

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



**Descripción de 11 poblaciones naturales de *Pinus greggii* Engelm. var. *greggii*. en el Sureste de Coahuila**

**Por:**

**Modesto Curiel Ávila**

**TESIS PROFESIONAL**

**Presentada como requisito parcial para  
Obtener el título de:**

**INGENIERO FORESTAL**

**Buenavista, Saltillo, Coahuila, México  
Noviembre de 2005**

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO**  
**DIVISIÓN DE AGRONOMÍA**  
**DEPARTAMENTO FORESTAL**

**Descripción de 11 poblaciones naturales de *Pinus greggii* Engelm. var. *greggii*. en el Sureste de Coahuila**

**Por:**

**Modesto Curiel Ávila**

**TESIS PROFESIONAL:**

**Presentada como requisito parcial para obtener el título de:**

**INGENIERO FORESTAL**

**Aprobada por:**

---

**M. C. Celestino Flores López**  
**Asesor principal**

---

**M. C. Arnoldo Oyervides García**  
**Coordinador de la División de Agronomía**

**Buenavista, Saltillo, Coahuila, México**  
**Noviembre de 2005**

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO**  
**DIVISIÓN DE AGRONOMÍA**  
**DEPARTAMENTO FORESTAL**

**Descripción de 11 poblaciones naturales de *Pinus greggii* Engelm. var. *greggii*. en el Sureste de Coahuila.**

**TESIS PROFESIONAL:**

**Que se somete a consideración del H. Jurado Examinador,  
como requisito parcial para obtener el título de:**

**INGENIERO FORESTAL**

**PRESENTA:**

**Modesto Curiel Ávila**

**APROBADA**

---

**M. C. Celestino Flores López**

**Asesor principal**

---

**Dr. Alejandro Zárate Lupercio**

**Asesor**

---

**M.C. Salvador Valencia Manzo**

**Asesor**

**Buenavista, Saltillo, Coahuila, México**  
**Noviembre de 2005**

## **AGRADECIMIENTOS**

A Dios por darme la vida, la libertad, sentido a mi vida y las fuerzas necesarias para concluir esta etapa de mi vida.

A la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, por abrirme sus puertas y brindarme las facilidades durante mi formación profesional.

Al M. C. Celestino Flores López, por dirigir el presente trabajo con apoyo incondicional, en transmitir sus conocimientos, pero sobre todo por brindarme su amistad y por ser parte del comité de tesis.

Al Dr. Alejandro Zárate Lupercio, por brindarme las facilidades en el uso del Laboratorio de Sistemas de Información Geográfica para el desarrollo del presente trabajo y por darme la oportunidad de tener mis primeras experiencias profesionales con su equipo de colaboración.

Al M. C. Salvador Valencia Manzo, por el apoyo brindado en la proporción de material bibliográfico y por su valiosa contribución y sugerencias que permitieron mejorar el trabajo.

A Sergio Canul Tun, Ing. Celestino Flores López, Valentín García Pablo, Gabriela García Ramos, Juan Mendoza Montejo, Rafael Cahuich Ramírez, Cesáreo Vázquez Pérez, David Díaz Hernández, Juan Carlos Cali Mayor, Domingo Barrera Aguilar, Daniel Cab y Pedro Cab, Por el apoyo que me brindaron en la toma de datos de campo.

Al Ing. Salvador del Instituto Coahuilense de Ecología de Saltillo por facilitarnos las instalaciones para el hospedaje durante los muestreos de campo.

A mis compañeros de la Generación XCVI y XCVII de Ingenieros forestales; en especial a los Ing. Jorge Luis Cuevas Hernández, Valentín García Pablo y Rafael Cahuich Ramírez, por su valiosa amistad y compañerismo durante mi estancia en la Universidad, gracias por ser mis amigos.

A todos los maestros y administrativos del departamento forestal por su contribución en mi formación profesional.

A todo el equipo de colaboradores de Servicios Técnicos Ambientales de Saltillo, por los apoyos brindados en el proceso de desarrollo del presente trabajo y por su contribución en mi formación profesional.

A mis profesores del CECFOR No.2 en especial al Ing. Francisco Maldonado Robles por sus sabios consejos y experiencias que me dieron ánimo para iniciar mi carrera profesional y sobre todo por su ejemplo de perseverancia y liderazgo en el área laboral.

A mis amigos (gas) por todos los momentos agradables que hemos compartido y por que con ustedes he aprendido el valor de la amistad.

A todas aquellas personas que de alguna manera han contribuido en mi formación profesional y que involuntariamente no los menciono...

## **DEDICATORIA**

### **A MIS PADRES:**

**Santiago Curiel López**

**Anastasia Ávila Curiel**

Por su apoyo incondicional, que de ellos he recibido amor, cariño y confianza, por que sobran razones y me faltan palabras para describir su humilde y tan grande esfuerzo que han hecho por mí. Por darme la herencia más grande que se le puede dar a un hijo a quien le debo. Gracias por sus sabios consejos que me brindaron para concluir mi carrera; los admiro y respeto mucho; con todo mi corazón los amo.

### **A MIS HERMANOS:**

**Emiliano, Catalina, Benita, Arturo, Jacobo, Celiflora y Daniel.**

Por su apoyo incondicional y sabios consejos que nunca faltaron para darme ánimo

### **A MIS TIOS (AS), SOBRINOS (AS) CUÑADOS (AS):**

A la Familia Caballero Hernández y a la C. P. Felipa Caballero, por sus sabios consejos y ejemplo de perseverancia.

Este trabajo fue realizado con dirección y el apoyo económico del M.C. Celestino Flores López, profesor investigador del departamento Forestal, de la Universidad Autónoma “Agraria Antonio”.

## ÍNDICE DE CONTENIDO

	Página
ÍNDICE DE CUADROS.....	iii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	iv
RESUMEN.....	vi
1 INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 Objetivos.....	3
2 REVISIÓN DE LITERATURA.....	4
2.1 <i>Pinus greggii</i> Engelm.....	4
2.1.1 Distribución y ecología.....	5
2.1.2 Importancia.....	6
2.2 Factores asociados a la distribución de la vegetación.....	7
2.3 Sistema de información geográfica.....	9
2.3.1 Componentes y clasificación del sistema.....	9
2.3.2 Los datos geográficos y su representación digital.....	11
2.3.3 Aplicaciones y experiencias en el uso de SIG.....	11
3 MATERIALES Y MÉTODOS.....	14
3.1 Descripción del área de estudio.....	14
3.2 Etapa de campo.....	18
3.2.1 Ubicación y delimitación de rodales.....	18
3.2.2 Diseño de muestreo.....	18
3.2.3 Registro de datos dasométricos y ecológicos.....	20
3.3 Etapa de gabinete.....	21
3.3.1 Preparación y digitalización del material cartográfico y su introducción al sistema de información geográfica.....	21
3.3.2 Cálculo de superficies y construcción de mapas.....	24
3.4 Análisis dasométrico y ecológico.....	24
4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	26
4.1 Ubicación geográfica y superficies de las poblaciones.....	26
4.2 Hidrología superficial.....	41

4.3 Tipos de clima.....	41
4.4 Edafología.....	44
4.5 Vegetación.....	46
4.6 Densidad de árboles y regeneración.....	49
4.6.1 Correlaciones entre variables ambientales y regeneración.....	53
4.6.2 Asociación de especies de regeneración en cada población.....	54
5 CONCLUSIONES.....	56
6 RECOMENDACIONES.....	57
7 LITERATURA CITADA.....	58
APÉNDICE.....	63

## ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro No.	Página
1. Resumen de características de las poblaciones de <i>Pinus greggii</i> del centro y norte del país.....	6
2. Ubicación geográfica y superficie estimada de las poblaciones naturales de <i>Pinus greggii</i> Engelm. var. <i>greggii</i> , en el Sureste de Coahuila .....	29
3. Precipitación promedio, temperaturas y principales tipos de climas presentes en el área de distribución natural de <i>Pinus greggii</i> Engelm. var. <i>greggii</i> , en el Sureste de Coahuila.....	43
4. Principales características físicas de los suelos encontrados en el área de distribución natural de <i>Pinus greggii</i> Engelm. var. <i>greggii</i> , en el Sureste de Coahuila .....	45
5. Especies arbóreas representativas encontradas en las poblaciones naturales de <i>Pinus greggii</i> Engelm. var. <i>greggii</i> , en el Sureste de Coahuila.....	47
6. Especies arbustivas representativas encontradas en las poblaciones naturales de <i>Pinus greggii</i> Engelm. var. <i>greggii</i> , en el Sureste de Coahuila .....	48
7. Valores de densidad por categoría diamétrica y densidad promedio por hectárea de 11 poblaciones naturales de <i>Pinus greggii</i> Engelm. var. <i>greggii</i> , en el Sureste de Coahuila.....	51
8. Correlación de variables ambientales con la regeneración natural.....	54

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura No.	Página
1. Distribución de 11 poblaciones naturales de <i>Pinus greggii</i> Engelm. var. <i>greggii</i> , en el Sureste de Coahuila .....	15
2. Representación esquemática del sitio de muestreo.....	20
3. Procedimiento de digitalización manual de coberturas en Pc-ArcInfo.....	23
4. Ubicación geográfica de las poblaciones naturales de <i>Pinus greggii</i> Engelm. var. <i>greggii</i> , en el Sureste de Coahuila.....	28
5. Población natural de <i>Pinus greggii</i> Engelm. var. <i>greggii</i> , El Diamante .....	30
6. Población natural de <i>Pinus greggii</i> Engelm. var. <i>greggii</i> , El Penitente.....	31
7. Población natural de <i>Pinus greggii</i> Engelm. var. <i>greggii</i> , Sierra Hermosa.....	32
8. Población natural de <i>Pinus greggii</i> Engelm. var. <i>greggii</i> , Ejido Cuauhtémoc.....	33
9. Población natural de <i>Pinus greggii</i> Engelm. var. <i>greggii</i> , Cañón de Caballos.....	34
10. Población natural de <i>Pinus greggii</i> Engelm. var. <i>greggii</i> , Puerto Conejo.....	35
11. Población natural de <i>Pinus greggii</i> Engelm. var. <i>greggii</i> , Santa Anita.....	36
12. Población natural de <i>Pinus greggii</i> Engelm. var. <i>greggii</i> , Ojo de Agua .....	37
13. Población natural de <i>Pinus greggii</i> Engelm. var. <i>greggii</i> , Cañón de Los Lirios.....	38
14. Población natural de <i>Pinus greggii</i> Engelm. var. <i>greggii</i> , Cañón de Jamé.....	39
15. Población natural de <i>Pinus greggii</i> Engelm. var. <i>greggii</i> , El Cedral.....	40
16. Subcuencas hidrológicas del área de distribución natural de <i>Pinus greggii</i> Engelm. var. <i>greggii</i> , en el Sureste de Coahuila .....	42

17. Número de árboles/ha para árboles mayores de 7.5cm de diámetro a la altura de 1.30 m, de 11 poblaciones naturales de <i>Pinus greggii</i> Engelm. var. <i>greggii</i> , en el Sureste de Coahuila .....	49
18. Densidad de la regeneración natural de 11 poblaciones naturales de <i>Pinus greggii</i> Engelm. var. <i>greggii</i> , en el Sureste de Coahuila .....	52
19 Porcentaje de regeneración de las especies presentes en las 11 poblaciones naturales de <i>Pinus greggii</i> Engelm. var. <i>greggii</i> , en el Sureste de Coahuila .....	55

## RESUMEN

En este estudio se ubicaron y delimitaron geográficamente 11 poblaciones naturales de *Pinus greggii* Engelm. var. *greggii* en el Sureste de Coahuila, describiéndolas con base en las variables dasométricas, densidad, categoría diamétrica y regeneración natural.

En cuatro cartas topográficas en el sureste de Coahuila se delimitaron las poblaciones siguiendo las formas topográficas del terreno y con el auxilio en campo de un receptor GPS, de la información obtenida, se ordenó y se corrigió en un sistema de información geográfica, en el cual se incluyeron todos los sitios de muestreo y los puntos de referencia previamente georreferenciados. Se utilizó un muestreo sistemático con sitios de 500 y 100 m<sup>2</sup>, para árboles con categoría mayor a 5 cm y menor a 5 cm de diámetro respectivamente.

Las superficies de las poblaciones varían de 3 a 127 ha siendo por lo general más pequeñas en comparación con las poblaciones del centro del país de *Pinus greggii* var. *australis*. Se pudieron apreciar dos grupos de poblaciones diferenciadas principalmente por la precipitación y la temperatura, el primer grupo se encuentra en la Sierra de Zapalinamé y el segundo se encuentra en las Sierras de Arteaga.

La población Ojo de Agua sobresale en mayor densidad respecto al resto de las poblaciones sin embargo se concentra en categorías diamétricas menores y las poblaciones que relativamente concentran un mayor número de individuos en categorías diamétricas mayores son Cañón de Caballos, Puerto Conejo, Santa Anita y Cañón de los Lirios. A mayor densidad de árboles esta relacionada con una mayor presencia de regeneración, la cual se ve afectada principalmente por la precipitación y la altitud sobre el nivel del mar.

## 1 INTRODUCCIÓN

Las poblaciones naturales de *Pinus greggii* Engelm. se distribuyen en pequeños manchones a lo largo de la Sierra Madre Oriental, aisladas por barreras geográficas que restringen el intercambio genético entre ellas (Ramírez *et al.*, 1997). Actualmente se reportan dos regiones de distribución natural; la primera corresponde a *Pinus greggii* Engelm. var. *greggii* que se encuentra en el norte del país en los estados de Coahuila y Nuevo León (Eguiluz, 1978), la segunda, pero de variedad *australis*, se distribuye en el centro del país en los estados de Hidalgo, Querétaro y Puebla (Martínez, 1948).

A través del tiempo *P. greggii* ha mostrado capacidad de supervivencia y desarrollo en varios países. La variedad *australis* se desarrolla donde las condiciones de humedad y precipitación son más favorables (Dvorak *et al.*, 2000). Sin embargo, la variedad *greggii* ha prosperado en suelos pobres, erosionados, con poca profundidad y materia orgánica (INIFAP, 2003), donde las condiciones de humedad y precipitación son limitantes. Por lo anterior se ha recomendado el uso de la especie en programas de protección, recuperación de cuencas hidrológicas y áreas degradadas; debido a que muestra adaptación al igual que rápido crecimiento en terrenos con tales condiciones (INIFAP, 2003).

Con el propósito de conocer mejor la distribución geográfica de las poblaciones naturales de esta especie, es necesario ubicar, delimitar y describir en forma detallada las condiciones ecológicas de cada población; para ello se establecieron 57 sitios de muestreo de 500 m<sup>2</sup> en 11 poblaciones naturales en el Sureste de Coahuila. Las variables dasométricas registradas para cada población fue: altura total del árbol, diámetro normal y cobertura de copa. La delimitación se hizo en una carta topográfica siguiendo la configuración del terreno con el auxilio de un receptor GPS, el almacenamiento y corrección de esta información se hizo en un sistema de información geográfica en el cual se utilizó fotografías aéreas corregidas ortogonalmente.

Aunque la especie no se encuentra clasificada en la Norma Oficial Mexicana (NOM-059-SEMARNAT, 2001) bajo algún estatus de conservación; la Cooperativa de Recursos Genéticos de México y América Central (CAMCORE) considera que las poblaciones tienen algún grado de amenaza, razón por la cual se le ha incluido en programas actuales de preservación genética *ex situ* con alta prioridad (Donahue, 1989), y actualmente en el noreste del país donde se distribuye esta especie ha sido propuesta región terrestre y región hidrológica prioritaria por la Comisión Nacional para el Conocimiento y uso de la Biodiversidad (Arriaga y Alcocer, 2002; CONABIO, 2004).

La presión sobre las áreas forestales a través de un pastoreo excesivo y extracción de madera con diversos fines, así como por el cambio en el uso del suelo, ha reducido drásticamente el tamaño de las poblaciones, al grado que existen zonas donde escasamente se encuentran una decena de árboles (Ramírez *et al.* 1997)., en respuesta a tales actividades, las poblaciones han sido fragmentadas y se ha afectado la estructura y composición de estas poblaciones.

En la actualidad no se tiene mucho conocimiento sobre el tema de manejo de bosques naturales, probablemente por que las áreas en donde se distribuye esta especie son muy restringidas y no se ha tenido interés por estudiar los aspectos ecológicos de la especie (INIFAP, 2003). Por tal motivo se ha realizado el presente trabajo con la finalidad de ubicar en donde están las poblaciones, de qué tamaño son y en qué condiciones ecológicas se encuentran cada una de ellas, esto permitirá tener bases más sólidas para estudiar las poblaciones con mayor detalle.

## **1.1 Objetivos**

1. Ubicar y delimitar las poblaciones naturales de *Pinus greggii* Engelm. var. *greggii* en el sureste de Coahuila, utilizando sistemas de información geográfica.
2. Describir las poblaciones naturales de *Pinus greggii* Engelm. var. *greggii*. con base en las variables dasométricas, densidad, categoría diamétrica y regeneración natural.

