenos de esta subprovincia presentan dos tipos de vegetación: el mezquital y el matorral espinoso tamaulipeco. Citados en (www.cdigital.dgb.uanl.mx).Esta subprovincia es pobre en arroyos de importancia y por la baja precipitación, atribuido a la aridez del clima y a la infiltración del agua al subsuelo.

## 3.4. HIDROLOGÍA

De acuerdo a los trabajos realizados por laComisión Nacional del Agua agrupa al país en 37 regiones hidrológicas, de las cuales el área de estudio forma parte de la región hidrológica 24 denominada Rio Bravo-Corchos, particularmente en la cuenca Rio Bravo-Nuevo Laredo(24E). La cuenca Rio Bravo-Nuevo Laredo, está constituida por dos subcuencas que de norte a sur son: Rio Bravo-Arroyo San Nicolás y Rio Bravo-Arroyo El Amole (www.cdigital.dgb.uanl.mx).

La subcuenca Rio Bravo-arroyo San Nicolás (24Ee), forma parte de la cuenca 24E Rio-Bravo-Nuevo Laredo. Las corrientes de mayor importancia son los Arroyos San Nicolás, de donde toma su nombre y el arroyo Santo Domingo.

La subcuenca Río Bravo-Arroyo San Antonio pertenece a la cuenca Rio Bravo Piedras Negras, pero pertenecen a la misma región hidrológica, con las subcuencas de Rio Bravo-Nuevo Laredo.

Dentro de la región existe la serranía del burro la cual por su elevación produce pequeños escurrimientos intermitentes a la región y sirve como zona de recarga del rio escondido.La hidrología local superficial del terreno dentro del área de estudio se compone por dos corrientes de agua de régimen intermitente (temporal)(figura 3), estas corrientes reciben el nombre de arroyo santo domingo y arroyo la compuerta.

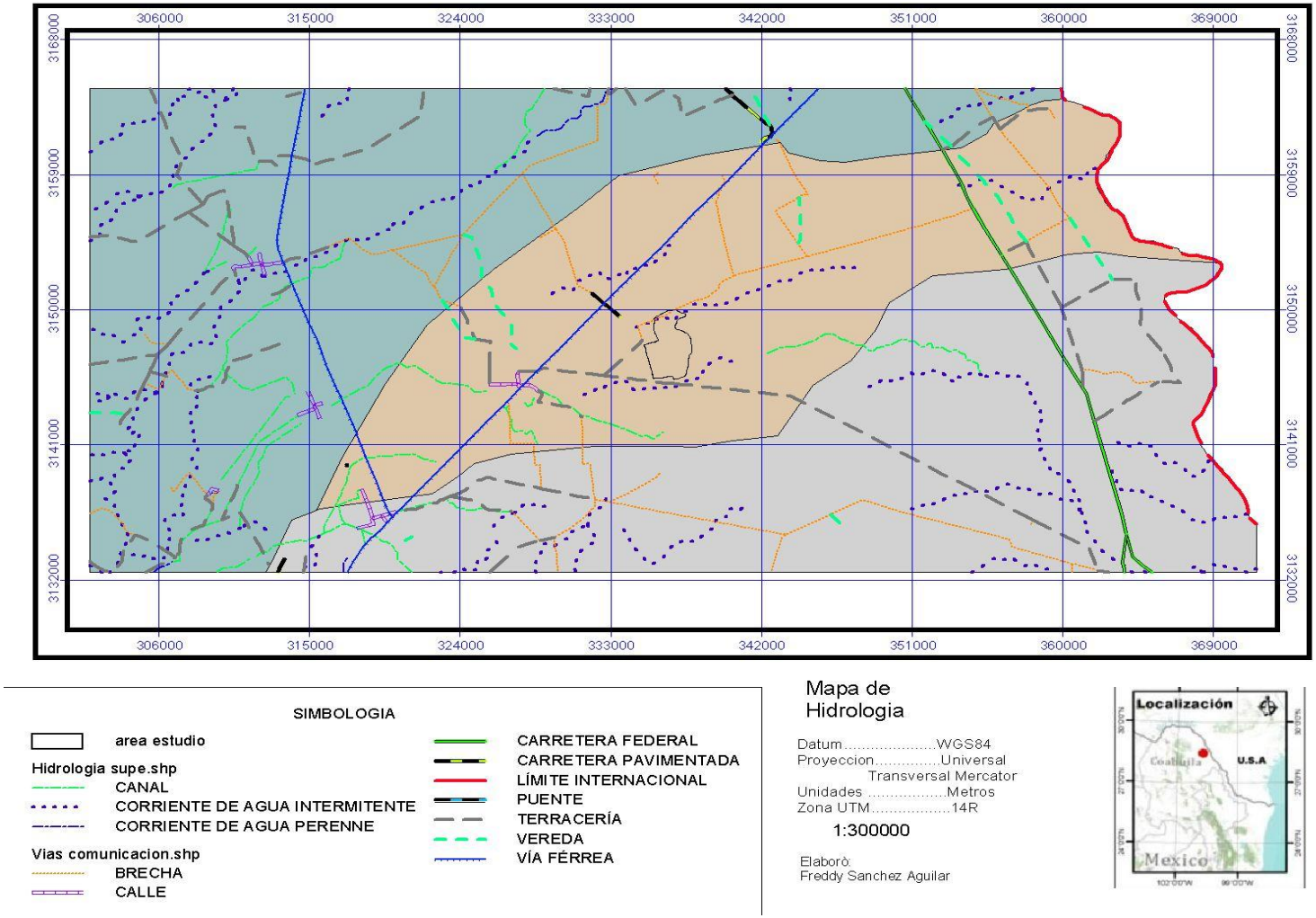



**FIGURA 3.- HIDROLOGIA SUPERFICIAL DE LA SUBCUENCA RIO BRAVO-ARROYO SAN NICOLÁS.**

## 3.5. GEOLOGÍA

La columna geológica de la zona se constituye de rocas de origen sedimentario, marinas del Cretácico que afloran en la Sierra del Burro y que hacia la planicie de Allende-Piedras Negras se encuentran cubiertas por un conglomerado del Terciario y CuaternarioCONAGUA (2009). Además sobre los valles y partes bajas se observa una cubierta de subsuelo de aluvión constituida por grava, arena, limo y arcilla del cuaternario.

