

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA  
“ANTONIO NARRO”  
DIVISIÓN DE INGENIERÍA**



**EVALUACIÓN DE VEGETACIÓN SOMETIDA AL PROCESO DE  
REHABILITACIÓN ECOLÓGICA EN UNA MINA A CIELO ABIERTO**

**Por:**

**SÓCRATES SOTO QUINTERO**

**TESIS**

Presentada como Requisito Parcial para

Obtener el Título de:

**INGENIERO AGRÍCOLA Y AMBIENTAL**

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México

Diciembre 2013

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA "ANTONIO NARRO"**  
**DIVISIÓN DE INGENIERÍA**  
**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DEL SUELO**

EVALUACIÓN DE VEGETACIÓN SOMETIDA AL PROCESO DE  
REHABILITACIÓN ECOLÓGICA EN UNA MINA A CIELO ABIERTO

Por:  
**SÓCRATES SOTO QUINTERO**

TESIS

**QUE SE SOMETE A LA CONSIDERACIÓN DEL H. JURADO  
EXAMINADOR COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL  
TÍTULO DE:**

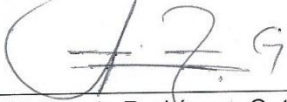
**INGENIERO AGRÍCOLA Y AMBIENTAL**

**APROBADA**

  
M.C. Alejandra Rosario Escobar Sánchez  
ASESOR PRINCIPAL

  
Dr. Arturo Gallegos del Tejo  
COASESOR

  
M.C. Felipe Abencerraje Rodríguez  
COASESOR  
Universidad Autónoma Agraria  
"ANTONIO NARRO"

  
M.C. Luis Rodríguez Gutiérrez  
COORDINADOR DE LA DIVISIÓN DE INGENIERÍA

  
Coordinación de  
Ingeniería

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México  
Diciembre 2013

# **AGRADECIMIENTOS**

## **A MI “ALMA MATER”**

La Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Por haberme abierto las puertas al conocimiento de la verdad y darme la oportunidad de una formación ética, moral y profesional para ejercerla en mi vida laboral.

**AL DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DEL SELO** y a todo el personal labora en el

## **A MICARE**

Por darme la oportunidad de realizar la Tesis con la información que obtuve realizando mis prácticas profesionales

## **A MIS MAESTROS**

Por los conocimientos transmitidos, experiencias y consejos brindados durante mi formación académica dentro de la universidad.

## **A MIS ASESORES**

**M.C. ALEJANDRA R. ESCOBAR SANCHEZ, Dr. Arturo Gallegos del Tejo y M.C. Felipe Abencerraje Rodríguez**

Por su apoyo y valiosa aportación de conocimientos brindados para la realización de este trabajo de investigación convirtiendo la presente tesis en un éxito en mi vida.

## **A MIS AMIGOS**

Alexander Evaristo, Rodrigo, Mauricio, Héctor, Eleazar, Pale, Abraham, Alfredo, Eligio, Luis Manuel, Eder, Jazmín, Nora, Monce, Iris, Jaime, Ricardo, Juan, Arturo, Techí, Yane.

A Clari; por ser la persona quien me inspiro confianza, cariño y amor; en una parte de esta etapa de todo corazón gracias.

**A TODAS LAS PERSONAS QUE CONTRIBUYERON EN EL CUMPLIMIENTO DE ESTA META, INFINITAS GRACIAS A TODOS USTEDES QUE HICIERON REALIDAD ESTE SUEÑO.**

# DEDICATORIA

## A DIOS

Por nunca haberme abandonado en los momentos más difíciles de mi vida siempre estuvo a mi lado y me proporcionó las fuerzas para culminar con esta etapa tan importante para mí.

A San Daniel Comboni por ser quien me inspiró a trabajar por las personas que más lo necesitan y a nunca darme por vencido a pesar de los obstáculos que se cruzaron en mi camino en este proceso.

## A mis padres

### **Casimiro Soto Cantú y Soledad Quintero Flores**

Por sus oraciones por que creyeron en mi y estaban seguros de que este día llegaría; ustedes me otorgaron los tesoros más valiosos que puede dársele a un hijo: la vida, la educación y el amor a quienes sin escatimar esfuerzo alguno han sacrificado gran parte de su vida para formarme gracias a ello hoy culmino una etapa más en mi vida.

De todo corazón muchas gracias y les dedico mi trabajo

## A mis hermanos.

### **Albanelly, Raciél, Roberto y Nephtalí.**

Por formar parte de mi e inspirarme para luchar ante cualquier adversidad en la vida y siempre mirar hacia adelante afrontando las cosas con inteligencia y valentía. Hermanos les dedico este trabajo porque ustedes también formaron parte de él.

## A MIS ABUELITOS.

GERVACIO QUINTERO CECILIA Y AGUSTINA FLORES MENDOZA (FINADOS)

Sé que desde el cielo ustedes siempre estuvieron con migo y nunca me abandonaron; les agradezco por enseñarme su sencillez.

FIDENCIA CANTÚ ALMAZAN

Por ser la persona que de quien he aprendido muchas cosas en la vida. Le doy gracias a Dios por haberme dado la oportunidad de convivir con usted.

## ÍNDICE DE CONTENIDO

AGRADECIMIENTOS.....	II
DEDICATORIA .....	IV
ÍNDICE DE CONTENIDO .....	V
ÍNDICE DE TABLAS.....	VII
ÍNDICE DE FIGURAS.....	VIII
RESUMEN.....	IX
ABSTRACT .....	X
INTRODUCCIÓN.....	1
OBJETIVOS .....	3
Objetivo general.....	3
Objetivo específico.....	3
HIPÓTESIS .....	3
JUSTIFICACIÓN .....	4
REVISIÓN DE LITERATURA.....	5
Minería .....	5
América Latina.....	5
La actividad Minera en México.....	6
El Carbón.....	8
Región Carbonífera de Coahuila .....	9
Minería y Comunidades .....	11
Minería y Salud Laboral .....	13
Minería y Medio Ambiente .....	14
Rehabilitación Ecológica.....	16
Importancia Rehabilitación Ecológica.....	16
Características de la Rehabilitación Ecológica.....	17
Sucesión Ecológica.....	18
Corredores Biológicos .....	21
Abundancia.....	23
Densidad.....	23
Cobertura.....	23
Dominancia.....	24
MATERIALES Y MÉTODOS .....	25

Localización del Sitio de Muestreo .....	25
Materiales .....	26
Atributos de los Tipos de Vegetación (Densidad, Frecuencia, Cobertura e Índice de Importancia). .....	26
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	30
Biodiversidad de Especies por Formas de Vida Vegetal. ....	34
Observación. ....	36
CONCLUSIÓN .....	37
RECOMENDACIONES .....	38
LITERATURA CITADA.....	39

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Transectos de muestreo: .....	30
Tabla 2. Flora presente en los sitios de muestreo: .....	31
Tabla 3. Valor de Importancia ecológica para árboles y arbustos. ....	32
Tabla 4. Arbusto total de muestreo. ....	33
Tabla 5. Herbáceas total de muestreo. ....	34
Tabla 6. Rango de medición de la diversidad según el índice de Shannon-Weiner. ....	34
Tabla 7. Índice Shannon-Weiner de arboles muestreados. ....	35

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Cuencas de carbón en Coahuila.....	10
Figura 2. Localización de los principales yacimientos de carbón en México.....	11
Figura 3. Muestra visión panorámica del sitio de muestreo. ....	25
Figura 4. Establecimiento de la parcela arbustiva. ....	27
Figura 5. Medición de altura en arbustos. ....	28
Figura 6. Ojo del observador entre la punta y la base del árbol. ....	29
Figura 7. Vegetación predominante en el área de rehabilitación ecológica (Acacia fernesiana).....	29



## RESUMEN

La minería es el conjunto de actividades referentes al descubrimiento y la extracción de minerales que se encuentran debajo de la superficie terrestre. Los minerales pueden ser metales y no metales.

La actividad minera, como la mayor parte de las actividades que el hombre realiza para su subsistencia, crea alteraciones en el medio ambiente, desde las más imperceptibles hasta las que representan claros impactos; es así como surge la inquietud y/o necesidad de crear nuevas estrategias para disminuir el impacto al medio ambiente de una manera eficiente.

Este trabajo consiste básicamente en realizar un monitoreo de la comunidad vegetal representativa en un área que operó como mina a cielo abierto, actualmente está en proceso de rehabilitación ecológica.