## 2 REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1 *Pinus greggii* Engelm.

El *Pinus greggii* es un árbol de 10 a 15 m de altura (Martínez, 1948). En algunos lugares se le ha encontrado de 20 m con 40 cm de diámetro, tronco recto, copa amplia e irregularmente redonda (Eguiluz, 1978). En áreas donde las condiciones ecológicas y ambientales favorecen a la especie alcanza una altura de hasta 25 m (Perry, 1991).

Cuando el árbol es joven tiene la corteza lisa y grisácea, posteriormente cuando alcanza la edad adulta adquiere un color gris oscuro con profundas fisuras, alargadas y ásperas, placas escamosas principalmente en la base del árbol. Además presentan ramillas flexibles, de color rojizo con tinte grisáceo y follaje erguido que suele cubrir toda la ramilla. Las hojas son generalmente en grupos de tres, la mayoría de 7 a 14.5 cm de longitud, son ásperas, anchamente triangulares, de color verde claro brillante. Los conos son fuertes y tenazmente persistentes, duros, oblongos-cónicos, algo encorvados de color ocre lustroso agrupados de 5 a 8 conos, con una longitud de 6 a 12 cm, ocasionalmente alcanzan los 15 cm, y de 3 a 5 cm de ancho cuando están cerrados y su aspecto es muy parecido al de *Pinus patula* Schl. et Cham., la semilla tiene el ala de color gris a café-negruzco, mide de 5 a 7 mm de largo, de 3.0 mm de ancho y con un promedio de 1.9 mm de grueso (Martínez, 1948).

Esta especie inicia su floración en los meses de febrero a marzo. Sus conos empiezan a abrirse entre enero a febrero, aunque gradualmente abren en diferentes épocas del año por su particularidad de ser serotinos. La madera es de color amarillenta pálida, no resinosa con densidad media (Eguiluz, 1978); en un estudio realizado para 12 poblaciones de distribución natural de *Pinus greggii* var. *greggii*, para conocer la densidad relativa de madera entre árboles y entre poblaciones; se encontró que el valor promedio estimado de la densidad relativa (peso anhidro/volumen en verde) de madera fue de 0.47g/cm<sup>3</sup>, lo que permite clasificarla como moderadamente pesada (López y Valencia, 2001).

### 2.1.1 Distribución y ecología

Se distribuye en la Sierra Madre Oriental en el Centro y Norte de México. En el Norte se encuentra en altitudes de 2,300 a 2,800 msnm (Dvorak *et al.*, 2000), mientras que en el centro del país se encuentran en altitudes que van de 1,200 a 2,800 (Hernández, 2003). Las coordenadas geográficas para el área de distribución de las poblaciones del centro y norte del país se encuentran entre 20° 00' a 25° 40' de latitud Norte y 97° 40' a 101° 20' de longitud Oeste (Eguiluz, 1978), y comprende los estados de, Coahuila, Hidalgo, Nuevo León, Querétaro, Puebla, San Luis Potosí (Martínez, 1948) y Veracruz (Perry, 1991).

Los suelos en las dos áreas geográficas en donde se ha encontrado *P. greggii* son de montaña, de color café rojizo, textura migajón areno-arcillosas, pedregosos, calizos y normalmente pobres en materia orgánica, con pH de 7.0 a 8.0. (Eguiluz, 1978). Para las poblaciones del norte del país, los suelos son del tipo litosol, característicos por presentarse en las superficies donde existen afloramiento de roca madre, son someros y desde luego son muy pedregosos con una profundidad menor a 10 cm, distribuidos en los taludes y cumbres; por sus características antes mencionadas tiene un alto riesgo de erosionarse tanto por factores bióticos y abióticos. El Regosol calcárico significa manto y se caracterizan por tener suelos dominados por material suelto que no es aluvial reciente y con una profundidad de hasta 50 cm, no presentan capas distintas; son claros en general y se parecen bastante a la roca que tiene debajo (calizas y lutitas) por lo que son ricos el cal (García, 1998).

La vegetación presente en donde se distribuye esta especie corresponde a bosques de pino, y pino-encino (Rzedowski, 1978). Las principales especies de coníferas que se encuentran asociadas son *Pinus teocote* Schl. et Cham., *P. patula* Schl. et Cham., *P. cembroides* Zucc., *P. arizonica* Engelm., *P. pseudostrobus* var. *apulcensis* Martínez, *Cupressus* sp y algunas latifoliadas como *Quercus* sp (Eguiluz, 1978).

Se reportan dos variedades de *Pinus greggii*, la variedad *australis* que se encuentra en el Centro-Este de México, y la variedad *greggii* representa la población localizada en el Norte del país en los estado de Coahuila y Nuevo León (Dvorak, *et. al.* 2000).

Cuadro 1. Resumen de características de las poblaciones de *Pinus greggii* del centro y norte del país (Donahue y López, 1999).

Características	Var. <i>greggii</i>	Var. <i>australis</i>
Hojas		
Posición	Erectas	Frecuentemente colgantes
Rigidez	Duras	Flexibles
Color	Verde claro	Verde amarillento
Largo (cm)	7-12	10-15
Número de estomas	34-36	36-41
Canales resiníferos internos	Ausentes	Algunas veces 1 a 2
Longitud de alas	5.5-6.4	6.0-6.7

Las poblaciones del norte del país ocupan pequeñas superficies en áreas como laderas y cañadas semiabiertas, con exposiciones SW y SE (Eguiluz, 1978). La mayoría de las poblaciones distribuidas en el norte del país, se encuentra ubicadas a lo largo de los cañones de las sierras en pequeñas distancias entre ellas (Dvorak *et al.*, 2000). Se desarrolla en áreas donde la precipitación varía de 500 a 2,900 mm anuales, siendo más frecuente de 700 a 1500 mm; en donde las lluvias están repartidas en los meses de mayo a octubre, siendo julio y agosto los meses más lluviosos y marzo el mes más seco, por lo que la temperatura promedio reportada para la región norte, es de 16.8 °C, con extremas máximas de 45 °C y mínimas de -9 °C. Los meses cálidos se encuentran de marzo a julio y los más fríos en invierno, en los meses de noviembre y diciembre tiempo en el que puede presentarse varias heladas (Eguiluz, 1978).

### 2.1.2 Importancia

Es una especie que ha logrado importancia a nivel nacional e internacional en países como Brasil, Chile, Colombia, México, Nueva Zelanda, el Sur de África y Zimbabwe (Dvorak *et al.*, 2000). Actualmente se considera importante por su plasticidad genética para adaptarse en suelos pobres, erosionados, con poca profundidad y materia orgánica, por lo

cual se ha recomendado su uso en programas de protección, recuperación de cuencas hidrológicas y áreas degradadas, debido a que muestra adaptación al igual que rápido crecimiento en terrenos con tales condiciones. Ha demostrado tolerancia a sequía así como resistencia a ciertas plagas y enfermedades forestales; además tiene gran potencial para usarse en programas de mejoramiento genético dado, que presenta floración precoz, producción de abundante semilla a temprana edad y rápido crecimiento (INIFAP, 2003). Se le ha encontrado otros beneficios como producción de árboles de navidad (Prieto y Merlín, 2000), reproducción asexual por injerto, acodo y estacado (Becerra y Plancarte; 1993), planta ornamental en parques y campos deportivos abiertos (Eguiluz, 1978).

Aunque la especie no se encuentra clasificada en la Norma Oficial Mexicana (NOM-059-SEMARNAT, 2001) bajo algún estatus de conservación, la Cooperativa de Recursos Genéticos de México y América Central (CAMCORE) considera que sus poblaciones tienen algún grado de amenaza, razón por la cual se le ha incluido en programas actuales de conservación genética *ex situ* con alta prioridad (Donahue, 1989).

## **2.2 Factores asociados a la distribución de la vegetación**

Los factores ambientales son todos aquellos componentes del ambiente entre los cuales se desarrolla la vida del planeta y el soporte de la vida humana. La Comunidad Económica Europea (CEE) menciona que los factores ambientales integrantes de este organismo son: el hombre, la flora, la fauna, el suelo, el agua, el clima y el paisaje así como las interacciones entre los anteriores, los bienes materiales y el patrimonio cultural (Conesa-Fernández, 1995).

Los diferentes factores ambientales del ambiente no actúan en forma aislada, sino a menudo unos tienen influencia sobre las actividades de otros y no es raro encontrar que interactúan entre sí; por ejemplo, el efecto que ejerce la temperatura sobre la eficiencia de la precipitación y en el caso de algunos suelos por sus características favorables pueden suplir la escasez de agua, al tener mejor capacidad de almacenarla a disposición de las plantas. En términos generales se dice que el clima mantiene el papel principal como factor determinante de la distribución de la vegetación (Rzedowski, 1978).

La resistencia ambiental es importante ya que comprende todos los factores bióticos y abióticos que están íntimamente relacionados con la distribución de los organismos animales y vegetales de una población; en donde los factores extrínsecos son aquellos que afectan el comportamiento de una población desde el exterior de ellas y los factores intrínsecos, son aquellos que afectan desde el interior (Sutton y Paúl, 1995). Ante esta situación, no se tiene mucho conocimiento en cuanto a un estudio detallado de los factores que pudieran influir en la respuesta de las poblaciones naturales del género *pinus*.

En torno a los estudios que se han realizado para la evaluación y valoración de los factores ambientales asociados a determinadas especies forestales, se puede citar a manera de ejemplo los trabajos donde se estudió los factores ambientales que están asociados a la distribución de *Pinus arizonica* Engelm. *Pinus engelmannii* Carr. y *Pinus durangensis* Martínez en la región Tarahumara Chih. Para su análisis se consideró nueve factores ambientales, que indican las clases y rangos de altitud, orientación, pendiente, unidades de suelo, textura de suelo, fase física, temperatura media anual, precipitación media anual y tipo de vegetación. De los resultados obtenidos, *Pinus arizonica* presentó una distribución dentro de la Sierra Tarahumara, con un rango altitudinal de 2400 a 3000 msnm, distribuido en pendientes leves de 0 a 5 %, donde la orientación no presentó una influencia directa sobre la especie; edáficamente, la especie mantiene una relación en cuando a la distribución sobre las unidades de suelo del tipo feozem háplico y el regosol eútrico; con textura media y fases físicas de tipo lítica y pedregosa. Además se distribuye en rangos de temperatura media anual de 9 a 11° C y con precipitación media anual que van de 700 a 900 mm; referente en aspectos ecológicos, la especie se encuentra asociada en mayor grado con bosque de pino (López, 2001).

En otro trabajo se evaluó los determinantes de la vegetación y usos del suelo en la sierra de Zapalinamé, Saltillo, Coah. Este estudio se realizó mediante un proceso de interpretación de fotografías aéreas escala 1:25,000 a partir de las cuales se elaboró el mapa de vegetación y usos del suelos. Los factores ambientales que se evaluaron fueron: geología, suelos, fases físicas, altitud, fisiografía, exposición y pendiente. Los resultados obtenidos permitieron concluir que los tipos de vegetación y usos del suelo muestran

asociación con los diferentes factores ambientales bajo estudio; las rocas calizas influyen en la ocurrencia de los tipos de vegetación como bosques de *Pinus* y bosque de *Pseudotsuga* (Ramírez y Zárate, 1998).

### **2.3 Sistemas de información geográfica**

Los sistemas de información geográfica (SIG) son dispositivos para el almacenamiento y análisis de datos del medio físico, utilizando los datos de la superficie terrestre, suelo, vegetación y territorio en general, que están constituidos por un conjunto de componentes informáticos físicos y lógicos que permiten de manera fácil la obtención, gestión, manipulación, análisis, modelado, representación y salida de datos de cualquier territorio (Bosque *et al.*, 1994).

Existen otras definiciones de sistemas de información geográfica, algunas de ellas acentúan su componente en la base de datos, otras en sus funcionalidades y otras enfatizan en el hecho de ser una herramienta de apoyo en la toma de decisiones, pero todas coinciden en referirse a un SIG como un sistema integrado para trabajar con información espacial, herramienta esencial para el análisis y toma de decisiones.

#### **2.3.1 Componentes y clasificación del sistema**

Los principales componentes de un sistema de información geográfica son el físico y el lógico; es decir, el equipo de cómputo y el software. De acuerdo con Bosque (1992), se clasifican por las funciones de los sistemas, basándose en cuatro componentes principales: a) Funciones para la entrada de información, b) Funciones para la salida, representación gráfica y cartográfica de la información, c) Funciones de gestión de la información espacial y d) Funciones analíticas.

Existen dos tipos de SIG, el sistema en formato vectorial y el sistema en formato raster o matricial (Bosque, 1992; Bosque *et al.*, 1994). El primero es el más común ya que representa áreas homogéneas como polígonos delimitados por fronteras curvilíneas en vez de celdillas, para ello se establece un eje de coordenadas en un plano cartesiano; es decir, en coordenadas de “x”, “y” en donde la posición de una serie de vértices son unidos dos a

dos formando líneas que facilitan la delimitación de esas fronteras de los objetos geográficos. Dicho de otra manera, son aquellos sistemas de información geográfica que para la descripción de los objetos utilizan vectores (líneas) definidos por pares de coordenadas relativas en algún sistema cartográfico. Con un par de coordenadas se define un punto, con la unión de dos puntos se genera una línea, y con una agrupación de tres o más líneas se forman polígonos (Bosque *et al.*, 1994).

El formato raster es un método de visualización y almacenamiento de datos que hace uso de puntos individuales o celdillas. Cada uno de esos puntos contiene valores de atributos usados para el procesamiento de una imagen (González, 1992). El sistema “raster” es aquel que asigna datos individuales a los valores de cada celdilla o también cuadrículando mapas existentes que han sido electrónicamente digitalizados, en donde lo que se codifica en el ordenador es el contenido de los objetos geográficos, en lugar de sus límites exteriores. El procedimiento consiste en superponer al mapa a representar en una rejilla formada de unidades regulares, normalmente cuadrados o rectángulos, con lo cual el espacio geográfico queda particionado en forma sencilla y regular, y por ello fácil de representar (Bosque *et al.*, 1994).

La estructura vectorial define objetos geométricos (puntos, líneas y polígonos) mediante la codificación explícita de sus coordenadas. Este formato resulta especialmente adecuado para la representación de objetos geométricos reales, mientras que la estructura raster codifica de forma explícita el interior de los objetos e implícitamente el exterior, el formato vectorial codifica explícitamente la frontera de los polígonos e implícitamente el interior, aunque en ambos casos lo realmente importante es el interior. Esto significa que resulta fácil saber lo que hay en cada punto del territorio en un formato raster pero no en un formato vectorial. Este hecho implica que los algoritmos utilizados para las operaciones de álgebra de mapas son completamente diferentes donde las operaciones son más difíciles y exigen mayor tiempo de computación y cantidad de espacio que requiere para su almacenamiento (Bosque, 1992; Bosque *et al.*, 1994).

### **2.3.2 Los datos geográficos y su representación digital**

Para la ubicación de cualquier elemento en la superficie de la tierra, ya sea un punto, una entidad lineal o una figura con área (polígono), se utilizan modelos que representan la forma de la tierra, sistemas de proyecciones y sistemas de coordenadas. Además existen fundamentalmente dos tipos de cartas: las cartas básicas o topográficas que indican una representación a escala de la forma de la superficie terrestre y las cartas temáticas que representan un aspecto del ambiente, ésta se construye a partir de la carta topográfica a la cual se le sobrepone la información espacial de las cartas básicas (Zárate, 1997).

### **2.3.3 Aplicaciones y experiencias en el uso de SIG**

En la actualidad se cuenta con varios paquetes de software que permiten y facilitan el manejo de información espacial, pero el principal problema que se ha encontrado es la codificación y digitalización del mapa base, ya que es donde se consume la mayor parte del tiempo; sin embargo, se consideran obstáculos menores que han sido resueltos con nueva tecnología, su integración se considerada una gran ventaja ya que permite resolver problemas con mayor eficiencia, flexibilidad, precisión, estudio de grandes superficies y la integración de varios factores que influyen en la distribución de la especie en estudio (Chávez, 1989).

En México es aún reciente el uso y aplicación de los sistemas de información geográfica en estudios del territorio enfocados a la planeación, gestión de los recursos naturales y planeación del medio físico. La falta de recursos humanos especializados en la creación y manejo de los sistemas de información geográfica aún representan una dificultad para el desarrollo de este campo (Zárate, 1996).

En este sentido se concluye que la aplicación de los sistemas de información geográfica en diversos trabajos en México, es relativamente nueva, los estudios realizados en los últimos 10 años han sido con fines de investigación, o como herramientas de planeación en la toma de decisiones en el uso del recurso. Las perspectivas futuras de los sistemas de información geográfica (SIG) es una tecnología que ofrece un gran potencial

para enfrentar los retos de la administración de los recursos naturales en un mundo en que ya no se puede hacer uso extensivo de los mismos (Moreno y Moreno, 1995).