En la planicie de Allende-Piedras Negras, los materiales que constituyen el subsuelo se encuentran cubiertos por una delgada capa de 2 a 6 metros de espesor, de material aluvial cuaternario, conformada por depósitos de grava poco compactos, con predominio de rocas ígneas extrusivas, mal clasificadas y semirredondeadas, con fragmentos de pedernal lechoso y esporádicos clastos calcáreos (CONAGUA 2009).

En lo que corresponde al área de estudio además de aluvión de la era del cuaternaria tenemos también una parte de Lulita, también pertenecen al tipo de roca sedimentaria (ver figura4).

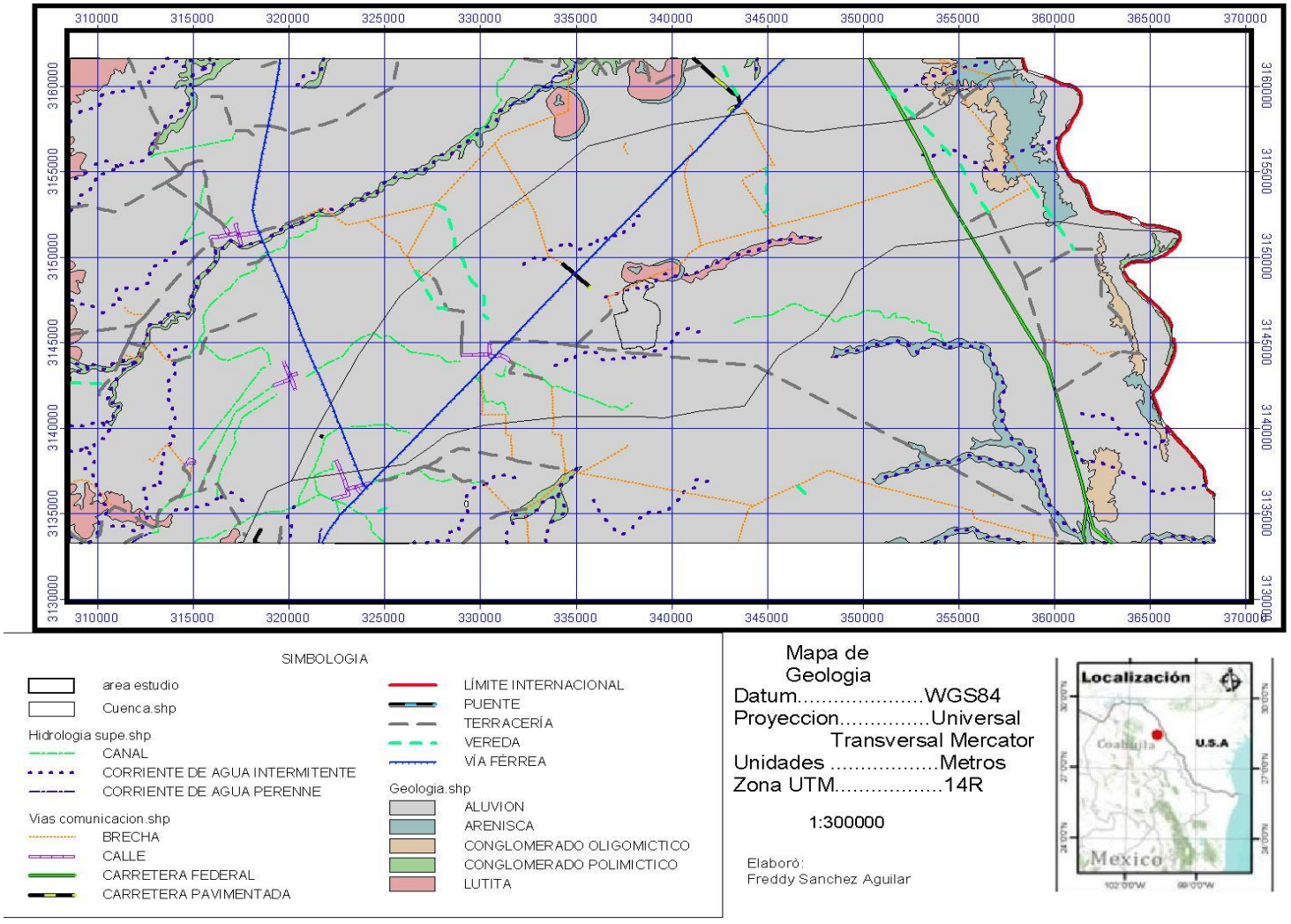



**FIGURA4.- GEOLOGÍA GENERAL DE LA SUBCUENCA RIO BRAVO-ARROYO SAN NICOLÁS**

## 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 haplico (Xh/3)(ver figura5). De acuerdo aINEGI (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 encuentranubicados en zonas semiáridas o de transiciónhacia climas más lluviosos como las sierras y llanuras. En condicionesnaturales tienen vegetación de pastizal, con algunasáreas de matorral. Frecuentemente tienen más 70 cmde profundidad y se caracterizanpor presentar unacapa superior de color pardoo rojizo obscuro, rica enmateria orgánica y nutrientes,con acumulación de calichesuelto o ligeramente cementadoen 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 algúngrado de dureza.

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

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 (l): Suelos con acumulación de arcilla en el subsuelo, Son generalmente de color rojizo o pardo oscuro.