Las principales variables que se tomaron en cuenta para determinar el estado actual de la vegetación fueron: Valor de importancia ecológica, Densidad, Densidad real, Frecuencia relativa, Altura media, Diámetro medio, Condición de la vegetación presente, Cobertura y Número de especies. Se realizó la comparación de los resultados obtenidos con la vegetación arbórea (*Acacia farnesiana* y *Prosopis glandulosa*) de un sitio que no ha sido afectado; también se discutió la importancia de las demás variables analizadas. Se menciona como estará la vegetación en un panorama a futuro en el área en proceso de rehabilitación ecológica.

**Palabras clave:** Mina a cielo abierto, Rehabilitación ecológica, Carbón térmico, Carbón metalúrgico.

## ABSTRACT

Mining is the set of activities relating to the discovery and extraction of minerals that lie beneath the Earth's surface. Minerals can be metals and non-metals.

Mining activity, as most of the activities of man for their subsistence, creates changes in the environment, from the most imperceptible to those that represent clear impacts; so comes the concern or need to create new strategies to reduce the impact to the environment in an efficient manner.

This work mainly consists of making a representative plant community in an area that operated as open pit mine, is currently in the process of ecological rehabilitation monitoring.

The main variables taken into account to determine the current state of the vegetation were: Value of ecological importance, density, particle density, relative frequency, average height, and average diameter, condition of the vegetation present, coverage and number of species. Was conducted comparing the results obtained with arboreal (*Acacia farnesiana* and *Prosopis glandulosa*) vegetation of a site that has not been affected; also discussed the importance of the other variables analyzed. Referred to as the vegetation in a scenario in the future in the area in the process of ecological rehabilitation will be.

**Key words:** Mine open pit, ecological rehabilitation, thermal coal and metallurgical coal.

## INTRODUCCIÓN

La explotación minera a cielo abierto suele impactar la vegetación, alterar radicalmente el paisaje y perturbar totalmente el ecosistema. Si no se conducen debidamente, las actividades mineras suelen tener consecuencias importantes fuera del área directamente afectada, sobre todo por la descarga de residuos con sedimentos, productos químicos, metales o acidez alterada. Es demasiado frecuente el abandono de minas, con escaso o nulo tratamiento de rehabilitación ecológica, lo cual puede tener efectos ambientales destructivos. Estas acciones perjudican gravemente la reputación de la industria minera, es natural que la minería encuentre a menudo oposición, sin embargo la minería y los minerales son esenciales para el desarrollo futuro puesto que contribuyen a mantener y elevar los niveles de vida en todo el mundo.

Para que la industria minera contribuya eficazmente al desarrollo sostenible futuro, debe adoptar y aplicar rigurosamente en todo el mundo unas prácticas sanas de gestión ambiental. Ante todo, necesita minimizar las repercusiones ambientales en el sitio y sus colindancias durante la fase operacional. Debe asimismo extraer y utilizar los recursos de manera eficiente promoviendo la elaboración y el uso adecuado de sus productos. Esto significa que tras la explotación debe rehabilitarse la condición del terreno de manera que su valor sea igual o mayor al que tenía antes de ser alterado.

En este trabajo se presenta un informe de la evaluación y evolución de especies de flora representativa dentro del proyecto "Tajo III" un área donde hace algunos años la empresa minera (MICARE) se dedicaba a la explotación de carbón térmico (Mina a cielo abierto), actualmente este sitio está en proceso de rehabilitación ecológica.

La Rehabilitación Ecológica consiste en crear prácticas con potencial promisorio para reducir la extensión de tierras degradadas, así como la oportunidad de evaluar científicamente el conocimiento sobre el desarrollo y funcionamiento de los ecosistemas (Bradshaw 1987); esto suele ser una meta con mayor viabilidad, ya que el fin es lograr condiciones parecidas pero no necesariamente iguales al ecosistema existente antes de la perturbación, con el

paso de los años es de gran importancia realizar un seguimiento a los cambios en el tiempo de los atributos del ecosistema, establecer su evolución así como la cercanía o consecución de la meta propuesta, lo cual es usualmente monitoreado a través de los cambios en la composición florística.

## **OBJETIVOS**

### **Objetivo general**

- Evaluar y conocer la vegetación sometida al proceso de rehabilitación ecológica en un área que fue explotada como mina a cielo abierto (Tajo III) tomando en cuenta las siguientes variables: Densidad, Condición de la vegetación presente, Cobertura y Número de especies.

### **Objetivo específico**

- Monitoreo de la comunidad vegetal utilizando el método del cuadrante en un área que operó como mina a cielo abierto "*Tajo III*".
- Conocer el estado actual de la vegetación y proponer estrategias para la conservación y mantenimiento del área.

## **HIPÓTESIS**

Es importante conocer el estado actual de la rehabilitación ecológica en el Tajo III para plantear estrategias que ayuden a mantener un equilibrio ecológico en esta área.

## JUSTIFICACIÓN

La minería a cielo abierto es una actividad industrial de alto impacto ambiental, puesto que en el momento de entrar a operar desplaza la capa superficial donde está arraigada la vegetación; las actividades biológicas que en ella se realizaban se ven afectadas totalmente, por ello, al finalizar la etapa de extracción del mineral es necesario realizar buenas prácticas de rehabilitación ecológica. Es muy importante realizar monitoreos en el transcurso del tiempo para así poder plantear estrategias (ajustes) que requiera en su momento el ecosistema.

En este trabajo se presenta un informe de la evaluación y evolución de especies de flora presentes dentro del proyecto "*Tajo III*", un área en donde durante algunos años la empresa minera (MICARE) utilizó para la explotación de carbón térmico (Mina a cielo abierto) y que actualmente está en proceso de rehabilitación ecológica.

# REVISIÓN DE LITERATURA

## Minería

La minería es el conjunto de técnicas que el hombre utiliza para extraer los minerales, combustibles y otros materiales de la corteza terrestre. Los depósitos de minerales pueden estar casi en la superficie o aparecer a gran profundidad. En función de la posición de los minerales en la corteza se utilizan distintos métodos de extracción:

- Minas de superficie
- Minas subterráneas:
  - Minería de roca blanda, como la del carbón, que emplea herramientas comunes
  - Minería de roca dura
- Minería por pozos de perforación

## América Latina

Durante la última década del siglo XX el contexto en el que se desarrollan las actividades mineras a nivel mundial, sufrió modificaciones importantes debido a los procesos de apertura y liberalización de la economía, que tuvieron lugar en la mayoría de los países del sur global. En muchos países la legislación se modificó sustancialmente, con el objeto de crear entornos favorables y “competitivos” para la atracción de inversiones. América Latina y el Caribe se convirtieron en la región que atraía la mayor parte de la inversión minera en exploración a nivel mundial, actividad liderada por empresas canadienses. A fines del año 2000, las empresas canadienses contaban con alrededor de 1200 propiedades mineras en la región.

El total de inversiones en ese rubro, alcanzado ese año en la región fue de cerca de 662 millones de dólares (USD), con lo que se mantuvo su posición como líder (*André Lemieux, “Canada’s Global Mining Presence”, julio de 2001*).

## **La actividad Minera en México**

México cuenta con una amplia riqueza de minerales en todo su territorio, tanto en minerales metálicos como en no metálicos. En nuestro país se encuentran yacimientos de clase mundial, como son las salinas de Guerrero Negro, las más grandes del planeta; el yeso de la Isla San Marcos y de la costa oriental de la península de Baja California, con reservas de 70 años; Las Cuevas, la mina más grande de fluorita en el mundo; Fresnillo, el yacimiento de plata más rico y más grande que haya descubierto la humanidad; Molango, el depósito más importante de manganeso en Norte América; las minas de carbón de la Cuenca de Río Escondido (MICARE), entre otras. Además, el sector minero mexicano se mantiene como líder mundial en la producción de plata y en 2001 se ubicó en los primeros diez lugares de producción mundial de 18 minerales.

El sector minero aporta entre el 1.17% y 1.5% del producto interno bruto nacional, mantiene un saldo positivo en la balanza de pagos y contribuye con el 1.5% del empleo nacional. De manera estimada, la producción minera nacional representa el 2.4% de la producción minera mundial, México ocupa el 9º lugar en la producción minera mundial y el 4º lugar en la producción minera de Latinoamérica. Los países a los cuales se exportan la producción minera nacional, son Estados Unidos de Norte América, Japón, República del Perú, Suiza, República Dominicana y Canadá, entre otros.

La estructura productiva del sector minero, se caracteriza por un alto grado de concentración. En el año 2000 la gran minería aportó, en promedio, el 84.1% del valor total de la producción minero-metalúrgica nacional, la mediana minería contribuyó con el 13.0% y la pequeña minería aportó el 2.9%. Durante el periodo 1992-2002 se han otorgado un total de 21,490 títulos de concesión minera, de los cuales el 80.2% corresponden a concesiones para realizar exploración y el 19.8% restante son concesiones para explotación, lo que muestra la intensa actividad en materia de exploración realizada en el sector durante la última década. Esto es consecuencia, principalmente, de los cambios en la legislación minera que permitieron la entrada de inversión extranjera a principio de los años noventa,



resultando en el descubrimiento de gran cantidad de yacimientos, muchos de ellos se encuentran actualmente en etapa de explotación.