Para las aplicaciones generales resulta complejo realizar una clasificación de aplicaciones ambientales de los sistemas de información geográfica. Pueden existir multitud de divisiones posibles dependiendo del objetivo o resultado que se pretende obtener en cada trabajo. En el caso particular de México, la aplicación de los sistemas de información geográfica, se ha dirigido a las instituciones académicas orientadas a la investigación científica, a dependencias gubernamentales con fines de administración y apoyo en la toma de decisiones y de consultoría privada así como a instituciones de producción y manejo de datos espaciales de un territorio. Por ejemplo, el Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (INEGI) realiza aplicaciones muy complejas y voluminosas en cuanto al manejo de información digital se refiere (Palacio y Bocco, 1996).

En México, se realizó un estudio con visiones generales, para realizar un diagnóstico geográfico del Estado de México utilizando sistemas de información geográfica, en el cual se utilizaron capas de información digital de descripciones geográficas, división municipal, principales localidades, vías de comunicación, fisiografía, clima, suelo, vegetación y áreas de agricultura. Los resultados obtenidos fueron a partir de un análisis espacial y modelos de simulación en donde los factores ambientales permitieron clasificar los recursos naturales potenciales así como las condiciones del medio físico y del medio socioeconómico; además de las posibilidades y aptitudes del suelo que permiten contribuir en el proceso de planeación y la toma de decisiones en los programas de aprovechamiento de los recursos naturales en las actividades agropecuarias y forestales (INEGI, 2001).

A pesar de las limitantes se han realizado trabajos con visiones generales utilizando sistemas de información geográfica, como ejemplo, se tiene el proyecto de propuesta de "Ordenamiento ecológico para el Estado de Coahuila" realizado por la UAAAN. La propuesta fue presentada por la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro como institución responsable, y como usuaria y coparticipante el Gobierno del Estado de Coahuila, a través de la Secretaría de Desarrollo Social. Con este proyecto se realizó un

diagnóstico ambiental de gran visión, detectando la problemática ambiental, determinación de la aptitud para diferentes usos del suelo y la delimitación de unidades de gestión ambiental, utilizando modelos matemáticos, evaluaciones multicriterios y análisis multivariante. El trabajo se realizó con la finalidad de evaluar y programar el uso del suelo en función de su aptitud natural y potencial, considerando los recursos naturales, las actividades económicas, sociales y la distribución de la población (UAAAN, 1998).

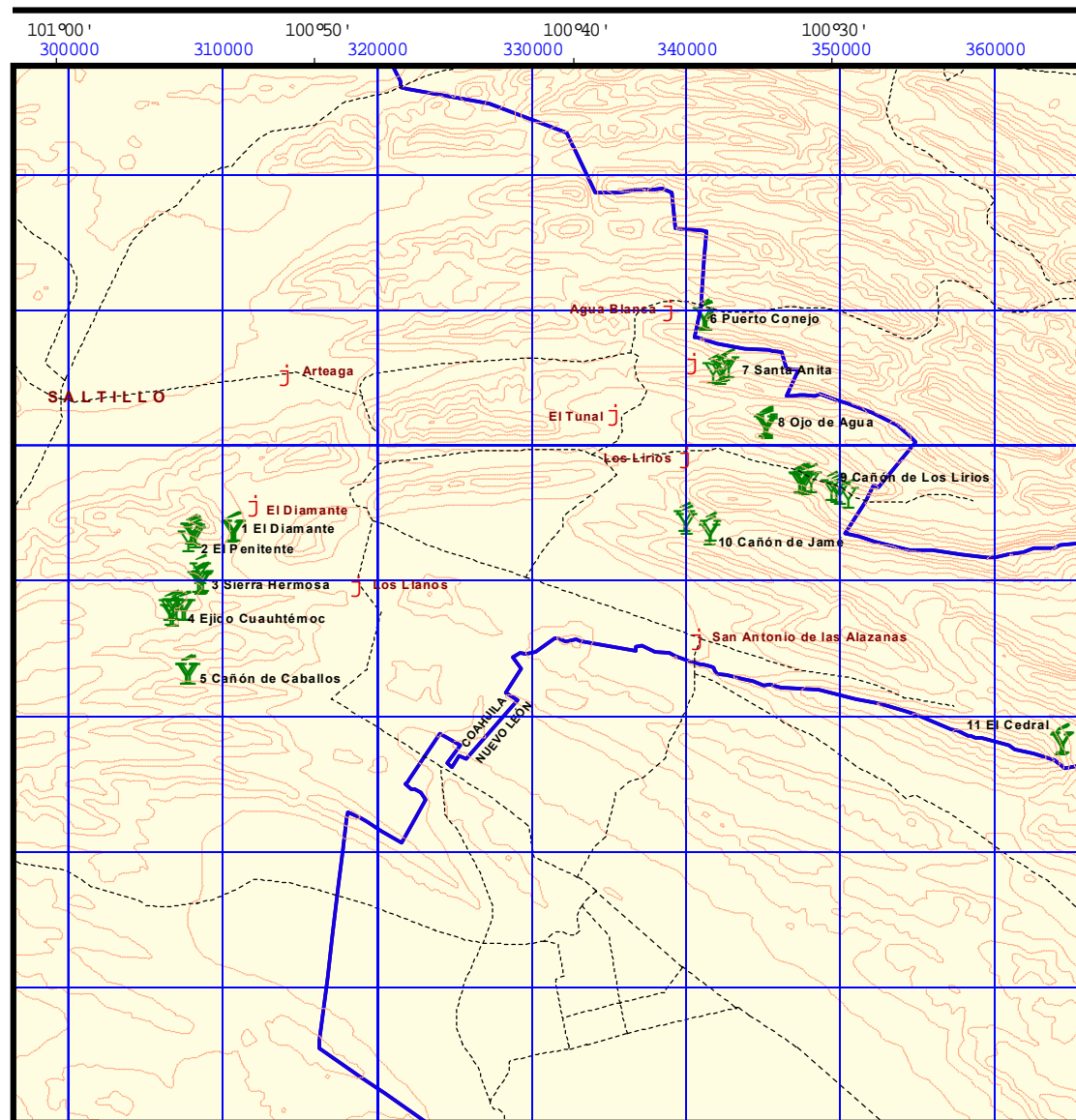
## 3 MATERIALES Y MÉTODOS

### 3.1 Descripción del área de estudio

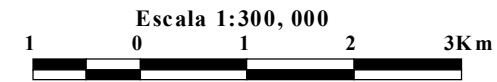
El área de estudio se localiza en la subprovincia fisiográfica de la Gran Sierra Plegada que comprende parte de los municipios de Arteaga y Saltillo Coahuila, y Santa Catarina y Galeana, Nuevo León. Específicamente donde se encuentran ubicadas las 11 poblaciones naturales de *Pinus greggii* var. *greggii*, es en las inmediaciones de las Sierras de Zapalinamé, El Caballo, El Tarillal, Rancho Nuevo, la Viga y Sierra de San Antonio de las Alazanas (INEGI, 2000).

El área presenta topografía muy accidentada en donde se puede encontrar pendientes de hasta 70 % y elevaciones de 1400 a 3600 msnm, con exposiciones Norte y Noreste en su mayoría. Las coordenadas geográficas del área de estudio son 25° 10' 00'' a 25° 30' 00'' de latitud Norte, y de 100° 20' 00'' a 101° 00' 00'' de longitud Oeste, en donde se registra una gran variedad de expresiones geográficas representados por serranías, cañones, y sistemas montañosos. Además presenta diferentes vías de acceso, las cuales incluyen carreteras federales, estatales con dos carriles, caminos de terracerías transitables todo el tiempo, brechas y veredas, en donde las principales vías de acceso que conducen a las poblaciones que se estudiaron son básicamente de terracería transitable todo el tiempo, brechas y veredas (Figura 1).

El clima presente en las partes altas de la Sierra de Zapalinamé es un BS1kw, el cual corresponde a un clima seco, semiseco con verano cálido, con lluvias en verano, temperaturas medias anuales de 12 a 18 °C, con un porcentaje de lluvia invernal de 5 a 10% del total anual. En las partes bajas, en donde se distribuyen las áreas agrícolas del municipio de Arteaga predomina el clima BS1k(x') que corresponde al semiárido, templado, con temperaturas medias anuales entre los 12 a 18 °C, con -3°C el mes más frío. Al Sureste de Coahuila en donde colindan con los municipios de Santa Catarina y Santiago en Nuevo León se reporta un clima C(w1), templado, subhúmedo, con temperatura media anual entre 12 y 18°C, con 40 mm de precipitación en el mes más seco (García, 1973).



**UBICACIÓN GEOGRÁFICA**



**SIMBOLOGÍA**

- Principales localidades
- Poblaciones naturales de *Pinus greggii* Engelm. Var. *greggii*
- Vías de comunicación
- Curvas a nivel
- Límite estatal

**DATOS GEOGRÁFICOS**

Elipsoide.....Klarke de 1866  
 Proyección.....Universal Transversa de Mercator  
 Cuadrícula.....A cada 10,000m  
 Datum Horizontal.....Norteamericano de 1927  
 Referencia de cotas.....Nivel medio del mar

**ÍNDICE DE CARTAS UTILIZADAS ESC. 1:50,000**

- G14C34 Arteaga
- G14C35 San Antonio de la Alazanas
- G14C44 Huachichil
- G14C45 San Rafaél

**LABORATORIO DE SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA  
 DEPARTAMENTO FORESTAL**



**REALIZÓ: Modesto Curiel Avila  
 Agosto de 2005**

Figura. 1 Distribución de 11 poblaciones naturales de *Pinus greggii* Engelm. var. *greggii*, en el Sureste de Coahuila.

Para conocer las condiciones de precipitación y temperatura regional en donde se distribuye las poblaciones naturales de *Pinus greggii*, se analizó una base de datos del sistema de información para la caracterización agro climática (SICA) (Medina y Ruíz 1993), de cinco estaciones climatológicas más cercanas a las poblaciones de *P. greggii*. El criterio utilizado para la selección de las estaciones fue: que tuvieran todos los registros de precipitación y temperatura los doce meses del año con un mínimo de cinco años de información.

La subprovincia fisiográfica de la Gran Sierra Plegada pertenece a la provincia Sierra plegada; la cual está formada por una serie de sierras con estrechos montañosos constituidos por formas topográficas designadas sierra pliegue flexionada, bajada, bajada con sierras y valles intermontanos, compuestos por rocas calizas principalmente (SPP, 1981,1983). El relieve del área de estudio presenta en su mayoría una topografía muy accidentada, con pendientes abruptas en donde las altitudes con mayor elevación se encuentra en el cerro El Penitente con 3,120 msnm (INEGI, 2000).

Geológicamente comprende parte del macizo montañoso de la Sierra de Zapalinamé y Sierras de Arteaga siendo un área intensamente plegada y fracturada con una topografía muy accidentada. Los pliegues de la Sierra forman valles estructurales en los sinclinales y serranías en los anticlinales, los perfiles aserrados se presentan debido a la intensidad de plegamiento. Las rocas que afloran en el área son, en su totalidad sedimentarias marinas del jurásico y cretácico provenientes de procesos erosivos hídricos, formando así los depósitos de suelos aluviales característicos de los valles y que representan el evento sedimentario más reciente en las cuencas continentales originadas por los movimientos post-orogénicos. Prácticamente todas las calizas, lutitas y areniscas que afloran en la región, corresponden al periodo geológico conocido como cretácico de la era Mesozoica de origen sedimentario marino, que fueron sometidos a esfuerzos corticales de tensión y compresión, y dieron lugar a levantamientos serranos abruptos compuestos de rocas calizas, que se alternan con valles intermontanos (SPP, 1981, 1983).

El área de estudio pertenece a a las vertientes del Golfo de México y Cuencas cerradas del norte, perteneciente a la región hidrológica No. 24 “Bravo-Conchos” cuenca hidrológica “Río Bravo-San Juan” y región hidrológica No. 37 “El Salado” que corresponde a la cuenca “San Pablo y Otras” (CNA,1998). Las corrientes dan origen al Río Santa Catarina, donde los tributarios que predominan son de orden intermitente que significa que por sus causas escurre agua sólo durante y poco tiempo después de un evento de lluvias, los cuales alimentan y dan origen a la cuenca Río Bravo- San Juan (INEGI, 2000).

La unidad de posibilidades de aguas subterráneas para la región es de material consolidado con posibilidades bajas que se encuentran ampliamente distribuida en la zona, principalmente en todo el sistema montañoso; constituido por caliza, arenisca y lutita. Estos materiales se presentan fuertemente plegados con gran cantidad de fallas y fracturas que en consecuencia le dan permeabilidad variable. La caliza presenta una permeabilidad alta, sin embargo, debido a su relieve elevado y posición estratigráfica funciona como zona de recarga, donde el agua fluye hacia los valles en los cuales se encuentran materiales no consolidados con posibilidades altas (SPP, 1981, 1983).

Las principales unidades de suelos dominantes en la mayor parte de los macizos montañosos de la región corresponden a litosol, regosol calcárico y en los valles intermontano predominan los suelos del tipo Feozem calcárico y xerosol calcárico (DETENAL, 1977). La vegetación dominante en el área de estudio en su mayoría es bosque de pino, donde las principales especies son *P. cembroides* Zucc., *P. rudis* Ende., *P. ayacahuite* Shaw. y *P. greggii*; en un estrato subarboreo se presentan algunas latifoliadas tales como *Quercus* spp y *Arbutus xalapensis* H.B.K., además de *Juniperus deppeana* Steud. en sitios con climas templado frío se asocian con *Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco., *Abies vejarii* Martínez, mientras que en áreas con influencia xérica se infiltran especies propias del matorral submontano y matorral rosetófilo (Villarreal y Valdés, 1993).

## **3.2 Etapa de campo**

Con anterioridad se revisaron los trabajos realizados en la región para *P. greggii*, con la finalidad de reunir toda la información disponible sobre la ubicación y distribución de las poblaciones naturales de la especie en estudio, ubicando las coordenadas geográficas en cartas topográficas para los procesos que se mencionan enseguida.

### **3.2.1 Ubicación y delimitación de rodales**

Para representar las áreas de las poblaciones naturales de *P. greggii*, se utilizaron cuatro cartas topográficas a escala 1:50,000 G14C34-Arteaga, G14C35-San Antonio de Las Alazanas, G14C44-Huachichil y G14C45-San Rafael. En estas se marcaron las áreas de las poblaciones, siguiendo la forma topográfica del terreno que pudieran servir de referencia al momento de su ubicación y delimitación en campo. Los principales rasgos topográficos que se consideraron en la carta al ubicar las poblaciones fue: carreteras, brechas, veredas, arroyos, parteaguas, centros de población, localidades rurales y áreas agrícolas. Además de este proceso, con el uso de un receptor GPS se ubicaron varios puntos de referencia en los extremos de la población y se realizaron caminamientos en el perímetro de la misma, este último sólo se realizó en las áreas de fácil acceso. Los parámetros de configuración que se utilizó en el receptor fue: Datum NAD27, unidades en metros UTM Zona 14, se utilizó estos parámetros con la finalidad de homogeneizar la información con el Sistema de Información Geográfica realizado por la UAAAN (2003).

### **3.3.2 Diseño de muestreo**

El sistema de muestreo que se utilizó para este estudio fue el sistemático, (Mendenhall y Scheaffer, 2000). Sin embargo se realizaron algunas modificaciones en su empleo, en función de la forma y tamaño de las poblaciones. Para las poblaciones alargadas los sitios se ubicaron siguiendo una línea perpendicular a la pendiente al centro de la población, esto con la finalidad de que la muestra fuese más representativa posible al momento de su análisis, para las poblaciones de otra figura irregular los sitios se ubicaron en las áreas en donde las condiciones del arbolado fuese más homogénea en la distribución de los individuos, de tal manera que los sitios cubrieran la superficie de la población. Para

las poblaciones que presentaron rodales aislados bien definidos, los sitios se establecieron en el centro de cada rodal dependiendo el tamaño del mismo. Se siguieron estos criterios en base a la experiencia y recomendaciones de González (1998), en donde menciona que para el establecimiento de los sitios de muestreo en estudios de poblaciones naturales, se deben ubicar en áreas que fuese lo más representativo posible para que no existan subestimaciones y sobreestimaciones al momento de realizar los análisis correspondientes y que el área estuviese lo menos perturbada por factores bióticos y abióticos para su evaluación.

Considerando estos criterios, se establecieron cuatro sitios de muestreo como mínimo para las poblaciones pequeñas, para las poblaciones un poco más grandes se incrementó el número de sitios de forma proporcional al tamaño de la población, obtenido así un máximo de diez sitios de muestreo para el registro de las variables dasométricas, la dimensión de los sitios para estas variables fue de 500 m<sup>2</sup>, compensado de acuerdo a la pendiente del terreno. En el centro de este mismo sitio se estableció un sitio de 100 m<sup>2</sup> para el registro de las especies de regeneración del género *Pinus* (Figura. 2). Además se establecieron dos parcelas de 1m<sup>2</sup> de forma perpendicular a la pendiente separados un metro de distancia a partir del centro del sitio de muestreo de 500 m<sup>2</sup>.