3 representasuelos 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 fácilmentey son menos favorables al laboreo.

2 corresponde a la clase textural Indica el tamaño general de las partículas que forman elsuelo y que en la carta aparecen con números.Se refiere a suelos de textura media, comúnmentellamados francos, equilibrados generalmente enel contenido de arena, arcilla y limo.

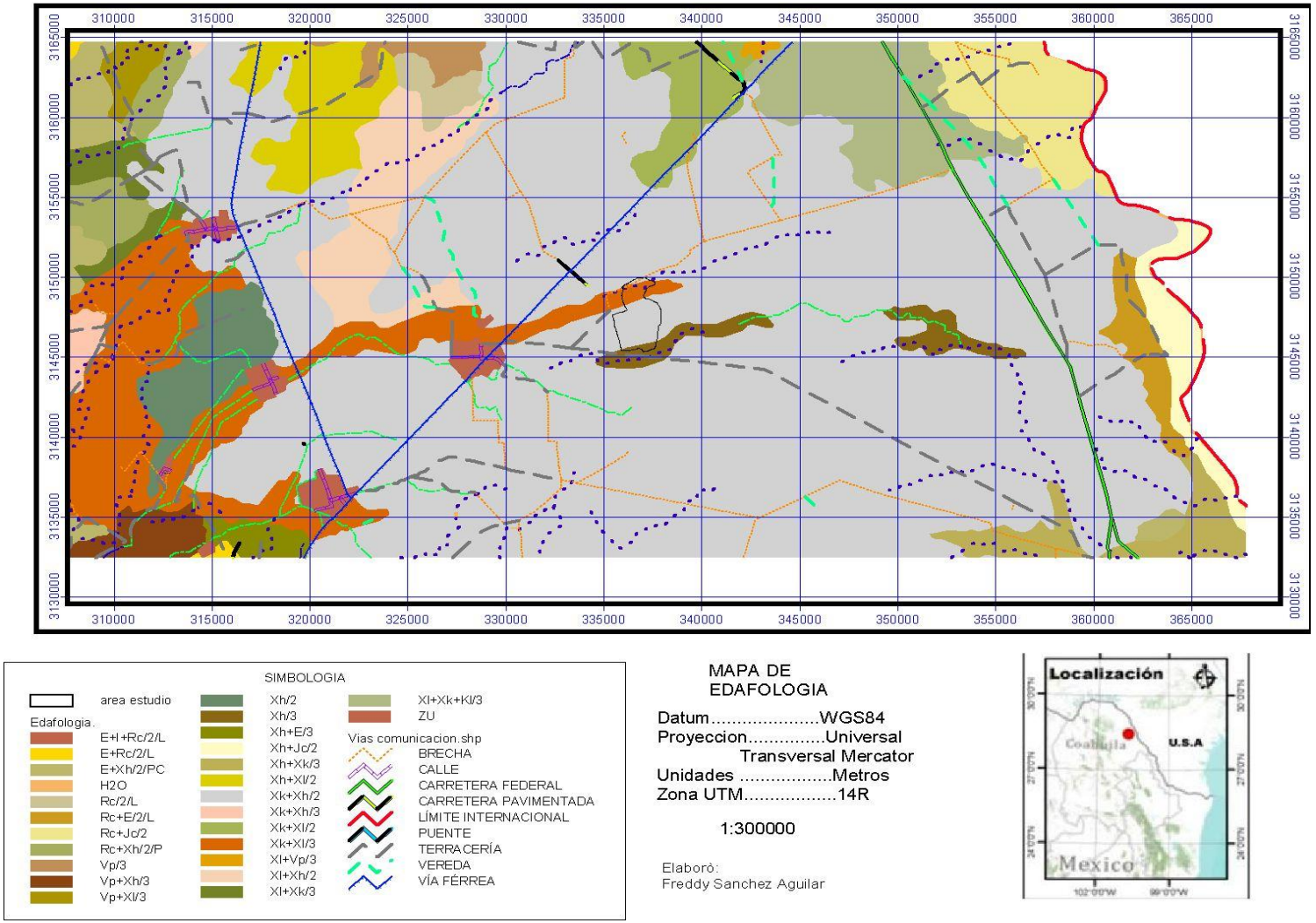



**FIGURA 5.- CLASES DE SUELO DENTRO DE LA SUBCUENCA RIO BRAVO-ARROYO SAN NICOLÁS.**

## 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*.

La vegetación en la zona de Nava, Coahuila se caracteriza por la dominancia de matorral tamaulipeco subinerme el cual está integrado por arbustos espinosos, inermes y caducifolios, entremezclados con los matorrales se desarrollan zacatales naturales. Además existen áreas dedicadas a la agricultura de riego(ver figura6).Actualmente la vegetaciónse ha modificado por la explotación del carbón mineral, así como por actividades agrícolas y ganaderas propias del área, por lo cual se presentanamplias áreas con zacatal introducido.

.