Las tendencias internacionales de la minería, revelan diversos eventos que se desarrollan recientemente e inciden en las empresas mineras de nuestro país. Uno de los más importantes se refiere al exceso de oferta de la producción mundial de minerales, derivado del incremento en las producciones mineras de diversos países; esto conlleva a la baja en los precios internacionales de los minerales en términos reales, situación que se acentuó los últimos cinco años; otro aspecto importante lo constituye el cambio en la demanda de minerales como resultado de cambios demográficos, nuevos materiales y productos emergentes, así como el incremento en el uso de materiales reciclados, entre otros; merece atención también la aplicación de minerales estratégicos claves que recientemente tienen un uso y aplicación importantes en el desarrollo de productos de alto consumo, tal es el caso del Cobre, el Oro, el Platino, el Titanio y el Zinc.

En el marco de estas tendencias, se ubica la estructura global del sector minero mundial la cual se caracteriza por ser un sistema integrado por empresas que ocupan nichos definidos y utilizan diversas estrategias comerciales, para reducir riesgos, crear oportunidades y tener una movilidad ascendente en el sistema. En esta estructura se ubican las grandes empresas multinacionales, empresas intermedias (medianas), empresas estatales, empresas “junior” y los gestores de proyectos mineros.

Otras tendencias indican que la inversión minera mundial, está a la alza en América Latina con lo que se vislumbran importantes perspectivas para nuestro país. En México se proyecta un incremento en la inversión total del sector, sin llegar a alcanzar los máximos niveles de la pasada década; se tiene proyectado también que las inversiones serán del tipo de tecnologías limpias, con miras a proteger el medio ambiente, dar mayor seguridad a los trabajadores y favorecer las ventajas competitivas de las empresas. Existe también la tendencia de que la explotación y la exploración se presenten como nichos independientes.

En diversos países continuarán las reformas a la legislación minera y de políticas fiscales en apoyo a la actividad minera. Las fusiones y alianzas se presentan como estrategias clave de las grandes empresas, no sólo para tener un mayor porcentaje de participación en el mercado, sino para lograr obtener economías de escala y abatir los altos costos de producción.

## **El Carbón**

El carbón es una roca sedimentaria orgánica, se forma a partir de la descomposición de materia orgánica vegetal y la acción de bacterias anaeróbicas, depositados principalmente en zonas pantanosas, lagunares de poca profundidad. Estos fueron depositados hace millones de años y debido a los movimientos tectónicos de la corteza terrestre y a las altas presiones y temperaturas a los que fueron sometidos, esta materia sufre transformaciones físicas y químicas, que con el transcurso del tiempo, forman al carbón.

El mercado exige distintas propiedades, principalmente el poder calorífico, esto para poder ser comercializado, entre los que destacan: el carbón térmico y metalúrgico. El primero se utiliza en la producción de calor, básicamente en hornos, generación de vapor y otros sistemas térmicos. El segundo, se consume en el área siderúrgica para la producción de coque. La producción nacional de carbón en 2012 fue de 34.8 millones de toneladas, lo que representó una disminución de 12.3% respecto a las 39.7 millones de toneladas producidas en 2011.

Coahuila, preponderantemente, es el principal productor en México, aunque Sonora también ha registrado producción desde 2003, sin embargo, ésta no ha alcanzado un dígito porcentual. La balanza comercial del carbón es deficitaria debido a que nuestras exportaciones sumaron 76.6 millones de dólares en 2012, mientras que importamos 1,021.9 millones de dólares, 13.3 veces más que lo que exportamos, con un balance comercial negativo de 945 millones de dólares. Con base al World Coal Institute, la producción mundial en 2011 alcanza un promedio de 7,678 millones de toneladas. Los primeros cinco países productores son China, EU, India, Australia e Indonesia.

## **Región Carbonífera de Coahuila**

La Región Carbonífera de Coahuila, también designada “Cuenca de Sabinas” es la más importante del país, aportando más del 90% de la producción nacional de carbón, de acuerdo a las últimas cifras indicadas por el Servicio Geológico Mexicano (2003). Esta región se ubica en la porción norte-central del estado de Coahuila y se extiende al oriente hasta incluir una pequeña área del estado de Nuevo León(Figura 1) (Robeck et al., 1956; Flores-Galicia, 1988; Flores-Espinoza, 1989; Brizuela, 1992).Dumble (1892) y Vaughan (1900) realizaron los primeros estudios geológicos, describiendo las formaciones de la región. Böse y Cavins (1927), en base a la bioestratigrafía europea, asignaron la edad a estas unidades.

Finalmente, Stephenson (1927) definió las formaciones tal y como se conocen hasta ahora. El estudio geológico más completo en ese entonces fue el de Robeck et al. (1956), en el que se describe detalladamente la estratigrafía y estructura de la región de Sabinas, y se estiman las reservas de carbón. Otros trabajos más recientes han sido publicados por Flores-Galicia (1988), Consejo de Recursos Minerales (1994) y Rivera-Martínez y Alcocer-Valdés (2003), quienes han actualizado el cálculo de las reservas.

La Región Carbonífera de Coahuila, también designada “Cuenca de Sabinas”, aunque tal y como se ha indicado anteriormente, comprende una cierta parte del territorio de Nuevo León, se divide en dos sub-regiones. La primera se localiza al sur de las poblaciones de Nueva Rosita y de Sabinas, y se extiende hasta las cercanías de Monclova (Figura 1), cubriendo una superficie aproximadamente de 10,000 km<sup>2</sup>. La segunda se localiza en el área Nava-Piedras Negras, se extiende en una franja paralela al Río Bravo del Norte, cubre una superficie de aproximadamente 2,000 km<sup>2</sup> y se le designa “Zona de Fuentes-Río Escondido”, nombre tomado de una pequeña mina del área. (Robeck et al.,1956; Flores-Galicia, 1988; Verdugo y Ariciaga, 1988a, b; Flores-Espinoza, 1989; Brizuela, 1992).

Geológicamente, la Cuenca de Sabinas está constituida por ocho “subcuencas” que corresponden con sinclinales amplios, cuya orientación NW-SE se ajusta a la estructura regional. Estas subcuencas localmente se designan como Sabinas, Esperanzas, Saltillito, Lampacitos, San Patricio, Las Adjuntas, Monclova y San Salvador (Flores-Galicia, 1988). Las rocas que afloran dentro de la Región Carbonífera de Coahuila varían en edad del Jurásico Tardío al Cuaternario (Flores-Galicia, 1988; Eguiluz de Antuñano, 2001). Los materiales mesozoicos están esencialmente representados por rocas sedimentarias de ambientes marinos; los sedimentos del Terciario y Cuaternario se componen principalmente por rocas de tipo continental, incluyendo algunos derrames de basalto, las cuales han sido estudiadas por varios autores, entre ellos Robeck et al. 1956).



Figura 1. Cuencas de carbón en Coahuila.



Figura 2. Localización de los principales yacimientos de carbón en México.

### Minería y Comunidades

Un problema medular en la Ley Minera, se relaciona con el papel marginal que juegan las comunidades.. La exclusión de las comunidades de la toma de decisiones sobre proyectos que involucran cambios fundamentales en su entorno y en su vida, puede llevar a situaciones en donde los derechos humanos (entendidos en una perspectiva amplia, que incluye los económicos, sociales y culturales) y el medio ambiente son severamente lesionados.

Los pueblos indígenas, por su parte, no son mencionados en ningún momento en la Ley Minera. Esta situación se registra también en el resto de las leyes, que determinan las posibilidades de participación de los pueblos indígenas en proyectos mineros. En la práctica, los pueblos indígenas cuentan con escasos recursos jurídicos para defender su derecho a la información, consulta y decisión en el diseño y ejecución de políticas de desarrollo.

Este derecho es reconocido por el Convenio 169 de la Organización Internacional del Trabajo (OIT), que como compromiso internacional, tiene carácter de ley suprema en el derecho mexicano. Este convenio presenta planteamientos más avanzados que los reconocidos por la Ley de Derechos y Cultura Indígena aprobada por la Cámara de Senadores en abril de 2001. Esta ley

—que se inscribe en el contexto de las negociaciones de paz entre el gobierno federal y el Ejército Zapatista de Liberación Nacional (EZLN) surgidas a raíz del conflicto que estalló en enero de 1994 en Chiapas y que ha sido rechazada por el EZLN— ha sido criticada por defensores de la autonomía indígena, debido a la escasez de posibilidades reales que surgen para que los pueblos indígenas puedan superar la situación de desventaja y marginación en que se encuentran sin tener que abandonar su identidad étnica y su carácter comunitario.