Para la descripción de las variables de suelo se siguió la metodología propuesta por Cuanalo (1990), en su guía de descripción de perfiles de suelo, de esta guía se tomaron algunas recomendaciones para evaluar la pedregosidad en las poblaciones naturales de *Pinus greggii*, en el cual se describió en términos de cantidad, tamaño forma y clase de las piedras. La cantidad de piedras se estimó en base a volumen y se expreso en porcentajes clarificándose sin piedras (menos de 1 %), muy pocas piedras (alrededor de 1 %), ligeramente pedregoso (1 a 5 %), pedregoso (5 a 20 %) y muy pedregoso (20 a 50 %). El tamaño de las piedras se obtuvo en base a la clasificándose como gravas (2 mm a 1 cm), piedras pequeñas (1 a 5 cm), medianas (5 a 10 cm), grandes (10 a 20 cm) y muy grandes (mayor a 20 cm), de forma angular, subangular, redonda, laminar y tabular.

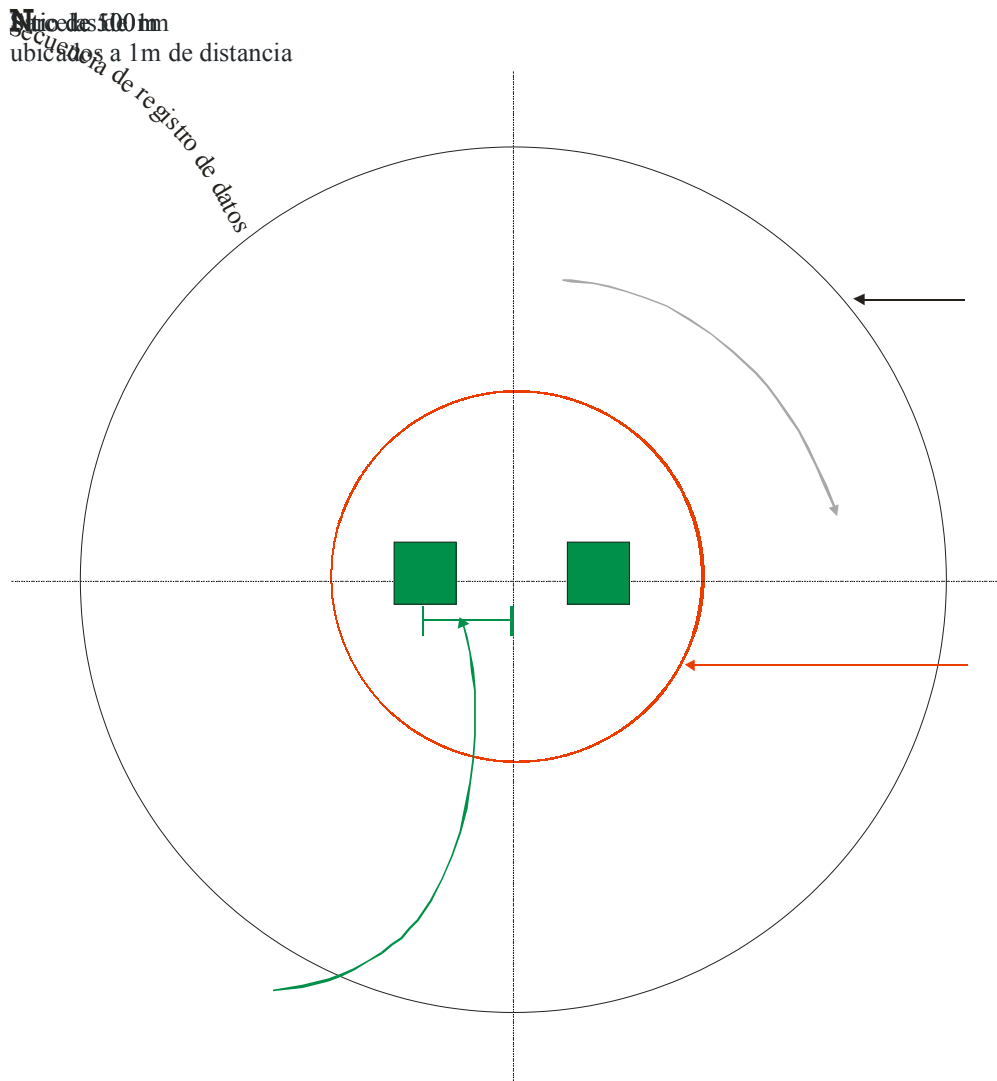


Figura.2 Representación esquemática del sitio de muestreo

### 3.4.3 Registro de datos dasométricos y ecológicos

En los sitios de 500 m<sup>2</sup>, se midieron todas las coníferas que presentaron un diámetro mayor o igual a 7.5 cm a 1.30 m de altura a partir de la superficie del suelo. La medición del diámetro se realizó en los árboles, siguiendo una dirección noreste, en el cual se le asignó una categoría diamétrica a cada individuo, las lecturas de diámetro que se registraron más de dos ocasiones en el sitio, sólo se registró las veces que se repitieron. Las otras variables que se registraron fueron: la altura total del arbolado y la cobertura promedio de la copa de los árboles de *Pinus greggii*.

En los sitios de 100 m<sup>2</sup> se registró la regeneración de todas las especies de coníferas encontradas; el criterio utilizado para considerarse regeneración fue que los individuos alcanzaran un diámetro menor a 7.5 cm a una altura de 1.30 m a partir de la superficie del suelo. Los datos obtenidos para las variables ecológicas, se obtuvo de las parcelas de 1 m<sup>2</sup> ubicadas dentro de cada sitio (Figura 2). Para determinar la profundidad de suelo se utilizó una varilla metálica que se introdujo en el suelo.

Se registraron otras variables dentro de cada sitio de muestreo como son: altura sobre el nivel del mar tomado del receptor GPS, porcentaje de pendiente principal obtenido con una pistola haga, exposición del sitio y de la población respecto a la orientación norte magnético.

### **3.3 Etapa de gabinete**

#### **3.3.1 Preparación y digitalización del material cartográfico y su introducción al sistema de información geográfica**

El proceso de laboratorio consistió en el tratamiento digital de las capas de información o coberturas temáticas existentes, para ello se utilizó el Sistema de Información Geográfica realizado por la UAAAN (2003). En este sistema, se seleccionaron cinco coberturas, de las cuales se incluyen las curvas a nivel, hidrología superficial, límites estatales, límites municipales, vías generales de comunicación y principales localidades rurales. Además de las coberturas seleccionadas se agregó los sitios de muestreo obtenidos en campo al igual que los puntos de referencia de todos y cada una de las poblaciones naturales.

Para ubicar geográficamente las poblaciones naturales delimitadas en las cartas topográficas, se llevó a cabo el proceso de digitalización, el cual consiste en pasar la información impresa a un formato digital; para ello se utilizó el Software PC arcInfo<sup>TM</sup>, para la creación de la base de datos gráfica en formato vectorial formando líneas, puntos y polígonos. Además de los elementos identificables en cada carta delineada se marcaron por lo menos cuatro puntos de control (“tics”) que sirvieron de referencia para la posterior transformación de las coberturas en coordenadas de tableta (pulgadas) a coordenadas

geográficas (grados decimales). Los “tics” son puntos de control que se establecen en las esquinas del mapa, cruces de carretera, cruce de arroyos u otro elemento en los cuales se conoce su posición geográfica exacta y sirven de base para la georreferenciación.

La digitalización de las poblaciones naturales de *P. greggii* se realizó desde el módulo PC Arcedit del programa ArcInfo<sup>TM</sup> el cual permite digitalizar de forma interactiva tanto los elementos gráficos como la base temática asociada (Figura 3). Al momento de digitalizar los mapas, se colocaron sobre una tableta digitalizadora, y sobre ellos, se recorrieron todos los límites de las poblaciones con el mouse especial del tablero digitalizador, esta operación se realizó manualmente utilizándose para ello, la técnica de digitalización discreta y en un modo continuo. Una vez terminada la digitalización se corrigieron los errores de nodo que dan origen a los arcos colgantes y que indican la presencia de líneas no conectadas correctamente al momento de ser digitalizado, este proceso se realizó desde el modulo Arcedit del programa. Además se procedió al etiquetado de las coberturas en donde, a cada polígono del mapa se le asignó una etiqueta o identificador el cual facilita la creación de la base de datos relacional.

Posteriormente se procedió a georefenciar el mapa, este proceso consistió en transformar cada una de las coordenadas de localización (“tics”) ubicadas en el mapa a sus coordenadas geográficas reales, luego se hizo el cambio de proyección a la Proyección Cilíndrica Transversa de Mercator (UTM), la cual mantiene uniforme la escala de cualquier punto del mapa, en donde sus unidades son en metros proyectados y por lo tanto muy confiable en el registro de áreas y longitudes, todo este proceso se realizó siguiendo el procedimiento propuesto por Zárate (1997).

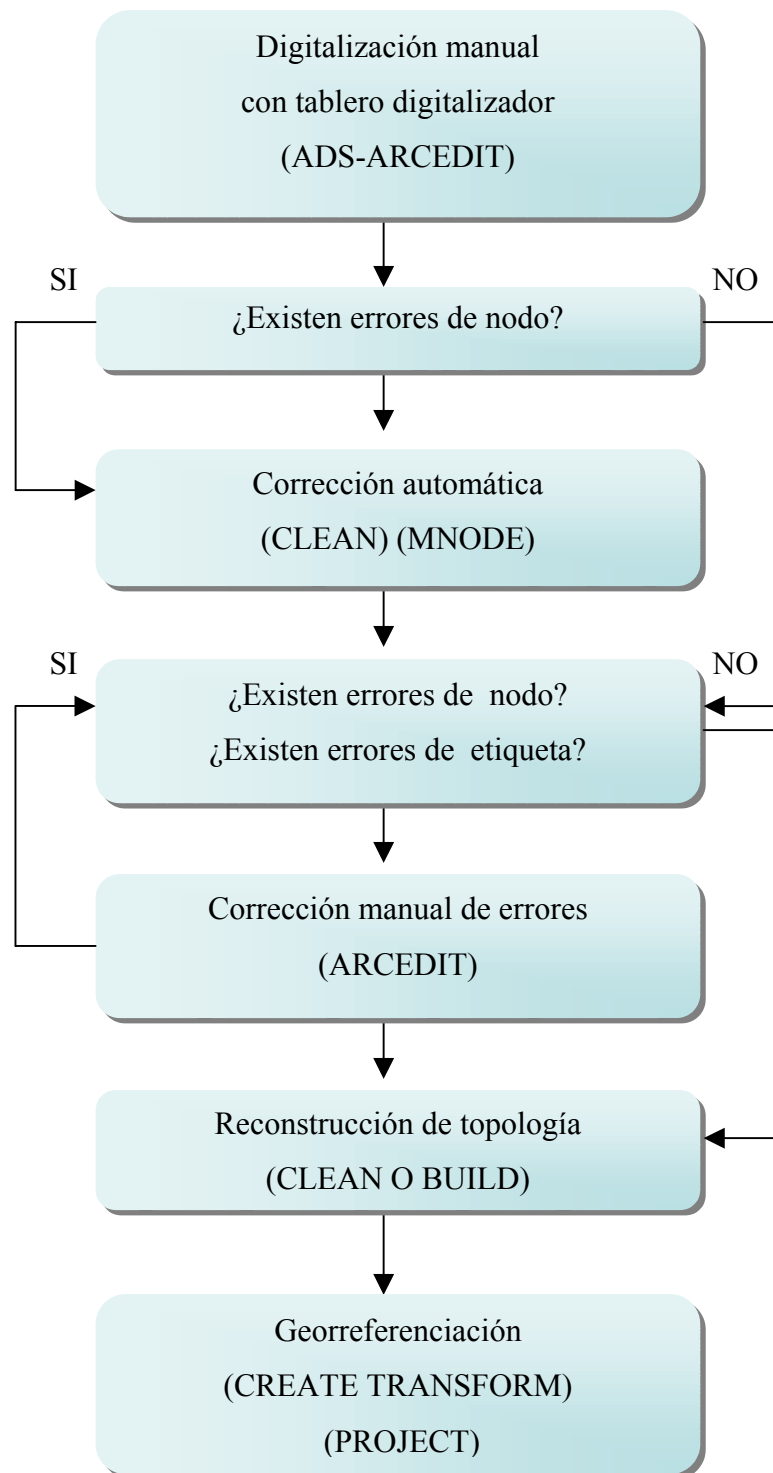


Figura 3. Procedimiento de digitalización manual de coberturas en Pc-ArcInfo (Zárate,1997)

### 3.3.2 Cálculo de superficies y construcción de mapas

Las coberturas obtenidas en el Software PC arcInfo <sup>TM</sup> se exportó al Software ArcView v. 3.3 en donde ya se tenía organizado un nuevo proyecto de trabajo. En este sistema se redefinió los límites de cada población siguiendo los puntos de referencia ubicados en campo que ya aparecían en el proyecto de trabajo y de las coberturas temáticas que previamente se seleccionaron, además se utilizaron ortofotos digitales escala 1:25,000 y 1:50,000 que permitieron verificar los límites de las poblaciones naturales de *Pinus greggii*, en base al color y textura de la ortofoto. Es importante mencionar que las áreas de las poblaciones en donde no se utilizaron ortofotos debido a que no se tenía al alcance fue, la sierra de Zapalinamé en donde se distribuyen las cinco primeras poblaciones (Figura 1).

Terminado el proceso de corrección y redefinición de los límites de todas las poblaciones, se realizó el cálculo de superficies en el Software ArcView V.3.3 mediante un proceso en el módulo Script en el cual se seleccionó una herramienta de programación (Calculate Feature Geometry), que permite calcular áreas y perímetros a partir de una cobertura de polígonos con sólo tener seleccionado el tema de interés y activa las dos vistas de trabajo.

Posteriormente se diseñaron los mapas de las poblaciones naturales de *Pinus greggii* en la vista del programa. Este proceso consiste en preparar en una vista lo que se quiere representar en un formato impreso, por ejemplo los temas que acompañan al mapa, así como los colores, textos que aparecerá al momento de ser impreso y el área de trabajo de interés. Finalmente, la edición definitiva de los mapas se hizo en el módulo Layout de creación de mapas, en donde se definieron algunas características como tamaño de la hoja, unidades, orientación, escala de trabajo y los márgenes de impresión.

### 3.4 Análisis dasométrico y ecológico

El análisis de los datos dasométricos se enfocó a la variable densidad, para ello se agruparon los registros de los sitios de muestreo en una hoja de cálculo y se generó el valor promedio, del número de individuos por hectárea a nivel de población, además se obtuvo la densidad por categoría diamétrica y por especie para todas las poblaciones. La información

numérica se concentró en un cuadro para un posterior análisis de correlación de seis variables para cada una de las poblaciones naturales (Cuadro 7).

Para la regeneración también se enfocó a la variable densidad de cada población y la densidad por especie presentes para cada población, los datos de suelo se analizaron en función de la propuesta de Cuanalo (1990), el cual consistió en concentrar los datos en una hoja de cálculo y en donde se obtuvo los valores promedios por sitio y luego por población, de la información promedio de cada población se generó el grado de pedregosidad de cada población.

## CONCLUSIONES

1. Las poblaciones naturales de *Pinus greggii* var. *greggii* del sureste de Coahuila varían de 3 a 127 ha en tamaño siendo por lo general más pequeñas en comparación con las poblaciones del Centro del país de *Pinus greggii* var. *australis*.
2. Por las características de precipitación y temperatura se pueden apreciar dos grupos, el primer grupo se encuentra en la Sierra de Zapalinamé y el segundo se encuentra en las Sierras de Arteaga uno con características de poblaciones relativamente uniformes en la Sierra de Zapalinamé y otros con ligeras variaciones dentro del grupo en las Sierras de Arteaga.
3. La población Ojo de Agua sobresale en mayor densidad respecto al resto de las poblaciones, sin embargo se concentra en categorías diamétricas menores, y las poblaciones que relativamente concentran un mayor número de individuos en categorías diamétricas mayores son Cañón de Caballos, Puerto Conejo, Santa Anita y Cañón de los Lirios.
4. A medida que la densidad de la regeneración aumenta, también se presenta una mayor densidad de árboles en estas poblaciones, y la regeneración se ve afectada principalmente por la precipitación y la altitud sobre el nivel del mar.

## RECOMENDACIONES

1. Para conocer la distribución natural y las condiciones ecológicas de *Pinus greggii* var. *greggii* en el Norte de México, se sugiere la delimitación de las demás poblaciones reportadas al centro y sureste de Nuevo León, siguiendo la metodología empleada en este estudio.
2. Al realizar las verificaciones de ubicación y delimitación de las poblaciones naturales en el laboratorio, se recomienda utilizar ortofotos digitales de mayor resolución, ediciones recientes con escalas grandes de 1:20,000 o inferiores, esto permitirá obtener mayor detalle de las poblaciones y reducirá los errores de subestimación y sobreestimación de la superficie.
3. Para tener mayor confiabilidad de los datos reportados en cuanto a densidad de árboles y regeneración, se recomienda establecer un tamaño de muestra óptimo para cada población, así como incrementar el número de sitios de muestreo en aquellas poblaciones que resulten tener una intensidad de muestreo inferior a 2 %.