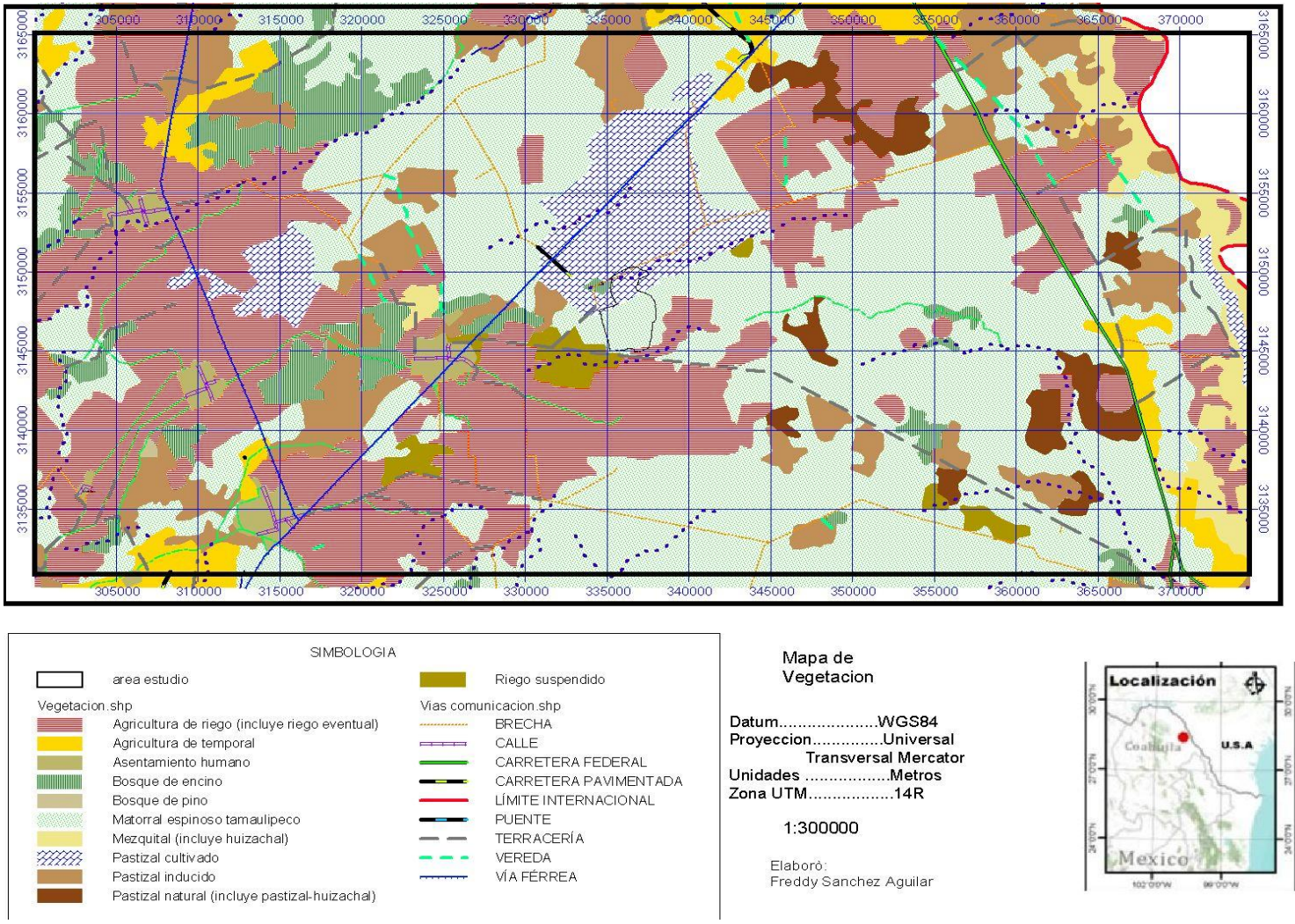



**FIGURA6.- USOS DEL SUELO Y VEGETACIÓN, EXISTENTES EN LA REGIÓN.**

# IV. MATERIALES Y MÉTODOS

## 4.1.- METODOLOGIA

### 4.1.1.-Muestreo

Se utilizó la técnica de muestreo de vegetación por cuadrante, de acuerdo a Huss (1975), el método fue seleccionado por su nivel de confiabilidad y fácil manejo.

Se levantaron datos de 110 sitios de 1 $m^2$ en una superficie de 530 ha, para la delimitación de las parcelas se utilizaron tubos PVC de 1/2". Para el levantamiento de datos se eligió el lugar por donde se iniciaría con el muestreo, seleccionando el lugar de la primera parcela, entre cada parcela se tiene una equidistancia de 100 m.

Se evaluaron los siguientes atributos de la vegetación: altura cobertura y frecuencia. Para la evaluación de los zacates existentes en cada parcela se dividió el cuadrado en cuatro partes, esto para tener una mayor facilidad de estimar la cobertura de cada parcela. Posterior a obtener la medición de la cobertura, se procedía a identificar los tipos de zacates que encontraban dentro de la parcela, y se anotaban en los formatos de campo, para la medición de la altura, se midió directamente con un flexómetro y se anotó en centímetros.

Para la evaluación en el área natural, se realizaron parcelas circulares de 100 $m^2$ de superficie, para la delimitación de la parcela se ocupó una cuerda de 5.65 m de larga, de igual manera se midieron los atributos de cobertura, frecuencia y altura, tanto para arbustos como en el estrato herbáceo, para los arbustos, se realizó de la siguiente manera: se realizó la medición de la cobertura, se midieron los dos diámetros extremos de la copa, además se midió la altura total con un flexómetro. Se tomaron datos de 20 sitios para el área no impactada de una superficie de 115 ha.

Para realizar las mediciones del estrato herbáceo, en esta misma área, se colocó el cuadrado utilizado anteriormente, en las parcelas del área impactada, estos sitios quedaron en el centro de la parcela circular, se realizó la misma operación que se utilizó en el área rehabilitada. Se colectaron ejemplares botánicos de zacates y se tomaron fotografías de las especies para su posterior identificación.

## 4.2. SIEMBRA DE MEZCLAS DE LAS SEMILLAS EN PARCELAS.

Se establecieron parcelas experimentales con mezclas de siete zacates diferentes, para lo cual se realizó lo siguiente:

Se realizaron todas las combinaciones posibles de las semillas, el área seleccionada fue donde se acababa de extender la tierra fértil, se calcularon las proporciones correspondientes de cada una de las especies, de acuerdo a los procedimientos que el departamento de ecología y medio ambiente ocupa para la rehabilitación del área (cuadro 2), se realizó el pesado, mezcla y embolsado de las semillas, hasta dejarlas listas para posterior mente efectuar la siembra, para la identificación de las parcelas se utilizaron estacas de 50 cm de altura. Las parcelas se prepararon con rastreo para revolver la tierra y dejarla lista para efectuar la siembra, utilizando un tractor y su implemento (rastra). Para la delimitación de las parcelas se ocupó una cinta métrica, una pala y las estacas.