En términos de jerarquía constitucional, el Convenio 169 ocupa una posición más elevada que la Ley Minera. Sin embargo, es difícil que este convenio se constituya como herramienta de acceso a la justicia para los pueblos, debido a diversas barreras, como por ejemplo los altos costos y el elevado nivel de especialización requeridos para llevar a buen término un proceso ante tribunales, más aun si estos son internacionales. En este último caso existe una complicación más, debido a que la OIT sólo recibe demandas de sindicatos u organizaciones de trabajadores, tales como cooperativas, lo que implicaría que los pueblos indios dispuestos a hacer uso de este recurso, tendrían que organizarse primero como organización de trabajadores o bien vincularse de manera estrecha y efectiva con una organización de esta naturaleza.

La Constitución Mexicana establece que los derechos minerales pertenecen a la nación y no a los propietarios de los terrenos. Esta disposición, junto con la que hace de la minería una actividad prioritaria, considerándola superior a usos alternativos de la tierra, desequilibra las relaciones entre las empresas mineras y los propietarios de la tierra, individuales o colectivos. La Ley Minera, establece para la empresa la obligación de presentar el contrato de arrendamiento o venta de la propiedad, al momento de hacer la solicitud, o bien presentar “evidencias” de que la empresa “intentó” llegar a establecer dicho contrato. En este último caso, la Secretaría de Economía designa un dictaminador, encargado de verificar la “necesidad” de llevar a cabo la expropiación, así como los daños que puedan causarse al interés público. En este contexto, la amenaza de expropiación de las tierras, se convierte en un elemento efectivo para hacer que los propietarios acepten tratos poco justos.

Por otra parte, el hecho de que se encargue a un sólo dictaminador verificar la “necesidad” de expropiación y las condiciones en las que el proyecto pretende realizarse, otorga un alto nivel de discrecionalidad para dichos funcionarios y abre la posibilidad a actos de corrupción de éstos, para inclinar la balanza a favor de las empresas sobre el interés público.

### **Minería y Salud Laboral**

La Ley Federal del Trabajo es el elemento central que rige los conflictos relacionados con cuestiones de salud laboral. La ley laboral no establece la protección de la salud, sino que define ciertos límites permisibles al daño que se puede ocasionar a los trabajadores, así como los correspondientes montos de indemnización.

En 1942 se estableció la Ley del Seguro Social, la cual tiene una visión más completa de la salud de los trabajadores. A pesar de la antigüedad de la tradición minera en el país, esta ley no incluye capítulos específicos sobre enfermedades provocadas por desarrollos mineros(Artículo 27° de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos)

La Ley General de Salud establece que sus disposiciones deberán ser aplicadas “*sin perjuicio de lo que dispongan las leyes laborales y de seguridad social en materia de riesgo del trabajo*”, con lo que “la ley experta en asuntos de salud cede competencia a la ley de asuntos laborales, debilitando con ello el marco de protección a la salud”.

Esta ley establece también que las “medidas de seguridad y las sanciones aplicables a los generadores de fuentes de riesgo deberán sujetarse a criterios establecidos por las necesidades nacionales y los derechos e intereses de la sociedad” (Capítulo 3°, LGS).

Este diseño legislativo lleva a que en la práctica se desarrollen situaciones en las que se subordinan los derechos de los trabajadores y de las comunidades locales a gozar de salud y de un medio ambiente limpio.

## **Minería y Medio Ambiente**

En México las acciones de los diferentes poderes—ejecutivo, legislativo y judicial—, en sus diferentes niveles —federal, estatal, local— manifiestan un fuerte desequilibrio entre la protección al medio ambiente y el desarrollo de las actividades mineras. Aunque el discurso gubernamental ha adoptado el “desarrollo sustentable” como uno de sus ejes, en la práctica las decisiones de política están dirigidas a partir de una visión del desarrollo que subordina la protección del ecosistema. Esta subordinación es clara en las diferentes acciones de gobierno, no sólo en aquellas relacionadas con las actividades mineras.

Las estrategias gubernamentales parten de una visión correctiva y no preventiva del daño ambiental, lo que significa que no se encaminan a evitar los daños ambientales, sino a asegurar que quienes los provocan realicen medidas de mitigación. Esto es muy grave si se toma en consideración la visión monológica, excluyente, cortoplacista y poco integral, a partir de la cual se definen los costos ambientales. Bajo este esquema, será difícil establecer medidas de mitigación adecuadas, que tomen en consideración consecuencias de muy largo plazo, sobretodo debido a que algunas de éstas, no suelen ser evidentes sino hasta mucho después de que una mina ha terminado de operar.

Un elemento central en esta subordinación del medio ambiente y el desarrollo de la minería tiene que ver con el muy breve plazo —noventa días— que establece la legislación como límite para que las autoridades respondan a las solicitudes de concesión. A esta restricción temporal se añaden otras como la escasez de capital humano y físico para llevar al otorgamiento de concesiones, sin que sean analizadas a profundidad.

Otra disposición legislativa en la que la protección del medio ambiente termina siendo subordinada, tiene que ver con la posibilidad de realizar actividades mineras en Áreas Naturales Protegidas (ANP): la Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente (LGEEPA), establece el ordenamiento ecológico y la conservación en estas áreas, como actividades de interés público (Art. 2º), lo que entra en conflicto con la disposición de la Ley



Minera, que establece que la minería tendrá preferencia sobre cualquier otro uso de la tierra. Para resolver este conflicto, han surgido voces manifestando la necesidad de declarar la conservación, como uso preferente en ANP, así como incorporar en los decretos y planes de manejo de estas áreas, la prohibición explícita de actividades mineras, salvo en los pocos casos en donde no sean incompatibles con la preservación de los hábitats y las especies existentes en ellas.

La legislación minera no prohíbe expresamente la posibilidad de realizar actividades mineras en áreas definidas, a partir de criterios ambientales —como por ejemplo en zonas de arrecifes y ANP— ni establece la necesidad de que las solicitudes de concesión, incluyan información sobre ANP y reservas biológicas decretadas. Esto disminuye aún más las posibilidades de que las autoridades encargadas de otorgar las concesiones, incluyan criterios ambientales en sus resoluciones.

Tampoco establece la necesidad de que las autoridades encargadas de promover la minería y proteger el medio ambiente, tomen decisiones y ejecuten acciones de manera coordinada, con lo que se desaprovechan ventajas derivadas de la especialización institucional, se incrementan los costos operativos de las acciones de gobierno y se producen situaciones, en donde el medio ambiente y las comunidades locales suelen ser los más afectados.

Otro ejemplo de cómo se subordina la protección del medio ambiente en el diseño legislativo son las disposiciones relativas a las transmisiones de derechos de titularidad sobre concesiones mineras: estas transmisiones se rigen por la ley mercantil, lo que significa que no necesariamente se incorporarán obligaciones de carácter ambiental. La ley Minera no establece la necesidad de realizar auditorías ambientales que verifiquen las condiciones ambientales al momento de la transmisión de la titularidad, lo que se traduce en problemas en la definición cualitativa y cuantitativa de los daños ambientales, así como en establecer sobre quién recaerá la responsabilidad por ellos.

Con respecto a la responsabilidad por daños ambientales hay que añadir los problemas derivados de la personalidad jurídica de las corporaciones, sobre las cuáles es difícil establecer responsabilidades — ¿los empleadores? ¿los administradores? ¿Los accionistas?— en caso de daños sociales y ambientales provocados por su actividad. En este sentido, diversas voces han expresado la necesidad de definir de manera clara, los derechos y obligaciones que corresponden a las corporaciones, a fin de superar las ambigüedades derivadas del status jurídico de persona moral del que actualmente gozan.

Otro vacío en la legislación minera, tiene que ver con la ausencia de una figura de responsabilidad en materia ambiental, que podría ser semejante a la del responsable de trabajos de exploración y explotación que sí contempla dicha ley.

### **Rehabilitación Ecológica**

La rehabilitación ecológica consiste en crear prácticas con potencial promisorio, para reducir la vasta extensión de tierras degradadas, así como la oportunidad de evaluar científicamente, el conocimiento sobre el desarrollo y funcionamiento de los ecosistemas (Bradshaw 1987).