Apéndice 1a. Coordenadas geográficas de los sitios de muestreos ubicados en cada población

POBLACIÓN	LOCALIDAD	SITIO	COORDENADAS UTM		ALTITUD (msnm)	EXPOSICIÓN
			X	Y		
1	El Diamante	1	310570.46	2803979.75	2442	Norte
	El Diamante	2	310429.46	2803951.75	2470	Norte
	El Diamante	3	310380.46	2803943.75	2500	Norte
	El Diamante	4	310504.46	2803979.75	2446	Norte
2	El Penitente	1	308002.00	2803445.00	2605	Sureste
	El Penitente	2	307975.00	2803671.00	2666	Sureste
	El Penitente	3	307840.00	2803724.00	2734	Cenital
	El Penitente	4	307711.00	2803733.00	2674	Norte
	El Penitente	5	307575.00	2803190.00	2480	Sureste
3	Sierra Hermosa	1	308324.00	2800838.00	2394	Norte
	Sierra Hermosa	2	308510.00	2800297.00	2449	Norte
	Sierra Hermosa	3	308372.00	2800075.00	2540	Norte
	Sierra Hermosa	4	308438.00	2800230.00	2472	Norte
	Sierra Hermosa	5	308404.00	2800141.00	2500	Norte
	Sierra Hermosa	6	308155.00	2800180.00	2581	Norte
4	Ejido Cuauhctémoc	1	307332.25	2798093.96	2572	Norte
	Ejido Cuauhctémoc	2	307159.25	2798114.96	2558	Norte
	Ejido Cuauhctémoc	3	306813.25	2798079.97	2515	Norte
	Ejido Cuauhctémoc	4	306592.25	2798162.97	2480	Norte
	Ejido Cuauhctémoc	5	306360.24	2798120.97	2460	Norte
	Ejido Cuauhctémoc	6	306555.23	2797700.98	2567	Norte
	Ejido Cuauhctémoc	7	306415.23	2797821.98	2492	Norte
5	Cañón de Caballos	1	307677.07	2793346.37	2472	Noreste
	Cañón de Caballos	2	307482.00	2793410.63	2473	Noreste
	Cañón de Caballos	3	307397.64	2793381.03	2472	Norte
	Cañón de Caballos	4	307398.08	2793411.83	2459	Norte
6	Puerto Conejo	1	341123.83	2819528.01	2492	Norte
	Puerto Conejo	2	341012.14	2819529.33	2506	Noreste
	Puerto Conejo	3	340930.22	2819684.17	2463	Norte
	Puerto Conejo	4	341096.35	2819559.13	2486	Norte
7	Santa Anita	1	342224.97	2815791.80	2544	Suroeste
	Santa Anita	2	342026.22	2815517.21	2617	Norte
	Santa Anita	3	341579.93	2815584.07	2606	Norte
	Santa Anita	4	342084.93	2815762.66	2526	Cenital
	Santa Anita	5	342563.14	2816033.96	2591	Sur
8	Ojo de Agua	1	345077.00	2811771.00	2687	Noreste
	Ojo de Agua	2	345010.00	2811666.00	2760	Noreste
	Ojo de Agua	3	345015.00	2811557.00	2787	Noreste
	Ojo de Agua	4	344921.00	2811658.00	2785	Norte

Apéndice 1b. Coordenadas geográficas de los sitios de muestreos ubicados en cada población

POBLACIÓN	LOCALIDAD	SITIO	COORDENADAS UTM		ALTITUD (msnm)	EXPOSICIÓN
			X	Y		
9	Cañón de los Lirios	1	350333.68	2806375.94	2342	Norte
	Cañón de los Lirios	2	349750.48	2806720.84	2383	Noreste
	Cañón de los Lirios	3	349528.16	2806846.38	2385	Norte
	Cañón de los Lirios	4	349222.47	2807003.66	2390	Norte
	Cañón de los Lirios	5	347440.52	2807639.19	2359	Sur
	Cañón de los Lirios	6	347494.02	2807423.14	2491	Norte
	Cañón de los Lirios	7	347354.95	2807486.30	2487	Norte
	Cañón de los Lirios	8	347210.00	2807481.00	2540	Noreste
	Cañón de los Lirios	9	347906.00	2807550.00	2440	Sureste
	Cañón de los Lirios	10	347144.00	2807543.00	2504	Noreste
10	Cañón de Jamé	1	341373.00	2803982.00	2731	Norte
	Cañón de Jamé	2	341296.00	2803642.00	2596	Norte
	Cañón de Jamé	3	339862.00	2804419.00	2458	Noreste
	Cañón de Jamé	4	339697.00	2804650.00	2449	Noreste
11	El Cedral	1	364114.00	2788231.00	2725	Noroeste
	El Cedral	2	364163.29	2788335.40	2680	Norte
	El Cedral	3	364130.95	2788265.58	2712	Norte
	El Cedral	4	364207.39	2788322.17	2662	Norte

---

PENDIENTE  
(%)

---

38  
60  
40  
45

60  
50  
0  
40  
35

40  
45  
50  
40  
40  
50

36  
40  
35  
42  
38  
35  
40

9  
30  
30  
30

35  
40  
40  
43

28  
43  
65  
0  
30

60  
60  
65  
45

---

PENDIENTE  
(%)

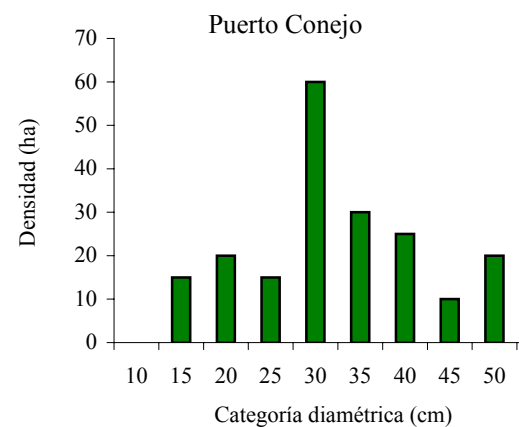
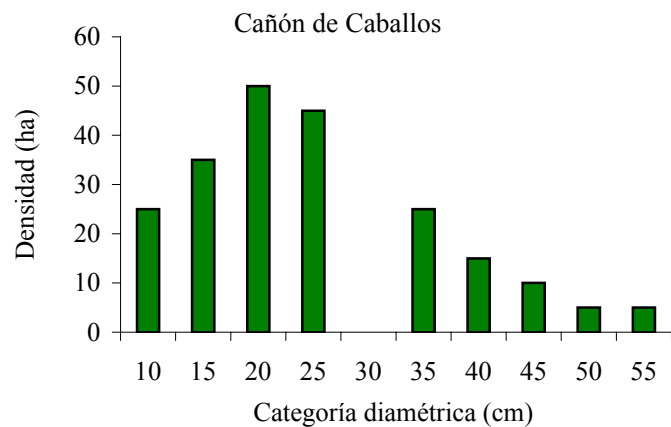
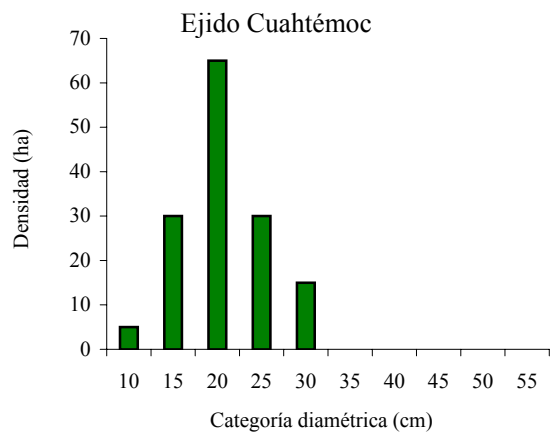
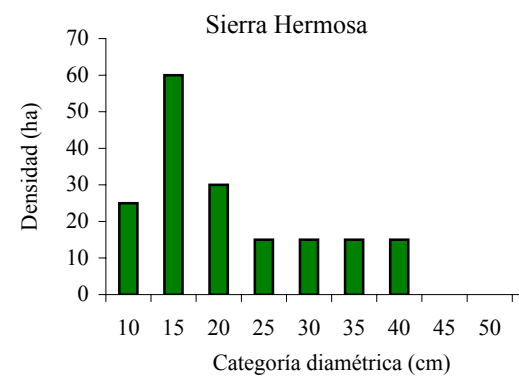
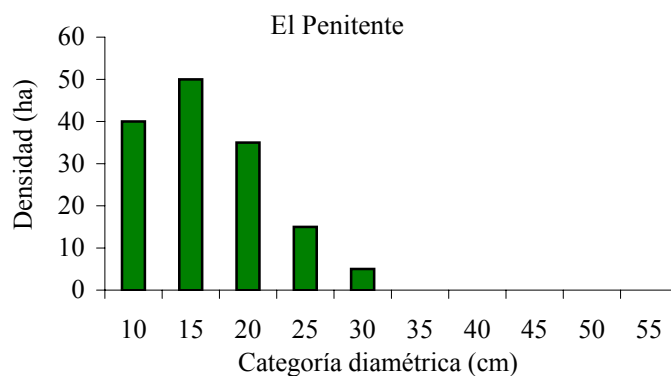
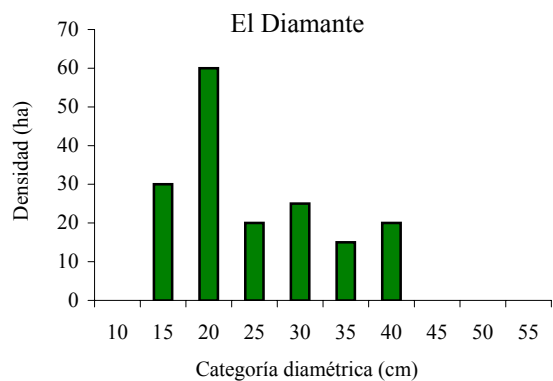
---

45  
65  
50  
80  
80  
30  
30  
40  
65  
32  
  
45  
45  
60  
45  
  
55  
50  
45  
32

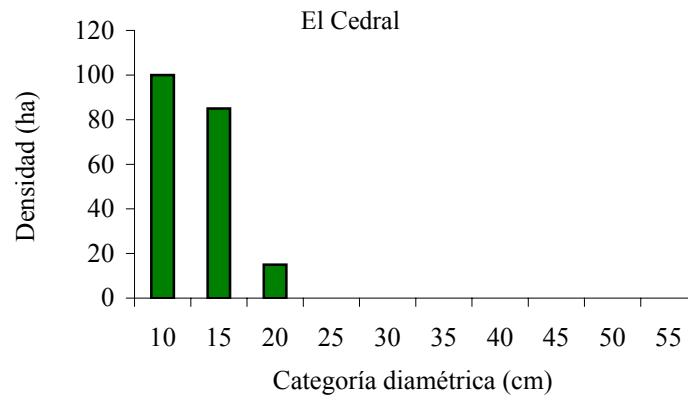
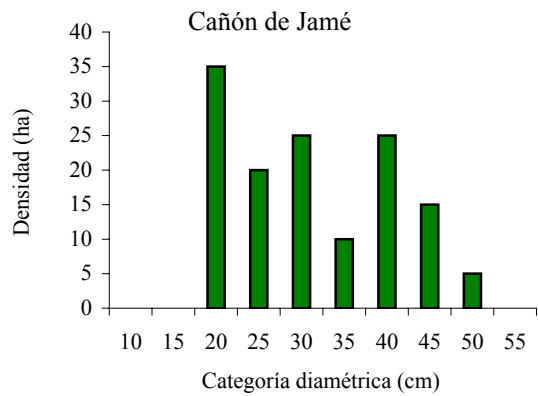
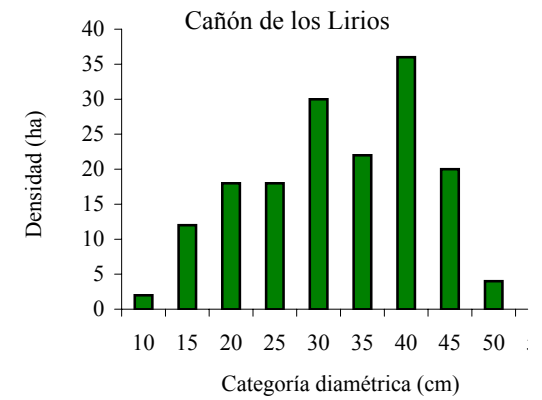
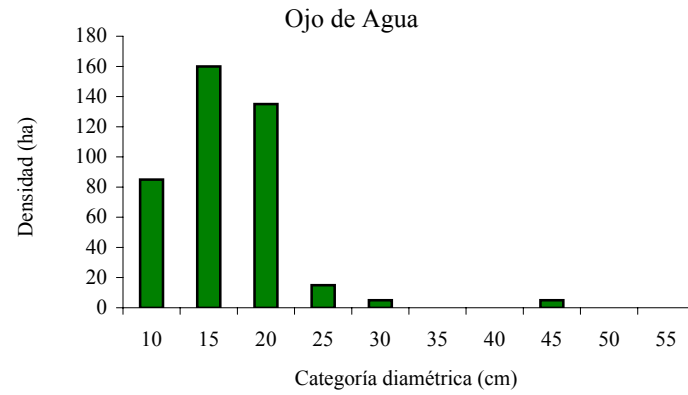
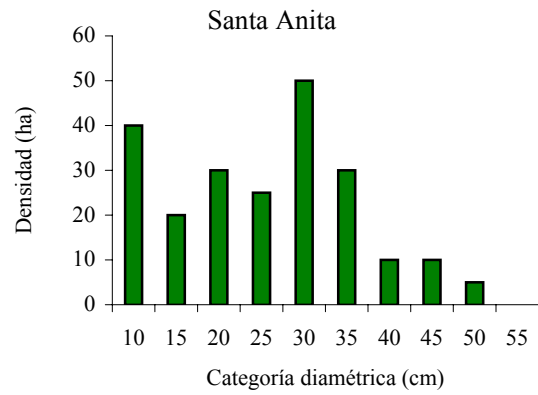
---

Población	Municipios	Densidad por categoría diamétrica por población										Densidad promedio (ha) Por				
		10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	P.g. <sup>1</sup>	P.m. <sup>2</sup>	P.r. <sup>3</sup>	C.a. <sup>4</sup>	
1 El Diamante	Arteaga	0	30	60	20	25	15	20	0	0	0	170				
2 El penitente	Saltillo	40	50	35	15	5	0	0	0	0	0	145				
3 Sierra Hermosa	Arteaga	25	60	30	15	15	15	15	0	0	0	175				
4 Ejido Cuauhtémoc	Saltillo	5	30	65	30	15	0	0	0	0	0	145				
5 Cañón de caballos	Saltillo	25	35	50	45	0	25	15	10	5	5	215				
6 Puerto Conejo	Saltillo	0	15	20	15	60	30	25	10	20	0	195	10			50
7 Santa Anita	Arteaga	40	20	30	25	50	30	10	10	5	0	220	35	10		
8 Ojo de agua	Arteaga	85	160	135	15	5	0	0	5	0	0	452				
9 Cañón de los lirios	Arteaga	2	12	18	18	30	22	36	20	4	0	162				
10 Cañón de jamé	Arteaga	0	0	35	20	25	10	25	15	5	0	135				
11 El Coahuilón	Galeana	100	85	15	0	0	0	0	0	0	0	200				

Apéndice 2a. Densidad por hectarea y por categoría diamétrica de las poblaciones naturales de *Pinus greggii* Engelm.

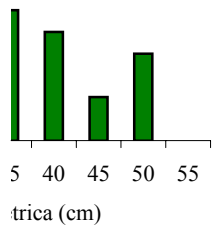
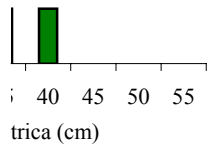


Apéndice 2b. Densidad por hectarea y por categoría diamétrica de las poblaciones naturales de *Pinus greggii* Engelm.

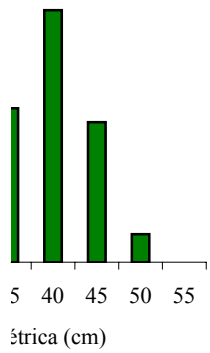




1



.05



## 4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos del presente estudio fue la ubicación, delimitación y descripción de 11 poblaciones naturales de *Pinus greggii*, ubicados en los municipios de Arteaga y Saltillo Coahuila, así como Santa Catarina y Galeana, Nuevo León.

### 4.1 Ubicación geográfica y superficies de las poblaciones

Se ubicaron 11 poblaciones naturales de *Pinus greggii* entre las coordenadas geográficas 25° 12' 14" a 25° 29' 22" de latitud norte, y de 100° 20' 47" a 100° 55' 46" de longitud oeste (Figura 4), además se ubicó un total de 57 sitios de muestreo (Apéndice 1a y 1b). Para el municipio de Arteaga se registraron seis poblaciones, para Saltillo tres, para Galeana N. L. una y una población se encontró en los límites de los municipio de Arteaga Coah. y Santa Catarina N. L. (Cuadro 2).