**CUADRO 2.- CANTIDAD DE SEMILLA A SEMBRAR POR HECTÁREA Y PARCELA.**

| | Especie | Símbolo | Kg de semilla/ha | % de semilla/parcela |
|---|---|---|---|---|
| 1 | Bermuda gigante | BC | 2 | 0.0008 |
| 2 | Bermuda gigante | BG | 2 | 0.0008 |
| 3 | Zacate amor | LG | 2 | 0.0008 |
| 4 | Zacate Klein | K | 2 | 0.0008 |
| 5 | Zacate Buffel | B | 5.5 | 0.0022 |
| 6 | Zacate Bluestem | BL | 3 | 0.0012 |
| 7 | Zacate banderita | SG | 3 | 0.0012 |

Las parcelas ocupan una superficie de 4 $m^2$ con una separación entre parcela y parcela de 50 cm, la siembra se realizó con una sembradora manual, la cubierta de la semilla se realizó manualmente con ramas de huizache. Después de realizar la siembra se delimitó el perímetro completo con cinta amarilla (de prohibido el paso) esto con la finalidad de protegerlo de las personas que pudieran transitar por ahí con la maquinaria pesada.

Debido a que solo ocurrieron lluvias durante los primeros quince días después de la siembra, fue necesario aplicar riegos de auxilio, para la cual se estableció que se aplicarían los riegos los días lunes y viernes. El riego se realizó con un camión cisterna, de la misma empresa.

# V. RESULTADOS

## 5.1 COMPARACION DE ATRIBUTOS DE LAS AREASREHABILITADAS Y AREAS CON VEGETACION NO IMPACTADA.

### 5.1.1. Riqueza de Especies

### 5.1.2. Áreas Rehabilitadas.

Se encontraron las siete especies de zacates que la empresa siembra en los taludes de los tajo para estabilizarlos y restaurar las aéreas afectadas, además de éstas especies se encontraron tres especies más de zacates que se establecieron de forma natural y propios de comunidades vegetales adyacentes, así como hierbas anuales yperennes. Lo anterior demuestra que en el sitio se están estableciendo gramíneas nativas y plántulas de arbustosnativos iniciándose un proceso de restablecimiento de la vegetación natural.

De las especies encontradas, que tienen mayor del 50% de frecuencia, son: zacate buffel (*Pennisetum ciliare*) 53.64% y zacate klein (*Panicum coloratum*) 50.91%, los cuales fueron los más representativos de la superficie evaluada y por ello son las especies dominantes. Debido al crecimiento del zacate buffela manera de macollos, con altura promedio de 68 cm y con tendencia a desplazar a las otras especies de zacate, especialmentelas de porte bajo como los zacates bermuda.

La especie con menor frecuencia, de las siete sembradas fue el zacate banderita (*Bouteloua curtipendula*) con un 8.18%y en general las menos representativas fueron: *Aristida*spp. 1.82% y zacate punta de algodón (*Digitaria californica*) con un 2.73 % (cuadro 3).

Dentro del área rehabilitada, donde la cobertura es casi del 90%, se presentan claros sin vegetación, donde la erosión de los taludes es evidente. Esto señala la

necesidad de mantener una cobertura del 100% en los taludes y de esta forma evitar la erosión.

**CUADRO 3.- ATRIBUTOS ESTRUCTURALES DE GRAMÍNEAS EN LAS ÁREASREHABILITADAS.**

| Nombre científico | Nombre común | Altura media (cm) | Cobertura individual (%) | Frecuencia (%) |
|---|---|---|---|---|
| *Pennisetum ciliare* | Zacate buffel | 68.81 | 27.38 | 53.64 |
| *Panicumcoloratum* | Zacate Klein | 74.01 | 24.86 | 50.91 |
| *Cynodon dactylon* gigante | Bermuda gigante | 36.17 | 10.39 | 26.36 |
| *Bothriochloa ischaemum* | Bluestem | 64.03 | 9.18 | 32.73 |
| *Setaria leucopila* | Tempranero | 35.24 | 7.23 | 30.91 |
| Hierbas anuales | Hierba anual | 23.74 | 6.66 | 26.36 |
| *Eragrotis spectabilis* | Zacate amor | 42.09 | 4.36 | 22.73 |
| *Cynodon dactylon* común | Bermuda común | 38.21 | 4.19 | 12.73 |
| *Bouteloua curtipendula* | Zacate banderita | 47.37 | 3.21 | 8.18 |
| Hierbas perennes | Hierba perenne | 54.36 | 1.84 | 4.55 |
| *Digitaria californica* | Zacate punta de algodón | 36.15 | 0.34 | 2.73 |
| *Aristidaspp.* | Zacate tres barbas | 45.26 | 0.11 | 1.82 |

## 5.2 ÁREAS CON VEGETACIÓN NATURAL NO IMPACTADAS

En las áreas con vegetación natural dominan especies del matorral tamaulipeco, los arbustos tienen alturas que van de 54.93 cm hasta los 217.8 cm. Los arbustos que tienen mayor son: Cenizo (*Leucophyllum frutescens*), presente en todos los sitios muestreados, seguido por mezquite (*Prosopis glandulosa*) y colubrina (*Colubrina texensis*) con más del 85% de frecuencia, la vara dulce (*Eysenhardtia texana*) tiene una menor frecuencia, siendo esta de 30%. De las especies dominantes el mezquite presenta mayor porcentaje de cobertura siendo este de 20.94%, en comparación con el cenizo el cual tiene un 18.54% de cobertura. Las

especies con menor cobertura son *Diospyros texana* (0.90%), *Ebenopsis ebano* con (0.324%) y *Gutierrezia sarothrae* (0.879 %), así como otras especies que se muestran en elcuadro 4.