### **Importancia Rehabilitación Ecológica**

La importancia que tiene la rehabilitación ecológica se deriva de la existencia generalizada de distintas formas de degradación de los recursos naturales y las condiciones ambientales, que tienen su manifestación en aspectos tales como: la pérdida de vegetación y suelos, aguas contaminadas; contaminación atmosférica; pérdida de recursos genéticos; pérdida o destrucción de partes vitales de hábitat; erosión genética; mortalidad y baja reproducción de las especies; cambios climáticos, geológicos y evolutivos; extinción de la especies y en general, el deterioro progresivo de distintos tipos de sistemas: naturales, modificados, cultivados y construidos.

En general, las distintas actividades humanas se han extendido hasta alcanzar las fronteras de los territorios en estado natural, en tanto que las acciones de conservación se han centrado en la preservación del hábitat natural subsistente (WRI, UICN, PNUMA 1992).

Un proyecto de rehabilitación ecológica, por lo general busca restablecer total o parcial la composición taxonómica, la estructura y la función de ecosistemas deteriorados, y reacondicionar aquellos ambientes que se encuentren degradados, restableciendo sus condiciones naturales originales o al menos algunas similares a las iniciales, de tal forma que se compensen los daños resultado de causas naturales o antrópicas, al abordar este tipo de proyectos hay que tomar en cuenta que los espacios donde se realizaran los esfuerzos de restauración, en la mayoría de los casos, son propiedad o han sido apropiados por personas para realizar sus actividades productivas, familiares y sociales. Son espacios habitados, trabajados y adecuados a la realidad y necesidad de los habitantes.

La realidad que enfrentan las comunidades es multidimensional, con características sociales económicas y ambientales específicas que definen la manera de relacionarse con el entorno. “El contexto general dentro del cual se mueve el hombre está determinado, por un lado por aquellos fenómenos físicos, geofísicos, biológicos, químicos etc., que plasman una realidad ambiental cuya dinámica es la de los fenómenos naturales (Bifani, 1997). Según datos de la secretaria de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA), en México existen entre 130 y 170 millones de hectáreas en condiciones de erosión

### **Características de la Rehabilitación Ecológica**

La rehabilitación ecológica es una actividad que inicia o acelera la recuperación de un ecosistema, con respecto a su salud, integridad y sostenibilidad. Con frecuencia, el ecosistema que requiere restauración se ha degradado, dañado, transformado o totalmente destruido, como resultado directo o indirecto de las actividades del hombre. En algunos casos, estos impactos en

los ecosistemas, fueron causados o empeorados por causas naturales o provocadas por el hombre, hasta el grado que el ecosistema no se puede restablecer por su cuenta al estado anterior a la alteración o a su trayectoria histórica de desarrollo.

La rehabilitación trata de retomar un ecosistema a su trayectoria histórica. Por lo tanto, las condiciones históricas son el punto de partida ideal para diseñar la restauración. El ecosistema rehabilitado puede no recuperar su condición anterior debido a limitaciones y condiciones actuales, que pueden orientar su desarrollo por una trayectoria diferente. La trayectoria histórica de un ecosistema gravemente impactado puede ser difícil o imposible de determinar con exactitud.

No obstante, la dirección general y los límites de esa trayectoria se pueden establecer a través de una combinación de conocimientos sobre la estructura, composición y funcionamiento preexistentes del ecosistema dañado, de estudios de ecosistemas intactos comparables, información sobre condiciones ambientales de la región y análisis de otras informaciones ecológicas, culturales e históricas del ecosistema de referencia.

Esta combinación de fuentes permite trazar la trayectoria histórica, o condiciones de referencia a partir de los datos ecológicos iniciales y con ayuda de modelos predictivos. La emulación de éste proceso, durante la rehabilitación, deberá ayudar a guiar al ecosistema hacia una mejor salud e integridad

### **Sucesión Ecológica**

El restablecimiento de la producción de las tierras degradadas debe ser necesariamente la orientación principal de la labor de restauración en muchos lugares, especialmente en las zonas que cuentan con menos vegetación.

Las tierras abandonadas después de un esfuerzo en vano de cultivarlas son colonizadas primero por especies herbáceas y luego por leñosas, y se va desarrollando un bosque secundario que a veces tiene su propio potencial para manejo sostenible (Brown y Lugo 1990; Finegan, 1992). Se dan procesos

dinámicos en cualquier ecosistema natural a muchos niveles, en respuesta a muchos tipos de perturbación. De acuerdo con Finegan (1993), uno de los procesos dinámicos que se desarrolla a plazo relativamente corto es el de las sucesiones.

Este concepto de la ciencia ecológica trata de un proceso de cambio de la estructura y la composición de la vegetación en un determinado sitio, de manera que a lo largo del tiempo, se encuentra en dicho sitio una serie de comunidades vegetales diferentes; a menudo, cada comunidad es de mayor estatura y biomasa y contiene más especies que la anterior (Finegan 1993). El mismo autor señala que se reconocen dos tipos de sucesiones, dependiendo del tipo de sustrato que la vegetación coloniza. Las sucesiones primarias son aquellas que se desarrollan sobre sustratos que nunca antes tuvieron vegetación. Las sucesiones secundarias son aquellas que se desarrollan sobre sitios que son abandonados después que su vegetación natural ha sido completamente destruida. Las sucesiones secundarias se inician más comúnmente en tierras que son cultivadas durante un tiempo y luego se abandonan (Sánchez 1982; Finegan 1993). Sin embargo, cualquier fenómeno natural que destruya un bosque inicia también una sucesión secundaria (Finegan 1993; FAO-UNESCO 1980).

Por su naturaleza, son las sucesiones secundarias las que adquieren relevancia en los procesos de restauración de tierras. Estas suceden sobre un suelo ya desarrollado el cual es relativamente favorable para la colonización de las especies secundarias; Sin embargo, el éxito de las mismas depende del grado de degradación del sitio que, entre otros factores, depende de la fertilidad básica del suelo. Finegan (1993), plantea que mientras más largo es el período de cultivo, menores serán la riqueza florística y productividad del bosque secundario.

En términos generales Finegan (1993) plantea un modelo de sucesión secundaria con suelos no degradados y fuentes adecuadas de semillas, lo cual incluye tierras cultivadas por lapsos cortos. Las fases sucesiones que comprende el modelo son:

1. Primera fase en los primeros meses después del abandono, el sitio es colonizado por especies pioneras herbáceas y arbustivas que forman una comunidad baja que puede ocupar el sitio hasta dos o tres años; a menudo las especies heliófitas efímeras se establecen rápidamente durante esta fase.

2. Segunda fase las heliófitas efímeras forman una comunidad de muy baja riqueza florística y dominada por una o pocas especies. Crecen rápidamente formando un dosel cerrado, a veces dentro de los dos o tres años después de abandonado el sitio y eliminando las especies de la primera fase por su sombra.

La duración de esta fase puede oscilar entre unos diez años (Finegan y Sabogal, 1988) a probablemente unos 20 años (por ejemplo en Guyana Francesa, Sarrailh et al., 1990 y África, Ross, 1954, citados por Finegan, 1993) o más. La fase termina con la decadencia de las poblaciones de heliófitas efímeras, pues estas especies no son capaces de regenerarse bajo su propia sombra. Durante esta fase se establecen las heliófitas durables, que también a veces se establecen a los dos años o menos después del abandono, y crecen a la sombra de las heliófitas efímeras.

3. Tercera fase las heliófitas durables crecen rápidamente después de la desaparición de las efímeras, (Finegan y Sabogal 1988). Al igual que las heliófitas efímeras, las heliófitas durables dominan el bosque secundario hasta la decadencia de sus poblaciones, lo que puede significar una fase entre tal vez 30 y más de 100 años de duración.

El estudio del proceso de sucesiones secundarias no solo es importante en sí mismo, sino que proporciona las bases para el entendimiento de diferentes técnicas aplicadas a la recuperación de tierras. El proceso puede manipularse a fin de orientar la composición florística de un área según los fines de la misma.

Queda claro que en sitios cuyas actividades implican un drástico deterioro del substrato edáfico y la consiguiente reducción productiva del sistema, ni la sucesión secundaria puede, en el largo plazo, recuperar la productividad del

mismo. Finalmente es oportuno destacar la importancia de los procesos de formación de bosques secundarios en y alrededor de las áreas protegidas. Mackinnon et al. (1990), se refiere a la sensibilidad de muchas especies animales a la pérdida de hábitats. Señala por ejemplo que muchos grandes mamíferos prefieren la vegetación secundaria. Si la meta del manejo es la conservación de la población de una especie, un paso fundamental es establecer sus requerimientos de hábitat y promover su formación.

### **Corredores Biológicos**

Los corredores biológicos cobran importancia en los procesos de rehabilitación ecológica en tanto que permiten a las especies cambiar sus distribuciones geográficas y mejorar los flujos genéticos, reduciendo así el efecto que tienen la fragmentación y el aislamiento de hábitats en la extinción de las especies y el deterioro de los sistemas naturales, así como las consecuencias de los cambios climáticos globales. Soulé y Gilpin (1991) definen a los corredores biológicos como paisajes lineales de dos dimensiones que conectan dos o más parches de vida animal que han estado conectados en tiempo pasado, sirviendo como conducto de animales.