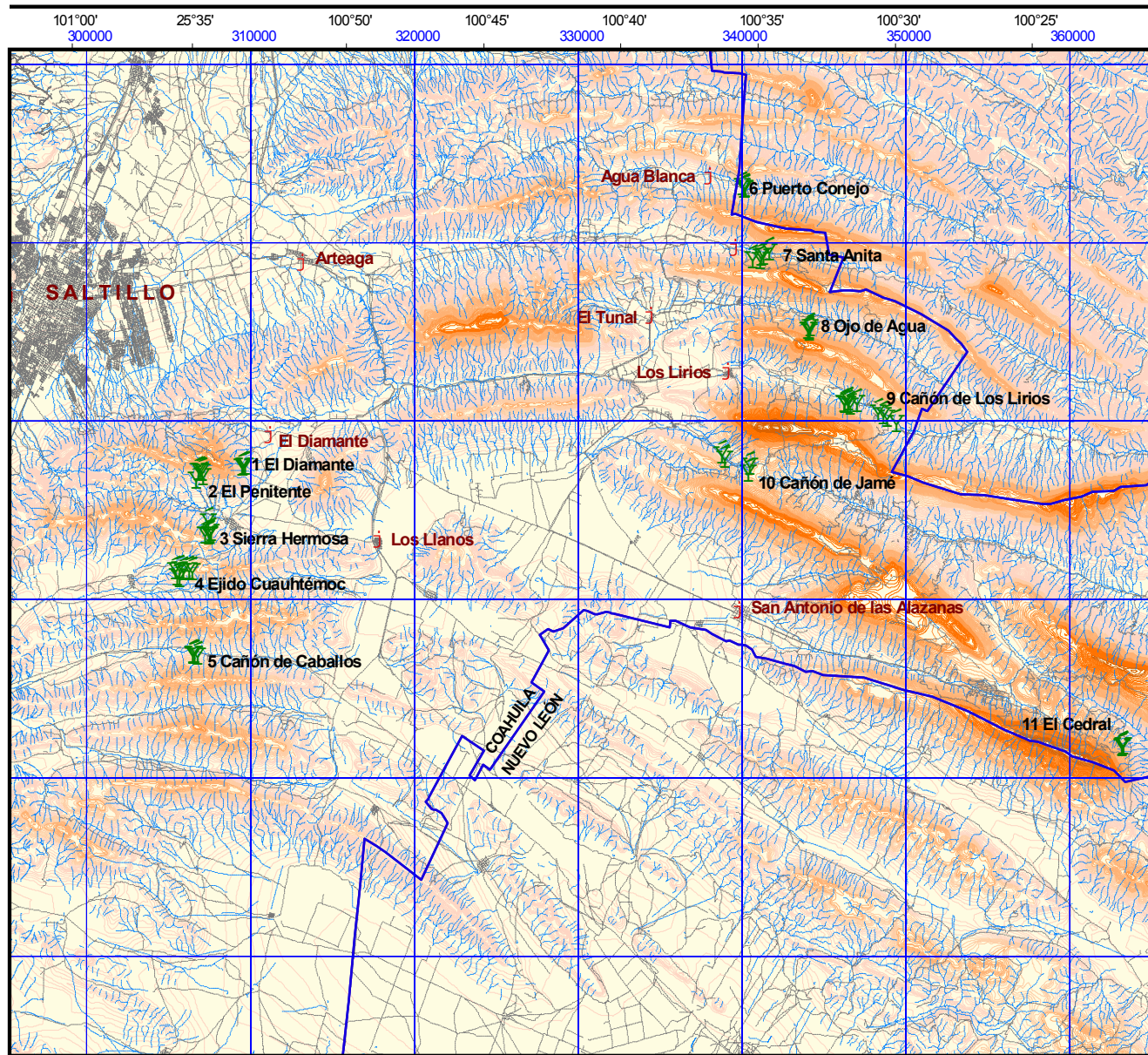
Las topofomas dominantes donde se encontró *Pinus greggii* son áreas formadas por cañones, faldas de sierras, lomas y sierras. Las orientaciones dominantes son norte, noreste, noroeste y en muy pequeñas proporciones en exposiciones sur, ésta última se observó sólo en algunos sitios de las poblaciones El Penitente, Santa Anita y Cañón de Los Lirios donde las altitudes van de 2300 a 2800 msnm. La superficie total de las poblaciones, se estima que es aproximadamente 411.5 ha distribuida en dos áreas geográficas y ecológicas muy distintas una de otra, el primer grupo se encuentra en la Sierra de Zapalinamé y el segundo se encuentra en las Sierras de Arteaga (Figura 4).

Las poblaciones con mayor superficie corresponden a las poblaciones Santa Anita (126.2 ha) y Cañón de Los Lirios (123.9 ha), la población más pequeña corresponde al rodal Cañón de Caballos con apenas 3.2 ha. Los resultados de superficie para las poblaciones del norte del país son áreas relativamente pequeñas (Cuadro 2). No así las poblaciones del centro del país que reportan superficies mucho mayores, donde la población con mayor superficie corresponde a Laguna Seca con 1,200 ha y la superficie más pequeña con 5.1 ha que corresponde a la población La Tranca ubicada en el municipio Zimapán, Hidalgo (Hernández, 2003). En general las poblaciones del centro del país son de

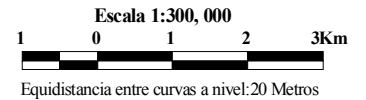
mayor superficie respecto a las poblaciones del sector norte, además éstas se encuentran relativamente cercanas entre sí, a excepción de la población El Cedral a Cañón de Jamé (27 km) y de Cañón de Jamé a Cañón de los Lirios (9 km). Se muestra una distribución geográfica muy marcada entre las poblaciones que se encuentran sobre la Sierra de Zapalinamé y de las que se encuentran en las Sierras de Arteaga por lo que dentro de cada región el aislamiento y la presencia de barreras orográficas dificultan el libre intercambio de polen, reduciendo la posibilidad del cruzamiento natural entre las poblaciones separadas.

Respecto a la superficie obtenida por Ramírez *et al.* (2005) de las poblaciones naturales de *Pinus greggii* del centro y norte del país, a las reportadas en el presente trabajo y del realizado por Hernández (2003) existen diferencias, que se pueden atribuir a la agrupación de rodales formando una sola población, la definición de la escala de trabajo utilizado y la metodología utilizada. En el presente estudio las superficies se reportan por cada población de *Pinus greggii*, asignándole un nombre a la población en referencia a los registrados en otros trabajos y de los parajes más cercanos a ellos que se muestra en las figuras de cada una de las poblaciones.

La población que se reporta como El Penitente en este trabajo, es muy probable que no se haya reportado anteriormente, debido a que cuando se hace referencia a la población con este nombre se refieren a la población que se ubica en la exposición norte del Cerro El Penitente el cual se reporta como Sierra Hermosa en este estudio (Figura 5 y 6), además cuando se ubicaron las coordenadas geográficas de los estudios anteriores se encontró que, la ubicación corresponde a la población de la exposición norte del Cerro El Penitente y no a la población que se encuentra ubicado a tres kilómetros en la exposición sur del mismo Cerro, en donde muestra condiciones topográficas diferentes en altitud (2,500 a 2,800 msnm) y exposición (sur). La característica de esta población es que está formada por pequeños manchones aislados bien definidos inmerso dentro de un chaparral con vegetación secundaria en terrenos y suelos muy pedregosos.



UBICACIÓN GEOGRÁFICA



SIMBOLOGÍA

DATOS GEOGRÁFICOS

Elipsoide.....Klarke de 1866  
 Proyección.....Universal Transversa de Mercator  
 Cuadrícula.....A cada 10,000m  
 Datum Horizontal.....Norteamericano de 1927  
 Referencia de cotas.....Nivel medio del mar

ÍNDICE DE CARTAS UTILIZADAS ESC. 1:50,000

G14C34 Arteaga  
 G14C35 San Antonio de las Alazanas  
 G14C44 Huachichil  
 G14C45 San Rafael

LABORATORIO DE SISTEMAS DE INFORMACIÓN  
 GEOGRÁFICA  
 DEPARTAMENTO FORESTAL



REALIZÓ: Modesto Curiel Avila  
 Agosto de 2005

Figura 4. Ubicación geográfica de las poblaciones naturales de *Pinus greggii* Engelm. var. *greggii*, en el Sureste de Coahuila

Cuadro 2. Ubicación geográfica y superficie estimada de las poblaciones naturales de *Pinus greggii* Engelm. var. *greggii*, en el Sureste de Coahuila.

Población	Municipio	Latitud <sup>1</sup>	Longitud <sup>1</sup>	Coordenadas UTM <sup>1</sup>		Rangos de altitud (msnm)		Superficie (ha) <sup>2</sup>
				X	Y	Superior	Inferior	
1 El Diamante (Figura 5)	Arteaga, Coah.	25° 20' 26.830''	100° 53' 08.204''	310227	2803861	2600	2440	7.409
2 El Penitente (Figura 6)	Saltillo, Coah.	25° 20' 21.137''	100° 54' 32.892''	307856	2803718	2800	2500	11.927
3 Sierra Hermosa (Figura 7)	Arteaga, Coah.	25° 18' 28.093''	100° 54' 23.831''	308060	2800236	2680	2360	77.378
4 Ejido Cuauhtémoc (Figura 8)	Saltillo, Coah.	25° 17' 17.709''	100° 55' 06.223''	306844	2798088	2580	2460	14.753
5 Cañón de Caballos (Figura 9)	Saltillo, Coah.	25° 14' 46.375''	100° 54' 43.432''	307414	2793423	2480	2450	3.263
6 Puerto Conejo (Figura 10)	Arteaga, Sta. Catarina N.L.	25° 29' 08.736''	100° 34' 54.238''	341005	2819521	2500	2420	9.347
7 Santa Anita (Figura 11)	Arteaga, Coah.	25° 27' 00.616''	100° 34' 10.625''	342177	2815564	2840	2480	126.246
8 Ojo de Agua (Figura 12)	Arteaga, Coah.	25° 24' 52.632''	100° 32' 28.896''	344973	2811594	2840	2620	20.320
9 Cañón de Los Lirios (Figura 13)	Arteaga, Coah.	25° 22' 26.639''	100° 30' 27.745''	348308	2807064	2600	2300	123.912
10 Cañón de Jamé (Figura 14)	Arteaga, Coah.	25° 21' 01.806''	100° 35' 36.298''	339652	2804554	2520	2420	12.207
11 El Cedral (Figura 15)	Galeana, N.L.	25° 12' 24.265''	100° 20' 52.489''	364201	2788362	2740	2600	4.751

1. Datos correspondientes a la parte central de la población.

2. Resultados Obtenidos mediante procesos en Arcview 3.3 (SIG) utilizando el Script Calculate Feature Geometry.

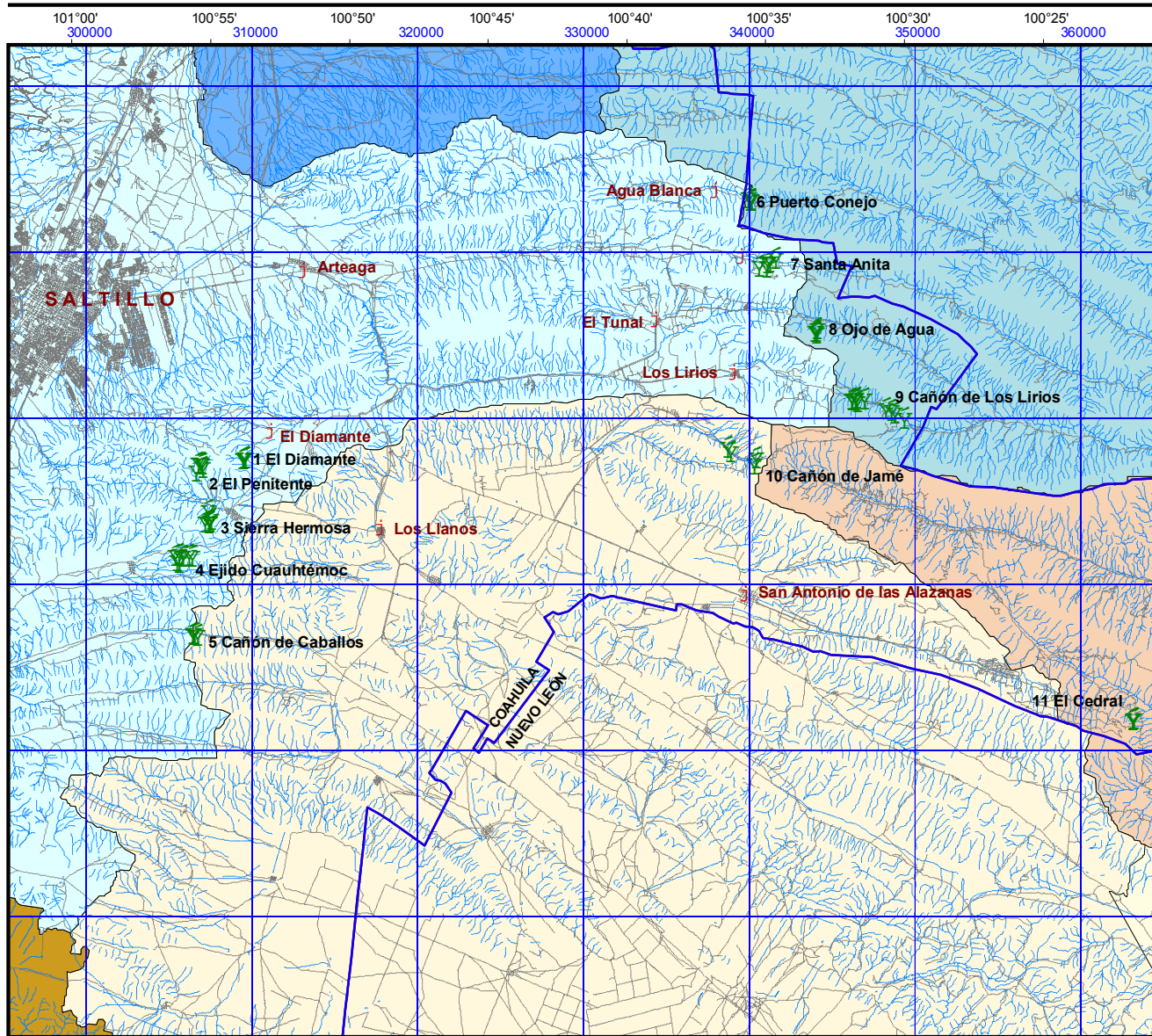
## 4.2 Hidrología superficial

Las poblaciones se encuentran en dos regiones hidrológicas; la primera corresponde a la RH24 Bravo Conchos que es donde se encontraron 10 de las 11 poblaciones evaluadas, la segunda es la región RH37 El Salado, en la cual se ubicó sólo la población Cañón de Jamé. Además de la regiones hidrológicas se tienen clasificadas dos cuencas y cuatro subcuencas hidrológicas (Figura 16) (CONABIO, 1998). El área donde se encontró *Pinus greggii* está formada por escurrimientos intermitentes o efímeros, esto significa que por los cauces escurre agua sólo durante un evento de lluvias en los meses de agosto y septiembre que son los meses mas lluviosos.

## 4.3 Tipos de clima

En esta región se encuentra tres tipos de climas; BS1kw que corresponden al grupo de los secos o esteparios, semiseco, subtipo templado, verano cálido con lluvias en verano, BS1(x') la misma descripción pero con lluvias escasas es verano y C(w1) que corresponde al templado húmedo.

En el clima BS1kw, se encuentran distribuidas las cinco primeras poblaciones de *Pinus greggii* (Cuadro 3), en esta región las condiciones de precipitación promedio apenas alcanzan los 560 mm anuales, situación similar se observa para el clima BS1(x') con precipitación promedio de 700 mm anuales, en esta región se distribuye las poblaciones Puerto Conejo, Ojo de Agua, Cañón de Los Lirios y El Cedral. Para las poblaciones, Santa Anita y Cañón de Jamé el clima es C(w1) considerándose como una región templada. Los datos obtenidos de las cinco estaciones meteorológicas registran que para la Sierra de Zapalinamé se tiene una precipitación promedio de 560 mm anuales y es en donde se distribuye las poblaciones El Diamante, El Penitente, Sierra Hermosa, Ejido Cuauhtémoc y Cañón de Caballos. A medida que las poblaciones se encuentran mas al Sureste de Coahuila en donde colinda con el estado de Nuevo León las condiciones de precipitación son mas favorables y la presencia de heladas es común en los meses diciembre y enero; la presencia de heladas durante estos meses permite de manera gradual la incorporación de agua al suelo, manteniéndose durante mayor tiempo la humedad en el suelo.