**CUADRO 4.- ATRIBUTOS ESTRUCTURALES DE ESPECIES ARBUSTIVAS EN ÁREAS NO IMPACTADAS.**

| ARBUSTOS | | | | |
|---|---|---|---|---|
| **Nombre científico** | **Nombre común** | **Altura media (cm)** | **Cobertura individual (%)** | **Frecuencia (%)** |
| *Leucophyllum frutescens* | Cenizo | 115.71 | 18.548 | 100 |
| *Prosopis glandulosa* | Mezquite | 217.83 | 20.945 | 95 |
| *Colubrina texensis* | Colubrina | 113.05 | 13.894 | 85 |
| *Lycium berlandieri* | Cilindrillo | 169.63 | 11.473 | 75 |
| *Lippia graveolens* | Orégano | 132.63 | 10.883 | 65 |
| *Castela erecta* | Chaparro amargoso | 68.19 | 4.502 | 35 |
| *Eysenhardtia texana* | Vara dulce | 63.28 | 3.959 | 30 |
| *Jatropha dioica* | Sangre de drago | 154.36 | 3.418 | 25 |
| *Celtis leavigata* | Palo blanco | 105.84 | 2.546 | 20 |
| *Celtis pallida* | Granjeno | 138.21 | 1.955 | 20 |
| *Acacia farnesiana* | Huizache | 146.37 | 1.795 | 15 |
| *Acacia berllandieri* | Guajillo | 218.48 | 1.765 | 15 |
| *Parkinsonia texana* | Palo verde | 86.26 | 1.469 | 15 |
| *Diospyros texana* | Chapote | 168.36 | 0.909 | 5 |
| *Gutierrezia sarothrae* | Escobilla | 54.93 | 0.879 | 15 |
| *Calia secundiflora* | Colorín | 87.46 | 0.733 | 10 |
| *Ebenopsis ebano* | Ébano | 58.31 | 0.324 | 10 |

El estrato herbáceo presenta especies anuales y perenes con una altura promedio que va desde 11.32 cm hasta los 37.27 cm. las especies más representativas con una frecuencia superior al 50%, son zacates como zacate tres barbas (*Aristida purpurea*) con 80%, zacate tempranero (*Setaria leucopila*) 70%, zacate toboso

(*Hilaria mutica*) 65%, *Partheniumhysterophorus*60% y zacate navajita (*Bouteloua trifida*) con un 15% de frecuencia (cuadro 5).

Estos zacates en el área tienen importancia como alimento para el ganado y sirven de hábitat para la fauna silvestre. Además se encontraron herbáceas no palatables y de tipo ruderal como el trompillo (*Solanum elaeagnifolium).*

La cobertura total de herbáceas anuales y perennes, alcanzó casi el 76%, esto es debido a que fue un año con elevadas precipitaciones pluviales.

**CUADRO 5. ATRIBUTOS ESTRUCTURALES DE HERBÁCEAS EN EL ÁREA NO IMPACTADA**

| **HERBACEAS** | | | | |
|---|---|---|---|---|
| **Nombre científico** | **Nombre común** | **Altura media (cm)** | **Cobertura individual (%)** | **Frecuencia (%)** |
| *Aristada purpurea* | Zacate tres barbas | 25.31 | 30.13 | 80 |
| *Setaria leucopila* | Zacate tempranero | 37.27 | 2.88 | 70 |
| *Hilaria mutica* | Zacate toboso | 15.26 | 7.69 | 65 |
| *Parthenium hysterophorus* | Flor blanca | 25.36 | 10.26 | 60 |
| *Simsiaamplexicaulis* | Chimalaco | 11.32 | 0.64 | 40 |
| *Pappophorummucronulatum* | Zacate plumero | 35.15 | 14.74 | 35 |
| *Eragrotis*spp. | Zacate amor | 22.15 | 4.17 | 30 |
| *Cynodondactylon* | Bermuda | 15.38 | 3.21 | 30 |
| *Panicumcoloratum* | Zacate Klein | 27.08 | 2.56 | 30 |
| *Tridenstexanus* | Zacate tridente | 30.26 | 2.56 | 30 |
| *Solanumelaeagnifolium* | Trompillo | 24.27 | 4.49 | 25 |
| *Chloriscucullata* | Zacate pata de pollo | 25.61 | 2.88 | 25 |
| *Cevalliasinuata* | Mala mujer | 28.16 | 2.56 | 25 |
| *Muhlenbergia*sp. | Zacate aparejo | 16.73 | 1.28 | 25 |
| *Digitaria californiana* | Zacate punta de algodón | 26.01 | 1.92 | 20 |
| *Bouteloua trifida* | Zacate navajita | 32.13 | 8.01 | 15 |

## 5.3 EVALUACION DE COBERTURA EN PARCELAS.

La realización de la siembra de parcelas tiene como objetivo evaluar las combinaciones de especies con mejores resultados para seleccionarlasmás adecuadas para rehabilitación a futuro.

Se realizaron mediciones de la cobertura aérea durante el periodo de crecimiento en las parcelas con las diferentes mezclas de zacates. En el cuadro 6 se muestran las combinaciones de zacates que alcanzaron mayor cobertura.En el cuadro 6 se muestra que las parcelas 111 y 57 que estánintegradas por las especies:bermuda gigante (*Cynodondcatylon*), zacate Klein (*Panicumcoloratum*), zacate buffel (*Pennisetumciliare*), y zacate banderita (*Boutelouacurtipendula)*en cuanto a la parcela 57 que está compuesta por Bermuda común y gigante (*Cynodondactylon)*, zacate amor (*Eragrostisspectabilis*), zacate Klein (*Panicumcoloratum*) son las parcelas que obtuvieron mayor crecimiento durante los primeros3 meses.