Según Simberloff et al. (1992) las funciones atribuidas a los corredores para movimiento son:

1. Disminuir la tasa de extinción definida en términos de la teoría de equilibrio
2. Disminuir la estocasticidad demográfica
3. Contrarrestar la depresión endogámica y
4. Satisfacer una necesidad innata de movimiento.

La escasez de información acerca de hasta qué punto las especies utilizan estos recursos, dificulta la determinación de las ventajas potenciales de los corredores (Simberloff y Cox 1987). Esta misma carencia de datos no permite demostrar cómo son usados estos corredores y si este uso minimiza las extinciones al resolver los problemas de depresión endogámica y estocasticidad demográfica (Simberloff et al. 1992). Los corredores naturales se han hecho muy

comunes en proyectos de uso de terreno y estrategias de conservación, pero hay pocos datos disponibles que puedan apoyar o rechazar su valor (Noss, 1987).

Sin embargo, ya es del conocimiento común que las especies que son preservadas en estado de aislamiento en áreas protegidas dispersas, podrían llegar a extinguirse por no contar con la diversidad genética necesaria para mantener poblaciones sólidas (Machlis 1993). Sin la dispersión natural de material genético que proporcionan las áreas silvestres contiguas, las especies protegidas están expuestas a ciertos efectos que podrían llevarlas a la extinción (Machlis 1993; Mackinnon et al. 1990).

En el caso de la fauna, la contribución de los corredores en la rehabilitación ecológica ocurre entonces, cuando la dispersión genética a través de ellos permite mantener o recuperar el nivel de población mínima viable. La naturaleza del corredor está ligado a la especie. Así, existen especies que requieren corredores rudimentarios, especies que requieren vegetación dispersa entre los parches, especies que requieren vegetación continua entre parches, aunque no necesariamente natural y especies que requieren necesariamente vegetación natural entre parches (Loney y Hobbs 1991).

Relacionadas al papel de la rehabilitación ecológica, se reportan algunas ventajas y desventajas de los corredores biológicos.

Las principales ventajas son:

1. Permiten el movimiento y la dispersión de la vida silvestre en peligro de extinción (Bridgewater 1992; Loney y Hobbs 1991).
2. Hábitat en sí mismo para la vida silvestre (Loney y Hobbs 1991; Simberloff y Cox 1987; Dendy 1987).
3. Facilitan a las especies la obtención de recursos disponibles en varios refugios (Simberloff y Cox 1987; Noss 1987).



4. Permiten el incremento del tamaño poblacional y mejoran las oportunidades de sobrevivencia, al facilitarse la expansión de áreas (Shafer 1990; Dendy 1987).
5. Facilitan la recolonización de áreas afectadas por disturbios (quemadas, claros, sucesiones y otros) (Dendy 1987).
5. Ayudan en los procesos migratorios a causa de cambios climáticos (Hobbs y Hokins 1991).

Las principales desventajas son:

1. Transmisión de enfermedades y pestes, especies exóticas y malezas (Shafer 1990; Noss 1987; Dendy 1987)
2. Fácil dispersión de fuegos y disturbios abióticos (Noss 1987; Bridgewater 1992; Simberloff y Cox 1987).
3. Exposición de vida silvestre a cazadores y depredadores (Noss 1987).
4. Los costos económicos pueden ser altos (Simberloff y Cox 1987; Noss 1987).

### **Abundancia**

Constituye una estimación de la cantidad de individuos presentes en la unidad de muestreo

### **Densidad**

Es la cantidad de individuos que existen en todas las parcelas de muestreo.

### **Cobertura**

Es la proporción de terreno ocupado por la proyección perpendicular de las partes aéreas de los individuos de la especie considerada.

## **Dominancia**

Esta característica expresa la influencia predominante de una o más especies dentro de una comunidad, debido principalmente a su presencia y cobertura; las características analíticas que contribuyen a determinar la dominancia son la altura, forma de vida, vitalidad y productividad.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Localización del Sitio de Muestreo

El proyecto “Tajo III” se localiza en el municipio de Nava, Coahuila; esta región corresponde a una planicie aluvial, de suelos de tipo Xerosol cálcico, el cual se caracteriza por tener un subsuelo con acumulación de arcilla aluvial, su color es rojizo o pardo claro. Los suelos clasificados como Xerosol cálcico tienen una capacidad de retención y un contenido de nutrientes alto, la materia orgánica es baja o moderada. De acuerdo con la clasificación climática de Köppen (1948), modificada por García (1964), la zona de influencia del proyecto presenta un clima seco cálido ( $BS0h'(x)$ ), donde se observa la pérdida de humedad conforme aumenta el gradiente altitudinal, las lluvias son torrenciales y ocurren en el verano.



Figura 3. Muestra visión panorámica del sitio de muestreo.

## **Materiales**

- 1.- Estacas de madera
- 2.- Cinta métrica (3m)
- 3.- Cinta larga diamétrica (20m)
- 4.- Geoposicionador satelital (GPS)
- 5.- Hojas de campo
- 6.- Manual fotográfico de especies de flora representativas en Norteamérica.
- 7.- Cámara fotográfica
- 8.- Equipo de protección personal
  - Viboreras.
  - Lentes oscuros
  - Ropa de algodón
  - Guantes
  - Botas de seguridad
  - Casco de seguridad
  - chaleco reflejante

## **Atributos de los Tipos de Vegetación (Densidad, Frecuencia, Cobertura e Índice de Importancia).**

Mediante un mapa con imágenes satelitales del sitio del proyecto y colindancias, se seleccionaron los puntos de interés al azar, esto con la finalidad de identificar la vegetación representativa, enseguida se procedió a trasladarse a los puntos seleccionados en campo, ubicando el primer punto de muestreo mediante un GPS manual, se tomó la coordenada central o punto central de la parcela, en el punto se colocó una estaca de madera, ya ubicado el punto se procedió a ejecutar el muestreo de la vegetación presente en la parcela de muestreo. El método utilizado para medir la vegetación fue por el método de cuadrante, esto debido a su eficiencia y el nivel de precisión para muestrear comunidades vegetales.

El método del cuadrante consiste en realizar 3 parcelas de forma cuadrangular, iniciando con el estrato herbáceo; esta parcela tiene un área de 2 m<sup>2</sup>, igualmente se colocaron estacas de madera para delimitar el área de la parcela de herbáceas (Foto), las variables consideradas dentro de esta parcela son:

- Número de especies.
- Porcentaje de cobertura.
- Condición actual de la vegetación presente
- Porcentaje de Materia orgánica.



Figura 4. Establecimiento de la parcela arbustiva.



Para la parcela de estrato arbustivo, igualmente se colocaron estacas de madera en cada esquina de la parcela de 100 m<sup>2</sup>, las variables consideradas dentro de esta parcela son;

- Identificación de especies presentes en el sitio
- Número de especies presentes en el sitio.
- Variables dasométricas (altura, área de la copa, promedio por especie de material maderable).
- Condición actual del sitio (vigor de los individuos, presencia de plagas, sequías y erosión).



Figura 5. Medición de altura en arbustos.

El estrato arbóreo se evaluó mediante una parcela de 500 m<sup>2</sup> para esta parcela se consideraron estas variables;

- Identificación presentes en el sitio.
- Número de especies presentes en el sitio.
- Variables dasométricas (altura, área de la copa, diámetro del fuste a la altura del pecho).
- Condición actual del sitio (vigor de los individuos, presencia de plagas, sequías y erosión).

- Sanidad Forestal (vigor de los individuos, presencia de plagas, daños por factores ambientales, sequías).

Para medir la altura de un árbol, primeramente es necesario separarse del tronco a una distancia considerable, como para distinguir desde ahí la punta del árbol (15, 20, 25 ó 30 m). Con el clinómetro se mide el ángulo que forma la vista hacia arriba al mirar la punta, se puede medir en la escala de grados ó en la de porcentaje, después se toma la lectura del ángulo que forma la vista hacia abajo al mirar la base (Figura 3).