#### UBICACIÓN GEOGRÁFICA

#### SIMBOLOGÍA

- Principales localidades
  - Poblaciones naturales de *Pinus greggii* Engelm. Var. *greggii*
  - Vías de comunicación
  - Hidrología superficial
- Subcuenca hidrológica**
- RH24-B-b
  - RH24-B-c
  - RH24-B-e
  - RH24-B-f
  - RH37-A-b
  - RH37-C-b
  - Límite estatal

#### DATOS GEOGRÁFICOS

Elipsoide.....Klarke de 1866  
 Proyección.....Universal Transversa de Mercator  
 Cuadrícula.....A cada 10,000m  
 Datum Horizontal.....Norteamericano de 1927  
 Referencia de cotas.....Nivel medio del mar

#### ÍNDICE DE CARTAS UTILIZADAS ESC. 1:50,000

G14C34 Arteaga  
 G14C35 San Antonio de la Alazanas  
 G14C44 Huachichil  
 G14C45 San Rafael

LABORATORIO DE SISTEMAS DE INFORMACIÓN  
 GEOGRÁFICA  
 DEPARTAMENTO FORESTAL



REALIZÓ: Modesto Curiel Avila  
 Agosto de 2005

Figura 16. Subcuencas hidrológicas del área de distribución natural de *Pinus greggii* Engelm. var. *greggii*, en el Sureste de Coahuila.

Cuadro 3. Precipitación promedio, temperaturas y principales tipos de climas presentes en el área de distribución natural de *Pinus greggii* Engelm. var. *greggii*, en el Sureste de Coahuila.

Población	Municipios	Fórmula <sup>1</sup> climática	Precipitación promedio (mm)	Temperatura Máxima (°C)	Temperatura Mínima (°C)	Estaciones Meteorológicas <sup>2</sup>
1 El Diamante	Arteaga	BS1kw	560	31	-7	5146 Ejido Huachichil Coah. <sup>3</sup>
2 El Penitente	Saltillo	BS1kw	560	31	-7	5146 Ejido Huachichil Coah. <sup>3</sup>
3 Sierra Hermosa	Arteaga	BS1kw	560	31	-7	5146 Ejido Huachichil Coah. <sup>3</sup>
4 Ejido Cuauhtémoc	Saltillo	BS1kw	560	31	-7	5146 Ejido Huachichil Coah. <sup>3</sup>
5 Cañón de Caballos	Saltillo	BS1kw	560	31	-7	5146 Ejido Huachichil Coah. <sup>3</sup>
6 Puerto Conejo	Arteaga y Sta. Catarina	BS1(x')	716	39	-10	19031 Ejido La Cruz N.L. <sup>4</sup>
7 Santa Anita	Arteaga	C(w1)	716	39	-10	19031 Ejido La Cruz N.L. <sup>4</sup>
8 Ojo de Agua	Arteaga	BS1(x')	716	39	-10	19031 Ejido La Cruz N.L. <sup>4</sup>
9 Cañón de los Lirios	Arteaga	BS1(x')	612	39	-11	19033 Laguna de Sánchez N. L. <sup>5</sup>
10 Cañón de Jamé	Arteaga	C(w1)	450	36	-9	5046 San Antonio de las Alazanas Coah. <sup>6</sup>
11 El Cedral	Galeana	BS1(x')	759	46	-8	19009 Casillas N.L. <sup>7</sup>

1. Información tomada de García, 1973.

2. Información tomada del Medina y Ruiz 1993 (CICA).

3. Estación meteorológica No. 5146 Huachichil, periodo analizado 8 años a partir de 1987-1998.

4. Estación meteorológica No. 19031 Ejido La Cruz, periodo analizado 16 años a partir de 1981- 1997.

5. Estación meteorológica No. 19033 Laguna de Sánchez, periodo analizado 30 años a partir de 1960-1995.

6. Estación meteorológica No. 5046 San Antonio de las Alazanas, periodo analizado 18 años a partir de 1968-1986.

7. Estación meteorológica No. 19009 Casillas, periodo analizado 17 años a partir de 1966-1998.

#### 4.4 Edafología

Las principales clases de suelo encontrados en el área de distribución natural de *Pinus greggii*, son el litosol y el regosol calcárico, en el litosol, se encontró nueve de las 11 poblaciones evaluadas (Cuadro 4). La particularidad del litosol es que, se presenta en las superficies donde existe afloramiento de roca madre es decir en áreas montañosas como sierras, laderas y faldas de sierras. El color que se observó con mayor frecuencia fue gris claro a gris oscuro, las poblaciones que registraron esta característica fue: El Diamante, El Penitente, Sierra Hermosa, Ejido Cuauhtémoc y Cañón de Caballos mismos que se encontró una profundidad de 17 a 25 cm y de 70 a 85 por ciento de cobertura de material muerto compuesto por hojarasca y ramas pequeñas.

Las poblaciones Santa Anita, Ojo de Agua y Cañón de los lirios presentaron suelos de color café rojizo y café oscuro; esta característica física está relacionada con la profundidad y con la fertilidad del suelo, debido a que el material muerto presente en estas áreas es abundante y además tienen un periodo de descomposición más rápido por efecto de la humedad disponible en el suelo. Es importante mencionar que en éstas áreas las poblaciones mostraron mayor valor en diámetro normal y altura total. Las poblaciones en donde se encontró mayor profundidad en suelo fue: Cañón de Los Lirios y cañón de Jamé, esto se debe a que los rodales se encuentran ubicados en cañones formados por abanicos aluviales donde los suelos se han acumulado por efecto de la erosión hídrica desde hace varios años.

Los resultados de pedregosidad obtenidos para este estudio, fue 4 poblaciones que se considera como suelos pedregosos (5 a 20%), 3 ligeramente pedregosos (1 a 5%) y 4 rodales con muy pocas piedras (1%) considerándose como suelos sin piedras (Cuadro 4). Los datos de análisis de correlación muestran que la profundidad de suelos está relacionada con el diámetro normal del arbolado, a mayor profundidad del suelo mayor diámetro y por ende mayor altura del arbolado, pero a mayor altura sobre el nivel del mar la profundidad de suelos disminuye significativamente, esta respuesta se le puede atribuir a que en las partes altas de la sierra los suelos son más susceptibles de erosionarse por efecto de la erosión hídrica.

Cuadro 4. Principales características físicas de los suelos encontrados en el área de distribución natural de *Pinus greggii* Engelm. var. *greggii*, en el Sureste de Coahuila.

Población	Municipios	Clave <sup>1</sup> Edafológica	Suelo <sup>1</sup> dominante	Suelo <sup>1</sup> Codominante	Color del suelo	Profundidad <sup>2</sup> del suelo	Pedregosidad (%) <sup>3</sup>	
1 El Diamante	Arteaga	I+E/2	Litosol	Rendzina	Gris oscuro	25 cm	1	Área sin piedras
2 El Penitente	Saltillo	I+E/2	Litosol	Rendzina	Gris oscuro	17.5 cm	5 a 20	Pedregoso
3 Sierra Hermosa	Arteaga	I+E/2	Litosol	Rendzina	Gris oscuro	25 cm	1 a 5	Ligeramente pedregoso
4 Ejido Cuauhtémoc	Saltillo	I+E/2	Litosol	Rendzina	Gris oscuro	18.7 cm	5 a 20	Pedregoso
5 Cañón de Caballos	Saltillo	I+E/2	Litosol	Rendzina	Gris claro	17.3 cm	5 a 20	Pedregoso
6 Puerto Conejo	Arteaga y Sta. Catarina	Rc+Hc+I/2-L	Regosol calcárico	Feozem calcárico	Café claro	18.25 cm	1	Área sin piedras
7 Santa Anita	Arteaga	I+Rc+E/2	Litosol	Regosol calcárico	Café rojizo	20 cm	1	Área sin piedras
8 Ojo de agua	Arteaga	I+E/2	Litosol	Rendzina	Café oscuro	15 cm	5 a 20	Pedregoso
9 Cañón de los Lirios	Arteaga	Rc+E+I/2-L	Regosol calcárico	Rendzina	Gris oscuro	30 cm	1 a 5	Ligeramente pedregoso
10 Cañón de Jamé	Arteaga	I+E/2	Litosol	Rendzina	Gris claro	30 cm	1	Área sin piedras
11 El Cedral	Galeana	I+E/2	Litosol	Rendzina	Gris claro	17 cm	1 a 5	Ligeramente pedregoso

I+E/2 = Litosol con Rendzina y textura media    I+Rc+E/2 = Litosol, Regosol cálcico, con Rendzina y textura media

Rc+Hc+I/2-L = Regosol Calcárico, Feozem calcárico con Litosol, textura media con fase física Lítica

Rc+E+I/2-L = Regosol cálcico, Rendzina con Litosol, Textura media con fase física Lítica

1. La clave edafológica, suelo dominante y codominante fueron obtenidos de la cobertura de edafología del proyecto realizado por la UAAAN (2003). Y verificado de las cartas edafológicas originales G14C34, G14C35, G14C44 Y G14C45 Editados por DETENAL (1977).
2. La profundidad del suelo se obtuvo mediante una varilla metálica.
3. La pedregosidad se obtuvo mediante un muestreo en campo, en base a la cantidad, tamaño y forma de las piedras (Cuanalo, 1990).

#### 4.5 Vegetación

La vegetación presente en las áreas en donde se distribuye esta especie corresponde a comunidades formados por bosque de pino, bosque de pino-encino, bosque de oyamel con pinos y chaparral con vegetación secundaria (Cuadro 5).

La población que registró mayor riqueza de especies arbóreas incluyendo otras diferentes al género *Pinus* fue el Ejido Cuauhtémoc con seis especies (Cuadro 5), en los límites de la población de *Pinus greggii* se distribuye *Pinus Cembroides* como vegetación propia de una zona de transición, asociado con el matorral submontano. Las poblaciones Sierra Hermosa, Puerto Conejo y Cañón de Jamé registraron cinco especies arbóreas que se muestra en el mismo cuadro. La población que registró mayor riqueza en coníferas asociadas a las poblaciones de *Pinus greggii* fue Puerto Conejo (*Pinus cembroides.*, *Pinus ayacahuite* Shaw. y *Pinus rudis* Endl.), seguido de Cañón de Caballos (*Pinus cembroides* Zucc). Las poblaciones El Penitente y Cañón de Los Lirios, registraron sólo tres especies diferentes al género *Pinus* (Cuadro 5), mientras que para las poblaciones El Penitente, Santa Anita, Ojo de Agua y El Cedral se encontró sólo dos especies asociadas a las poblaciones naturales de *Pinus greggii* (Cuadro 5).

Las poblaciones que registraron mayor número de especies arbustivas por rodal fueron: Cañón de Caballos, Ojo de Agua, Cañón de Los Lirios y El Cedral; seguido de las poblaciones El Diamante, Sierra Hermosa, Santa Anita y Cañón de Jamé (Cuadro 6) y finalmente para las poblaciones que registraron menor riqueza de especies arbustivas, corresponde a las poblaciones El Penitente, Ejido Cuauhtémoc y Puerto Conejo (Cuadro 6). Es importante mencionar que la asociación de especies arbustivas y arbóreas con la distribución natural de *Pinus greggii* tiene una relación. Cuando registra mayor número de especies arbóreas se observan menor número de especies arbustivas y viceversa, esto puede atribuirse a que en las áreas con mayor cobertura de copa de los árboles, existe menor posibilidad de que las especies arbustivas sobrevivan o al menos quedan las especies tolerantes a la sombra.

Cuadro 5. Especies arbóreas representativas encontradas en las poblaciones naturales de *Pinus greggii* Engelm. var. *greggii*, en el Sureste de Coahuila.

Población	Municipios	Vegetación <sup>1</sup>	Especies dominantes <sup>2</sup>
1 El Diamante	Arteaga	Chaparral con vegetación secundaria	<i>Quercus saltillensis</i> Trel. y <i>Yucca carnerosana</i> (Trel.) Mc Kervey
2 El Penitente	Saltillo	Chaparral con vegetación secundaria	<i>Pinus cembroides</i> Zucc., <i>Quercus greggii</i> (A.DC) Trel. y <i>Yucca carnerosana</i> (Trel.) Mc Kervey
3 Sierra Hermosa	Arteaga	Bosque de pino	<i>Juniperus saltillensis</i> M.T.Hall, <i>Juniperus deppeana</i> Steud., <i>Pinus Cembroides</i> Zucc., <i>Quercus saltillensis</i> Trel., <i>Yucca carnerosana</i> (Trel.) Mc Kervey
4 Ejido Cuauhtémoc	Saltillo	Bosque de pino, con vegetación secundaria	<i>Cupresus arizonica</i> Grene, <i>Juniperus saltillensis</i> Trel, <i>Juniperus deppeana</i> Steud., <i>Pinus cembroides</i> Zucc., <i>Quercus hypoxantha</i> Trel., <i>Yucca carnerosana</i> (Trel.) Mc Kervey.
5 Cañón de Caballos	Saltillo	Matorral desértico rosetófilo con bosque de pino	<i>Juniperus saltillensis</i> Trel, <i>Juniperus depeana</i> , <i>Pinus cembroides</i> Zucc. y <i>Quercus saltillensis</i> Trel.
6 Puerto Conejo	Arteaga y Sta. Catarina	Bosque de pino	<i>Cupresus arizonica</i> Grene, <i>Pinus rudis</i> Endl, <i>Pinus cembroides</i> Zucc., <i>Pinus ayacahuite</i> Shaw. y <i>Quercus saltillensis</i> Trel.
7 Santa Anita	Arteaga	Bosque de pino con oyamel	<i>Quercus saltillensis</i> Trel. <i>Yucca carnerosana</i> (Trel.) Mc Kervey.
8 Ojo de agua	Arteaga	Bosque de pino	<i>Pseudotsuga menziesii</i> Mirb, <i>Pinus rudis</i> Endl, y <i>Quercus saltillensis</i> Trel.
9 Cañón de los Lirios	Arteaga	Bosque de pino encino	<i>Pinus pseudostrobus</i> Lindl., <i>Pseudotsuga menziesii</i> Mirb y <i>Quercus saltillensis</i> Trel.
10 Cañón de jamé	Arteaga	Bosque de oyamel con pino	<i>Abies vejarii</i> Martínez., <i>Juniperus saltillensis</i> Trel, <i>Juniperus depeana</i> Steud., <i>Pseudotsuga menziesii</i> Mirb, y <i>Quercus greggii</i> (A.DC) Trel.
11 El Cedral	Galeana	Bosque de pino con vegetación secundaria.	<i>Populus tremuloides</i> Michx y <i>Quercus greggii</i> (A.DC) Trel.

1. Información obtenida de la cobertura de vegetación del Inventario Nacional Forestal (2000).

2. Especies forestales identificadas en campo.

Cuadro 6. Especies arbustivas representativas encontradas en las poblaciones naturales de *Pinus greggii* Engelm. var. *greggii*, en el Sureste de Coahuila.

Población	Municipios	Vegetación <sup>1</sup>	Especies dominantes <sup>2</sup>
1 El Diamante	Arteaga	Chaparral con vegetación secundaria	<i>Arbutus xalapensis</i> HBK, <i>Agave scabra</i> Salm-Dyvk, <i>Dasyllirion cedrosanum</i> Trel.
2 El Penitente	Saltillo	Chaparral con vegetación secundaria	<i>Arbutus xalapensis</i> HBK, <i>Dasyllirion cedrosanum</i> Trel.
3 Sierra Hermosa	Arteaga	Bosque de pino	<i>Arbutus xalapensis</i> HBK, <i>Dasyllirion cedrosanum</i> Trel. y <i>Nolina cespitifera</i> Trel.
4 Ejido Cuauhtémoc	Saltillo	Bosque de pino, con vegetación secundaria	<i>Arbutus xalapensis</i> HBK, <i>Dasyllirion cedrosanum</i> Trel, y <i>Nolina cespitifera</i> Trel.
5 Cañón de Caballos	Saltillo	Matorral desértico rosetófilo con bosque de pino	<i>Agave scabra</i> Salm-Dyvk, <i>Arbutus xalapensis</i> HBK
6 Puerto Conejo	Arteaga y Sta. Catarina	Bosque de pino	<i>Arbutus xalapensis</i> HBK
7 Santa Anita	Arteaga	Bosque de pino con oyamel	<i>Agave scabra</i> Salm-Dyvk, <i>Arbutus xalapensis</i> HBK, <i>Dasyllirion cedrosanum</i> Trel.
8 Ojo de agua	Arteaga	Bosque de pino	<i>Arbutus xalapensis</i> HBK
9 Cañón de los Lirios	Arteaga	Bosque de pino encino	<i>Arbutus xalapensis</i> HBK, <i>Agave scabra</i> Salm-Dyvk,
10 Cañón de jamé	Arteaga	Bosque de oyamel con pino	<i>Arbutus xalapensis</i> HBK
11 El Cedral	Galeana	Bosque de pino con vegetación secundaria.	<i>Arbutus xalapensis</i> HBK, <i>Dasyllirion cedrosanum</i> Trel.