**CUADRO 6.- COMBINACIÓN DE PARCELAS CON MAYOR COBERTURA.**

| Numero de parcela | Parcelas | Costo por parcela | Cobertura ($m^2$) |
|---|---|---|---|
| 111 | BG-K-B-BL-SG | 1.539 | 85 |
| 57 | BC-BG-LG-K | 0.61 | 85 |
| 41 | BG-K-B | 0.831 | 80 |
| 95 | BC-BG-LG- B-BL | 1.21 | 80 |
| 7 | BG-LG | 0.365 | 80 |

Por su parte las parcelas con menor porcentaje de cobertura se muestran en el cuadro 7. De esta forma se tiene que en las parcelas 19 y 20 las dominantes son los zacates: zacate Klein (*Panicumcoloratum*), zacate banderita (*Boutelouacurtipendula*)y la parcela 20 con las especies de zacate buffel(*Pennisetumciliare*),zacate Bluestem(*Bothriochloaischaemum*).

**CUADRO 7.- COMBINACIÓN DE PARCELAS CON MENOR COBERTURA.**

| Numero de parcela | Parcelas | Costo por parcela | Cobertura ($m^2$) |
|---|---|---|---|
| 19 | K-SG | 0.574 | 10 |
| 20 | B-BL | 0.796 | 10 |
| 21 | B-SG | 0.796 | 15 |
| 120 | BC-BG-LG-K- B-BL-SG | 1.784 | 15 |

Simbología:
BERMUDA COMUN BC
BERMUDA GIGANTE BG
LOVE GRASS LG
KLEIN K
BUFFEL B
BLUESTEM BL
SIDEOATGRAMA SG

# VI. CONCLUSIONES

El área impactada presenta un 89% de cobertura y es mayor que el área no impactada, la cual es de 75.9%, en el estrato herbáceo; el área no impactada presenta una cobertura de arbustos de 28.65% y no está presente en el área no impactada y que posee vegetación natural.

La riqueza de especies es mayor en el área no impactada, a pesar de presentar mayor espacio sin cubierta vegetal; los espacios sin cubierta se presentan por varios factores, entre ellos, que en el área se desarrollaba agricultura, la cual se abandonó por el aprovechamiento minero, de modo que la vegetación arbustiva es de tipo secundario con la perturbación agregada del pastoreo del ganado bovino.

En las áreas no impactadas y durante la temporada de lluvias, las hierbas anuales, alcanzan altos valores de cobertura, mientras que en las áreas impactadas son las especies de zacate sembrados los que dominan sobre las especies nativas. Los zacates dominantes son: buffel, klein, bluestem y como excepción al zacate tempranero que es nativo.

Se observó el proceso de sucesión secundaria con el establecimiento de pequeñas plántulas de arbustos nativos, además de algunas especies de zacates en las áreas impactadas.

Si consideramos el criterio de que una especie es representativa cuando tienen una frecuencia superior al 50% las especies representativas en el área impactada son:*Pennisetumciliare*, *Panicumcoloratum*y en el área no impactada son: *Leucophyllumfrutescens, Prosopis glandulosa, Colubrinatexensis, Lyciumberlandieri, Lippiagraveolens*, y en cuanto herbáceas tenemos que son, *Aristida purpurea, Setarialeucopila, Partheniumhysterophorus*e *Hilaria mutica.*

La cobertura como atributo es un estimador de la cantidad de biomasa que presentan las especies, en este sentido las especies con mayor cobertura en áreas impactadas son: *Pennisetum ciliare, Panicum coloratum* y en la no impactada son: *Prosopis glandulosa, Leucophyllum frutescens, Colubrina texensis, Aristida purpurea* y *Pappophorum mucronulatum.*

Las mezclas más exitosas en cuanto al establecimiento de zacates son las combinaciones, Bermuda gigante, Klein, Buffel, Bluestem, banderita y Bermuda común, Bermuda gigante, Zacate amor y Klein (parcelas 111 y 57), que alcanzaron el mayor crecimiento y mayor cobertura. En estas parcelas coinciden en que están presentes el zacate Buffel y Klein, que también resultaron las especies dominantes en las áreas rehabilitadas.

# VII. RECOMENDACIONES

Para el trabajo de rehabilitación se recomienda utilizar los zacates buffel (*Pennisetum ciliare*) y klein (*Panicum coloratum*).

Realizar la siembra de las semillas en los taludes, con prácticas mecánicas que eviten que el suelo y la semilla sean arrastradas por el agua, evitar las prácticas mecánicas como el rastreo a favor de la pendiente, debiéndose realizar en forma perpendicular a esta. En las coronas de los tajos se puede seguir sembrando al boleo.

Para la rehabilitación de los terrerosimpactados no se recomienda utilizar especies como banderita (*Bouteloua curtipendula*), bermuda común y gigante (*Cynodon dactylon),* zacate amor (*Eragrotis spectabilis*), ya que en los porcentajes de cobertura y frecuencia estuvieron muy por debajo de las demás especies de zacates.

Promover la regeneración natural de las especies arbustivas en las áreas rehabilitadas a través de excluir el pastoreo de ganado.

Las mezclas más adecuadas para trabajos de rehabilitación son las siguientes mezclas: Bermuda gigante (*Cynodon dactylon)*,buffel (*Pennisetum ciliare*), Bluestem (*Bothriochloa ischaemum)*, zacate banderita (*Bouteloua curtipendula)* y Bermuda común y gigante (*Cynodon dactylon)*, zacate amor(*Eragrotis spectabilis*),zacate Klein (*Panicum coloratum*).

## VIII. LITERATURA CITADA


Aguirre V. E. y Huss D.L. 1983. Fundamentos de manejo de pastizales. Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey. División de Ciencias Agropecuarias y Marítima,Monterrey N.L., México,78 p.