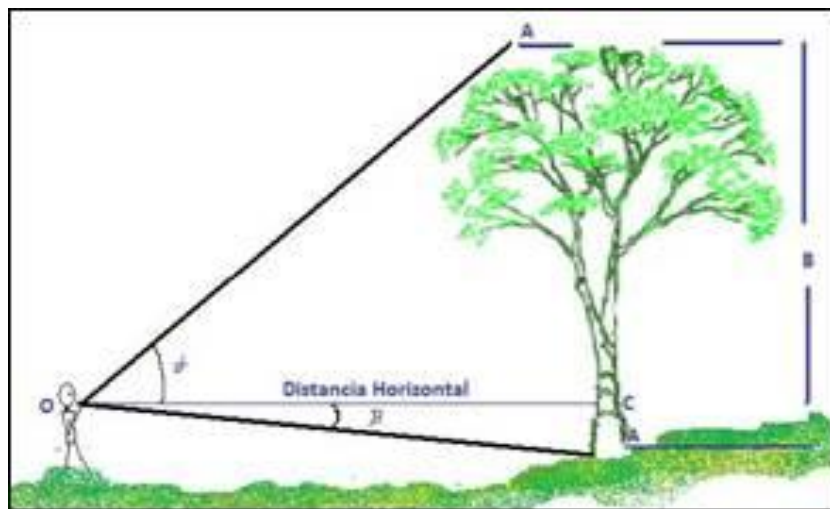


Figura 6. Ojo del observador entre la punta y la base del árbol.



Figura 7. Vegetación predominante en el área de rehabilitación ecológica (Acacia farnesiana).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la siguiente tabla podemos observar las coordenadas de los 9 transectos con 5 parcelas para cada uno; esto corresponde a los sitios donde se realizó el muestreo de vegetación.

Tabla 1. Transectos de muestreo:

Transectos de muestreo.					
Sitios de muestreo	Coordenadas				
	Parcela 1	Parcela 2	Parcela 3	Parcela 4	Parcela 5
Sitio 1	N 28°31'5.98" W 100°40'39.37"	N 28°31'6.89" W 100°40'38.50"	N 28°31'6.73"N W 100°40'37.62"	N 28°31'6.62"N W 100°40'37.08"	N 28°31'6.32" W 100°40'36.62"
Sitio 2	N 28° 29' 55.9" w 100° 40' 33.1"	N 28° 29' 55.7" w 100° 40' 31.8"	N 28° 29' 55.5" W 100° 40' 30.6"	N 28° 29' 55.5" w 100° 40' 29.5"	N 28° 29' 55.4" w 100° 40' 28.3"
Sitio 3	N 28° 29' 56.0" w 100° 40' 20.6'	N 28° 29' 56.9" W 100° 40' 20.1"	N 28° 29' 56.6" W 100° 40' 18.9"	N 28° 29' 57" W 100° 40' 17.8"	N 28° 29' 57" W 100° 40' 16.7"
Sitio 4	N 28° 28' 36" W 100° 39' 55.7"	N 28° 28' 35.9" W 100° 39' 56.6"	N 28° 28' 36.2" W 100° 39' 57.8"	N 28° 28' 36.3" W 100° 39' 59.1"	N 28° 28' 30.2" W 100° 40' 00.2"
Sitio 5	N 28° 28' 22.3" W 100° 39' 29.8"	N 28° 28' 21.5" W 100° 39' 30.7"	N 28° 28' 20.7" W 100° 39' 31.6"	N 28° 28' 19.8" W 100° 39' 32.2"	N 28° 28' 19.1" W 100° 39' 32.5"
Sitio 6	N 28° 27' 31.1" W 100° 40' 09.7"	N 28° 27' 30.2" w 100° 40' 10.5"	N 28° 27' 29.5" w 100° 40' 11.3"	N 28° 27' 28.8" w 100° 40' 12.2"	N 28° 27' 27.9" w 100° 40' 13"
Sitio 7	N 28° 26' 06.8" W 100° 39' 55.2"	N 28° 26' 05.9" W 100° 39' 55.6"	N 28° 26' 04.1" W 100° 39' 55.4"	N 28° 26' 04.2" W 100° 39' 57.1"	N 28° 26' 03.5" W 100° 39' 57.9"
Sitio 8	N 28° 26' 06.43" W 100° 39' 46.9"	N 28° 26' 07.34" W 100° 39' 46.3"	N 28° 26' 08.36" W 100° 39' 46.86"	N 28° 26' 09.14" W 100° 39' 46.16"	N 28° 26' 09.97" W 100° 39' 44.38"
Sitio 9	N 28° 26' 29.37" W 100° 40' 05.13"	N 28° 26' 29.49" W 100° 40' 03.98"	N 28° 26' 29.5" W 100° 40' 02.80"	N 28° 26' 29.87" W 100° 40' 01.65"	N 28° 26' 29.1" W 100° 40' 00.30"



En esta tabla podemos observar la diversidad de flora que se identificó plenamente en el sitio de muestreo.

Tabla 2. Flora presente en los sitios de muestreo:

Herbáceas	Arbustos	Arbóreas.
1.- <i>Panicum coloratum</i>	1.- <i>Opuntia lindeimeri</i>	1. - <i>Prosopis glandulosa</i>
2.- <i>Penissetum ciliaris</i>	2.- <i>Solanum elaeagnifolium</i>	2.- <i>Acacia farnesiana</i>
3.- <i>Chloris cucullata</i>	3.- <i>Viguiera dentata</i>	3.- <i>Tamarixgallica</i>
4.- <i>Digitaria californica</i>	4.- <i>Parthenium hysterophorus</i>	4.- <i>Yucca coahuilenses</i>
5.- <i>Pappophorum bicolor</i>	5.- <i>Abutilon fruticosum</i>	5.- <i>Yucca trecuelana</i>
6.- <i>Aristida purpurea</i>	6.- <i>Colubrina texensis</i>	
8.- <i>Dichanthium aristatum</i>	7.- <i>Salsolakali</i>	
9.- <i>Eragrostis curvula</i>	8.- <i>Machaeranthera bipinnatifida</i>	
	9.- <i>Leucophyllum frutescens</i>	
	10.- <i>Clematis drummondii</i>	
	11.- <i>Tiquilia canescens</i>	
	12.- <i>Salix viminalis</i>	

La estimación de la cobertura vegetal se agrupó por estratos herbáceos, arbustivos y arbóreos, el objetivo de esta estimación es establecer el número de individuos por unidad de superficie, para el caso de las herbáceas o pastos el dato se presenta en porcentaje de cobertura por m<sup>2</sup>. Para obtener las densidades por hectárea de arbustos y árboles, el valor de densidad obtenido por sitios de muestreo de (100m<sup>2</sup> y 500m<sup>2</sup>), se extrapola a valores por hectárea (10,000m<sup>2</sup>). Los valores de densidad en cada cuadrante de los sitios de muestra de obtuvo la siguiente información.

Tabla 3. Valor de Importancia ecológica para árboles y arbustos.

<b>Árboles total de muestreo</b>						
<b>ESPECIE</b>	<b>ALTURA MEDIA (m)</b>	<b>DIAMETRO MEDIO (m)</b>	<b>DENSIDAD (IND/HA)</b>	<b>DENS REL (%)</b>	<b>FREC REL (%)</b>	<b>VALOR DE IMP (%)</b>
<i>Acacia farnesiana</i>	2.14	.06	252	40.384	43.298	58.469
<i>Tamarixgallica</i>	2.60	.06	17	6.089	5.670	4.998
<i>Yuccatreculeana</i>	.76	.19	11	3.685	6	3.233
<i>Prosopisglandulosa</i>	1.31	.05	138	49.679	43	31.022
<i>Yuccacoahuilensis</i>	.38	.15	0.0001	0.160	1	.516
<b>Total</b>			<b>418.0001</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>

Tabla 4. Arbusto total de muestreo.

ARBUSTOS TOTAL DE MUESTREO					
ESPECIE	ALTURA MEDIA (m)	DENSIDAD (IND/HA)	DENS REL (%)	FREC REL (%)	VALOR DE IMP (%)*
<i>Verbena canescens</i>	.43	140	9.224	6.495	5.278
<i>Lantana macropoda</i>	.39	172	11.273	6.495	6.137
<i>Thymophyllapentachaeta</i>	.22	25	1.61	2.597	1.402
<i>Leucophyllumfrutescens</i>	.33	40	2.635	5.191	2.779
<i>Machaeranthera pinatífida</i>	.40	72	4.685	9.090	4.730
<i>Chenopodiumalbum</i>	.18	38	2.489	3.893	3.462
<i>Salsolakali</i>	.40	58	3.806	3.893	33.505
<i>Partheniumhysterophorus</i>	.26	114	7.467	6.495	4.667
<i>Opuntia lindheimeri</i>	.39	109	7.174	12.99	6.797
<i>Solanumelaeagnifolium</i>	.25	549	36.163	23.384	19.878
<i>Salixviminalis</i>	1.10	94	6.149	2.595	3.154
<i>Viguieradentata</i>	.37	56	3.66	2.595	2.129
<i>Colubrinatexensis</i>	.49	23	1.464	6.495	2.736
<i>Clematisdrummondii</i>	2.23	7	0.439	2.595	1.014
<i>Tiquiliacanescens</i>	.54	12	0.732	3.893	1.54
<i>Abutilonfruticosum</i>	.23	16	1.024	1.297	0.780
<b>Total</b>		<b>1525</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>

Tabla 5. Herbáceas total de muestreo.

HERBACEAS TOTAL DE MUESTREO	
ESPECIE	COBERTURA %/ha
Panicumcoloratum	5.15
Penissetumcilearis	15.66
Chloriscucullata	7.15
Digitaria californica	1.11
<i>Pappophorum bicolor</i>	.44
Aristida purpúrea	.11
Setarialeucopila	1.6
Dichanthiumaristatum	4.44
Eragrostiscurvula	.44

### Biodiversidad de Especies por Formas de Vida Vegetal.

Para la determinación de la diversidad de especies, se utilizó el índice de Shannon-Weiner, este índice es el método más utilizado para obtener y otorgarle un valor a las especies registradas en el monitoreo y así poder evaluar la conservación o en su caso, la pérdida de la biodiversidad en el sistema ambiental.

Tabla 6. Rango de medición de la diversidad según el índice de Shannon-Weiner.

Rango de medición de la diversidad según el índice de Shannon-Weiner	
Rango	Medición
De 0 a 1	Diversidad muy baja
De 1.001 a 1.8	La diversidad es baja
De 1.8001 a 2.4	La diversidad es mediana
De 2.4001 a 3.2	La diversidad es alta
De 3.2001 a 5	Diversidad es muy alta

Tabla 7. Índice Shannon-Weiner de arboles muestreados.

<b>Diversidad según el índice de Shannon-Weiner</b>	
<b>ESPECIE</b>	<b>Resultado arrojado por especie</b>
<i>Acacia farnesiana</i>	0.3654
<i>Tamarixgallica</i>	0.1679
<i>Yuccatreculeana</i>	0.11882
<i>Prosopis glandulosa</i>	0.34699
<i>Yuccacoahuilensis</i>	0.006
<b>Total</b>	<b>1.005</b>

De acuerdo con los resultados obtenidos de diversidad, podemos concluir que en el proyecto la diversidad florística es baja según la tabla de medición del índice de Shannon-Weiner, sin embargo se debe considerar el proceso de sucesión ecológica en el sitio.

**Observación.**

- Dentro del polígono de muestreo la vegetación se ve disturbada principalmente por el sobre pastoreo que se ejerce en él.
- Se introdujeron nuevas especies de plantas de acuerdo con el listado del ETJ que se había realizado en el sitio.
- Poco avistamiento de cactáceas.

## CONCLUSIÓN

Realizando una comparación con los resultados obtenidos de la vegetación arbórea en el proyecto **Tajo III** (*en proceso de rehabilitación*) con la vegetación aún no impactada del proyecto **Carlos III**. Obtuvimos que para la *Acacia farnesiana* (Huizache) el diámetro medio es de 16.8 cm, la altura media es de 3.95 metros y la densidad es de 5 ind/ha en cuanto al *Prosopis glandulosa* (Mezquite) la altura media es de 3.95 metros, el diámetro medio es de 14 cm y la densidad es de 70 ind/ha eso en cuanto al proyecto Carlos III.

En el área ya impactada y que actualmente está en proceso de rehabilitación (Tajo III) obtuvimos que en la *Acacia farnesiana* (Huizache) la altura media es de 2.14 metros el diámetro medio es de 6 cm y la densidad es de 252 ind/ha; en el *Prosopis glandulosa* (Mezquite) la altura media es de 1.31 metros el diámetro medio es de 5 cm y la densidad es de 138 ind/ha. Esto nos quiere decir que la comunidad vegetal observada se encuentra en una etapa de sucesión ecológica secundaria activa, donde domina el matorral espinoso tamaulipeco subirme y pocas especies arbóreas en el paisaje, sin embargo los resultados arrojados en el muestreo muestran mayor densidad de individuos (arbóreas) por hectárea;

Dentro del proceso de sucesión ecológica secundaria el escenario a futuro para las áreas rehabilitadas del “Tajo III” será con tendencias en comparación con la vegetación del proyecto “Carlos III” en cuanto al crecimiento de la altura y diámetro puesto que de manera natural, los individuos más fuertes se empiezan a adaptar al medio ambiente en el que convergen, por lo tanto las tendencias de la vegetación presente en el Tajo III, se observarán individuos de mayor altura, mayor diámetro en fuste y copa pero la densidad de individuos por hectárea será menor.

## RECOMENDACIONES

- Rotación de ganado en diferentes sitios del área.
- Realizar obras de conservación de suelos en puntos estratégicos.
- Reforestar con cactáceas que se encuentran en la Nom-059-SEMARNAT-2010



## LITERATURA CITADA.

- Boletín minero. 2008. Principales yacimientos de carbón mineral en México. Edición 2008.
- BRIDGEWATER, P. 1992. Fortalecimiento de áreas protegidas. En: estrategia global para la biodiversidad. UICN-WRI-PNUMA. p. 117-132.
- BROWN, S.; LUGO, A. 1990. Tropical secondary forest. *Journal of tropical ecology* 6:1-31.
- Challenger, A. 1998. Utilización y conservación de los ecosistemas terrestres de México, Pasado, presente y futuro Comisión nacional para el conocimiento y uso de la biodiversidad. Instituto de Biología, UNAM, Agrupación Sierra Madre, México.
- Coordinación General de Minería (CGM) 2013. Perfil de mercado de carbón en México. Potencial geológico minero. Región carbonífera de Coahuila. Pp 7-20.
- Dr. Guillermo Abdel M. 2004. El sector Minero en México; diagnóstico, prospectiva y estrategia. Centro de Estudios de Competitividad Instituto Tecnológico Autónomo de México. 1ª edición. México, D.F
- FINEGAN, B. 1993. Procesos dinámicos en bosques naturales tropicales. Curso de bases ecológicas para la producción sostenible. CATIE, Turrialba, Costa Rica. 25 p.
- Gómez J.C. y Ceccon E. 2004. La restauración ecológica en México ¿Sueño o realidad? *Agua y desarrollo sustentable*, año 2 (16).
- HOBBS, R.; HOPKINS, A. 1991. The role of conservation corridors in changing climate. In: *Nature conservation: the role of corridors*. eds. Saunders, Hobbs, Surrey y Sons. USA. p 381-290.
- JACKSON, L. 1992. The role of ecological restoration in conservation biology. In: Fielder and Jain (eds).
- Juventino G. 2002. La restauración ecológica: conceptos y aplicaciones. Tesis de licenciatura, Facultad de Ciencias Ambientales y Agrícolas Instituto de Agricultura, Recursos naturales y Ambiente. Guatemala, Guatemala.

- LONEY, B.; HOBBS, R. 1991. Management of vegetation corridor: maintenance, rehabilitation and establishment. In: Nature conservation: the role of corridors. eds.
- Lugo, A. E. 1992 Comparison of tropical tree plantations with secondary forests of similar age. *Ecological monographs*.
- Merino, L. 2001. Las políticas forestales y de conservación y sus impactos sobre las comunidades forestales. *Estudios Agrarios* 18: 75-115.
- Oscar Sánchez, Eduardo Peters, Roberto Márquez-Huitzil, Hernesto Vega, Gloria Portales, Manuel Valdez y Danae Azuara, 2005. *Temas sobre restauración ecológica*. México, (1 ed.).
- Primack, R. *Essential of Conservation Biology*. Sinauer Press. Sunderland, MA. 699 pp.
- Programa Nacional de Reforestación. 2000. *Manual: Metodología para la evaluación técnica de la reforestación*. México. 97 pp.
- Rodríguez-Trejo, D.A. 2006. Notas sobre el diseño de plantaciones de restauración. *Revista Chapingo* 12 (2): 111-123.
- Saunders, Hobbs, Surrey y Sons. USA. p 299-311.
- Secretaría de Economía (SE) 2013. *Estadísticas y estudios del sector minero*. Edición 2013.
- Tomas Montani. 2004. *Métodos de estudio de la vegetación. Guía de trabajos prácticos de ecología*. Departamento de agronomía. Universidad Nacional del Sur (U.N.S.) Buenos aires, Argentina. Pp. 4 - 16
- UICN; PNUMA; WWF. 1991. *Cuidar la tierra: Estrategia para el futuro de la vida*. Gland, Suiza. 258 p.
- WRI; UICN; PNUMA. 1992. *Estrategia global para la biodiversidad*.
- Zamora, R. 2002. La restauración ecológica: una asignatura pendiente. *Revista ecosistemas* 11.