Barbero M. A., González R. F. y Catalán B. G. 1994. Manual de forestación en tierras agrícolas. Ministerio de Agricultura, pesca y alimentación. Madrid, 42 p.

Cantú, B. 1989. Gramíneas del Norte de México. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. UnidadTorreón, Departamento de Producción animal, Coahuila, México.

Cantú, B. 1984. Manejo de pastizales. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Unidad Torreón, Departamento de Producción animal, Coahuila, México. 71 p.

COMISIÓN NACIONAL DEL AGUA (CONAGUA).2009. Determinación de la disponibilidad de agua en el acuífero 0501 allende-piedras negras, estado de Coahuila 10 p.

Díaz, P. 1976. Manual de gramíneas. Universidad Autónoma Metropolitana. División ciencias biológicas y de la salud, Departamento deproducción agrícola y animal. Departamento del Hombre y su medio ambiente. Mimeógrafo. 103 y 250 p.

Enciclopedia de los Municipios de México estado de Coahuila Nava. 2005. Instituto Nacional para el Federalismo y el Desarrollo Municipal,Gobierno del Estado de Coahuila.

García, E. 1987. Modificación al sistema de clasificación climática de Koppen. Instituto de Geología U.N.A.M. 4ª ed. 31 p.

García S. J. 2002. Manual de repoblaciones forestales I. fundación conde del Valle de Salazar, escuela técnica superior de ingenieros de montes. Madrid, España. 413 p.

García, V. J. J. 1986. Rehabilitación de Minas a cielo abierto. Tesis Monografía, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. 96 p.

Gloria H. G., Pérez R. L. y López G. J.J. 1997. Plantas de pastizales y bosques, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, serie recursos naturales. México 35 p.

González M. H. y Reginaldo de la Luna V. 1985 Memorias curso de actualización sobre manejo de pastizales, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. División ciencia animal, Buenavista Saltillo, Coahuila, México. 104 y 120. p.

INEGI. 2004. Guía para la interpretación de cartografía edafología. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. México, 9 y 21. p.

Jardel P. E.; Sánchez V., L. R. 1989. La sucesión forestal: fundamentoecológico de la silvicultura. Ciencia y Desarrollo 14(84): 33-43.

Matteucci, D. S. y A. Colma. 1982. Metodología para el estudio de la vegetación. Secretaría General de la Organización de los Estados Americanos, Washington, D. C. 168 p.

Miranda F., Hernández, X. E. 1964. Los tipos de vegetación de México y su clasificación. Boletín de la Sociedad Botánica de México. 42 p.

Montani T. y Busso C. 2004. Métodos de estudio de la vegetación. Guía de trabajo practico de ecología. Departamento de Agronomía Universidad Nacional Sur.19 P.

Mostacedo B.,Fredericksen. 2000b. Manual de métodos básicos de muestreo y análisis en ecología vegetal. BOLFOR. Santa Cruz, Bolivia .8 a16 y 28, 29 p.

Rodríguez, C. B. 1998. Gramíneas forrajeras de zonas áridas, distribución y características. Universidad Autónoma Chapingo. México, D.F. 53 p.

Rzedowski J. 1983. Vegetación de México. Ed. Limusa México D.F. 1a.ed. 238 p.

Silva M.C. 1981. Unidades del suelo interpretadas para su uso e ingeniería civil y aprovechadas por el campesino. 2ª ed. 29 p.

Villarreal Q. J.A. 1983. Malezas de Buenavista, Coahuila. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.México. 220p.

Villarreal, J.A., J. Valdés y J. L. Villaseñor. 1996. Corología de las asteráceas de Coahuila, México. Acta Botánica. México. 36: 29-42.

Villarreal-Quintanilla J.A. y J. Valdés-Reyna. 1992-93. Vegetación de Coahuila, México. Revista de la Sociedad Mexicana de Manejo de Pastizales 6:9-18.

SITIOS DE INTERNETMARZO, 2011

Centro de información y Comunicación Ambiental del Norte de América, A.C. www.ciceana.org.mx

www.cdigital.dgb.uanl.mx/te/1080111909/1080111909/_02.pdf

http://www2.ine.gob.mx/publicaciones/libros/109/cap2.html

http://www2.ine.gob.mx/publicaciones/libros/16/parte3_12.html

http://smn.cna.gob.mx/climatologia/normales/normales-estacion.html.

## IX. ANEXO FOTOGRAFICO

## MEMORIA FOTOGRAFICA DEL TRABAJO REALIZADO



Figura 1.- Topografía del suelo formado por lomeríos de tierra estéril, y rehabilitados con zacates.



Figura 2.- Distribución de tierra vegetal, sobre el estéril, en las áreas próximas a rehabilitar.



Fotografía 3.- Área impactada por aprovechamiento minero y rehabilitado con zacates. Área que será muestreada.



Figura 4.- Técnica de muestreo de herbáceas utilizando una parcela de 1 $m^2$.



Figura 5.- Como parte de la evaluación se incluyeron áreas no impactadasadyacentes a los sitios minados.



Figura 6.-Establecimiento de la parcela circular de 100 $m^2$ para medición de arbustos, al centro se observa una parcela de 1 $m^2$para medir herbáceas.



Figura 7.- Debido al crecimiento irregular de los arbustos se midieron las coberturas mayor y menor de cada individuo.



Figura 8.- Identificación y selección de semilla de zacates a sembrar.



Figura 9.- Pesado, mezclado y embolsado de semilla para realizar la siembra.



Figura 10.- Sembrado de las diferentes mezclas de semilas de zacates.



Figura 11.- Para cubrir la semilla se removió el suelo con ramas de huizache.




Figura 12.- Establecimiento de parcelas experimentales para la siembra de zacates, estas tienen una superficie de 2 x 2 m.



Figura 13.- Aplicación de riegos de auxilio con un camión cisterna.