1. Información obtenida de la cobertura de vegetación del Inventario Nacional Forestal (2000).

2. Especies forestales identificadas en campo.

#### 4.6 Densidad de árboles y regeneración

Para el arbolado, los valores de densidad se presentan en número de individuos por hectárea (NI/ha), en donde se puede observar que existen diferencias muy marcadas a nivel de población (Figura 17) (Apéndice 2a, 2b) debido a las condiciones de precipitación, temperatura y suelo de cada población. Además, los incendios forestales y la presencia de actividades humanas han influido en la reducción de las poblaciones así como de la modificación en la estructura diamétrica de la población.

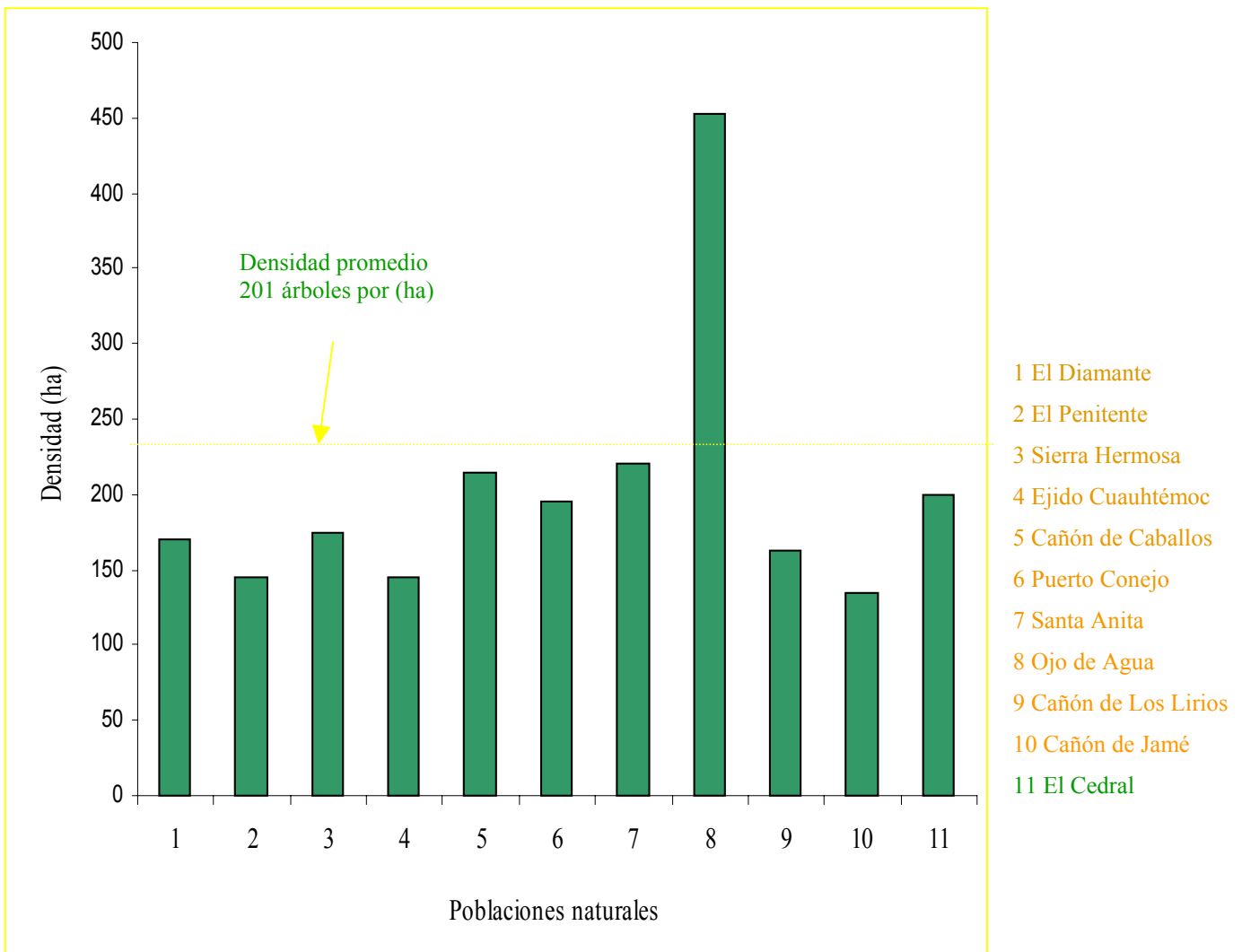


Figura 17. Número de árboles/ha para árboles mayores de 7.5cm de diámetro a la altura de 1.30m, de 11 poblaciones naturales de *Pinus greggii* Engelm. var. *greggii*. en el Sureste de Coahuila .

Las poblaciones que mostraron irregularidad en la distribución de árboles por categoría diamétrica en ausencia de algunos individuos son: Cañón de Jamé (10 a 15 cm), Cañón de Caballos (30 cm), El Diamante y Puerto Conejo (10 cm) (Apéndice 2a, 2b), la ausencia de individuos en estas poblaciones se debe principalmente al aprovechamiento clandestino que realizan los pobladores para la construcción de sus viviendas, cabañas y en menor proporción para la construcción de muebles.

La población que mostró mayor densidad fue la población Ojo de Agua. El elevado número de árboles por hectárea que se encontró en esta población, al igual que la población El Cedral, se debe a que los individuos son producto de un incendio forestal. En un trabajo realizado por Rodríguez (1996) menciona que los conos permanecen cerrados la mayor parte del año el cual representa el más alto estado de evolución hacia una adaptación al factor fuego, en donde pocas veces se presenta las condiciones extremas y abren sus conos hasta que un incendio muy intenso mata a los árboles. La alta densidad de individuos encontrados y de las señales por fuego en la base de los árboles remanentes, se concluye que son poblaciones relativamente jóvenes, ya que apenas alcanzan un diámetro promedio de 20 cm a una altura de 1.30 m a partir de la superficie del suelo.

Las poblaciones que registraron individuos con mayor diámetro fue Cañón de Caballos, seguido por las poblaciones Puerto Conejo, Santa Anita, Cañón de Jamé y Cañón de Los Lirios (Cuadro 7), cabe mencionar que los árboles que alcanzan esta categoría diamétrica se encuentran muy aislados alcanzando un promedio de 10 árboles por hectárea. Las poblaciones que registraron mayor uniformidad en la distribución del número de árboles por categoría diamétrica fue Santa Anita, Cañón de Los Lirios y Puerto Conejo (Apéndice 2a, 2b), con pequeñas variaciones en las categorías diamétricas de 10, 30 y 40 cm, además en las poblaciones Puerto Conejo y Santa Anita se registraron otras especies de coníferas superiores a los 30 cm de diámetro, la asociación de especies del género *Pinus* a las poblaciones naturales de *Pinus greggii* y la mezcla de comunidades vegetales encontradas, se le puede atribuir a que en el área se registra mayor precipitación anual, temperaturas favorables, profundidad y menor grado de pedregosidad en el suelo.

Cuadro 7. Valores de densidad por categoría diamétrica y densidad promedio por hectárea de 11 poblaciones naturales de *Pinus greggii* Engelm. var. *greggii*, en el Sureste de Coahuila.

Población	Municipios	(Número de árboles mayores de 10 cm de diámetro/ha)											Número de árboles > de 7.5cm por (ha) por especie.			
		10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	Pigr <sup>1</sup>	Psme <sup>2</sup>	Piru <sup>3</sup>	Cuar <sup>4</sup>	
1 El Diamante	Arteaga	0	30	60	20	25	15	20	0	0	0	170				
2 El Penitente	Saltillo	40	50	35	15	5	0	0	0	0	0	145				
3 Sierra Hermosa	Arteaga	25	60	30	15	15	15	15	0	0	0	175				
4 Ejido Cuauhtémoc	Saltillo	5	30	65	30	15	0	0	0	0	0	145				
5 Cañón de Caballos	Saltillo	25	35	50	45	0	25	15	10	5	5	215				
6 Puerto Conejo	Arteaga y Sta. Catarina	0	15	20	15	60	30	25	10	20	0	195	10		50	
7 Santa Anita	Arteaga	40	20	30	25	50	30	10	10	5	0	220	35	10		
8 Ojo de agua	Arteaga	85	160	135	15	5	0	0	5	0	0	405				
9 Cañón de los Lirios	Arteaga	2	12	18	18	30	22	36	20	4	0	162				
10 Cañón de jamé	Arteaga	0	0	35	20	25	10	25	15	5	0	135				
11 El Cedral	Galeana	100	85	15	0	0	0	0	0	0	0	200				

1. Pigr = *Pinus greggii* Engelm var. *greggii*

2. Psme = *Pseudotsuga mensiezzi* Mirb.

3. Ppiru = *Pinus rudis* Endl.

4. Cuar = *Cupressus arizonica* Grene.

El estudio de la regeneración presente en las localidades estudiadas de *Pinus greggii* se enfocó a la variable densidad, como número de individuos por hectárea. Los valores de densidad más altos se registraron en las poblaciones Puerto Conejo, Santa Anita y Ojo de Agua; ambas poblaciones mostraron valores muy semejantes entre ellas (Figura 18). Este resultado podría atribuirse a que las poblaciones se encuentran muy retiradas de los centros de población el cual ha limitado la intervención de las actividades humanas, en donde también el pastoreo es casi nulo. Luego sigue la Población Cañón de Caballos, esta población fue la que mostró mayor número de especies de coníferas (Figura 18), aunque es la población más pequeña en términos de superficie (3.263 ha) fue la que registró mayor regeneración, debido a que a orillas de la carretera se tiene un cercado con alambres de púas el cual impide a que el ganado pastoree dentro de la población, esto ha permitido a que las semillas se establezcan de forma exitosa.

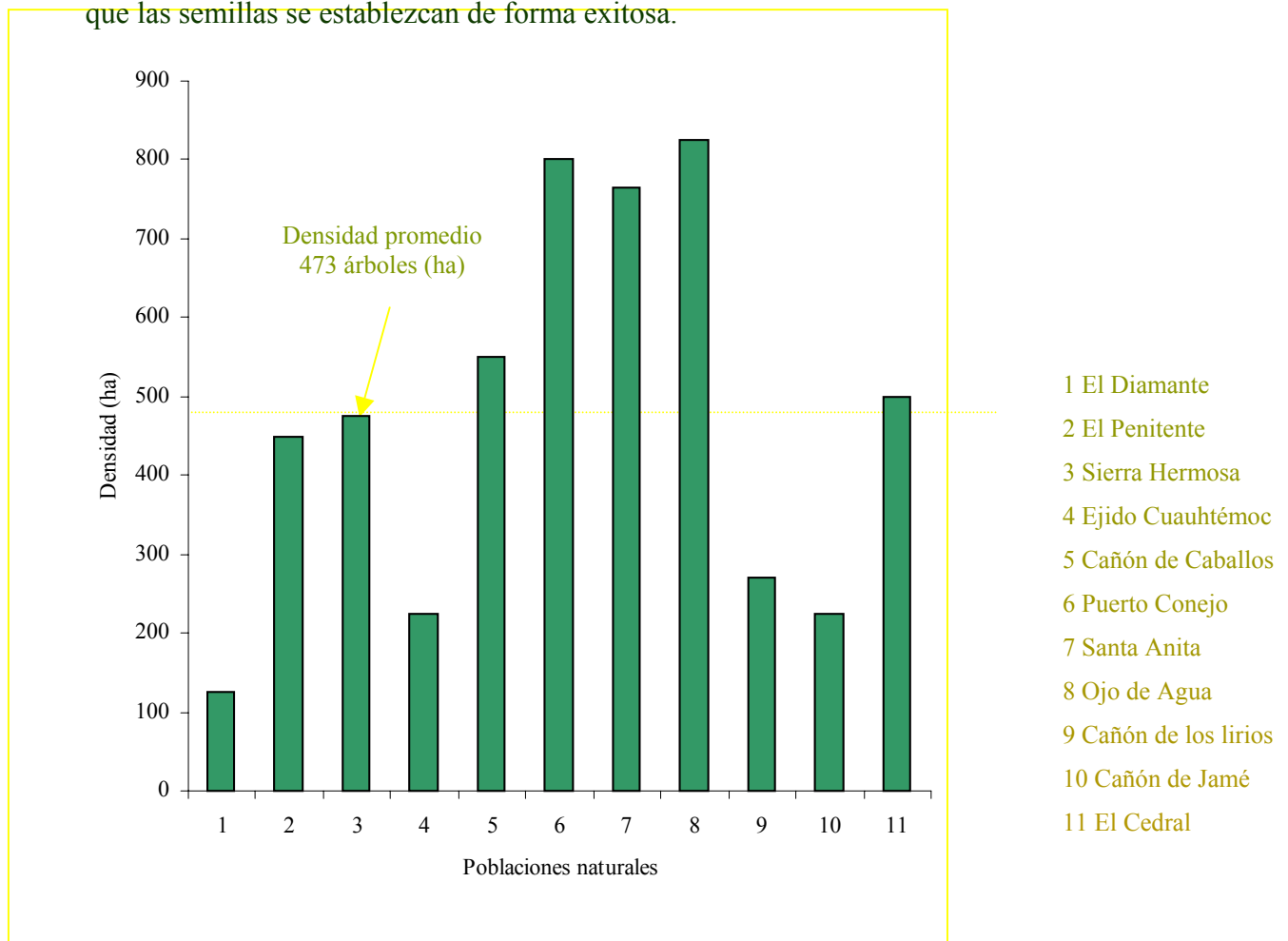


Figura 18. Densidad de la regeneración natural de 11 poblaciones naturales de *Pinus greggii* Engelm. var. *greggii*, en el Sureste de Coahuila.

La densidad de regeneración para la población El Cedral, se encuentra sobre la media de las 11 localidades evaluadas; al igual que las poblaciones El Penitente y Sierra Hermosa, las dos últimas muestran valores muy parecidos debido a las condiciones suelo, pedregosidad, pendiente y precipitación. Sin embargo, en El Cedral el factor que ha influido en el comportamiento de la estructura de regeneración es el suelo ya que es un área en donde ocurrió un incendio forestal y ha beneficiado la regeneración natural, así como de la sucesión de nuevas comunidades vegetales.

En la Figura 18 se observa que las poblaciones El Diamante, Ejido Cuauhtémoc, Cañón de Los Lirios y Cañón de Jamé registraron los valores de densidad más bajos respecto a las demás, el cual se le atribuye a diversos factores ambientales. El Diamante la baja densidad se debe a que en esta población existe abundante cobertura de material combustible compuesto por hojarasca de *Quercus* sp que impide que las semillas lleguen al suelo, situación similar se observó para la población Cañón de Los Lirios pero con mayor porcentaje de material muerto que en algunas áreas alcanzan hasta los 25 cm de grosor, finalmente para las poblaciones Ejido Cuauhtémoc y Cañón de Jamé la actividad humana y el sobre pastoreo ha sido el factor que ha afectado en gran parte a la regeneración, y no es raro encontrar en algunas áreas que los individuos jóvenes estén ramoneados y pisoteados por ganado.

#### 4.6.1 Correlaciones entre variables ambientales y regeneración

La información del análisis de correlación de cinco variables, se encontró que la regeneración natural esta relacionada con la altura sobre el nivel del mar, es decir a medida que aumenta la altitud aumenta la regeneración natural la cual se le puede atribuir a que el pastoreo es limitado en las partes altas y accidentadas de las sierras. La profundidad del suelo también tiene una relación relativa con la altitud, probablemente por efecto de la erosión hídrica, formando abanicos aluviales en las partes bajas de las sierras o pie de monte; la precipitación promedio tiene influencia sobre la regeneración, a medida que aumenta la precipitación la regeneración también aumenta.

Cuadro 8. Correlación de variables ambientales con la regeneración natural

	Densidad	Regeneración	Profundidad de suelo (cm)	Altitud (asnm)	Precipitación (mm)	Temperatura (°C)
Densidad	1.00000	0.76254 ** 0.0064	-0.52929 0.0941	0.59720 0.0524	0.57137 0.0663	0.27301 0.4166
Regeneración		1.00000	-0.55013 0.0795	0.79307** 0.0036	0.70355* 0.0157	0.52724 0.0956
Profundidad de suelo (cm)			1.00000	-0.60273* 0.0497	-0.57875 0.0621	-0.22517 0.5056
Altitud (asnm)				1.00000	0.56085 0.0727	0.42666 0.1907
Precipitación (mm)					1.00000	0.73689** 0.0097
Temperatura (°C)						1.00000

#### 4.6.2 Asociación de especies de regeneración en cada población

En el Apéndice 3a se enlistan las especies de coníferas que se encontraron en cada población y se observa que la mayoría de las poblaciones registraron por lo menos dos especies de coníferas asociadas a su distribución natural. Así por ejemplo, las localidades Sierra Hermosa, Cañón de Caballos, Puerto Conejo, Santa Anita y Cañón de Los Lirios mostraron más de dos especies diferentes; mientras que las localidades El Diamante y El Cedral resultaron ser 100 % puros, puesto que no se encontraron otras especies de coníferas asociadas a *Pinus greggii* (Figura 19).

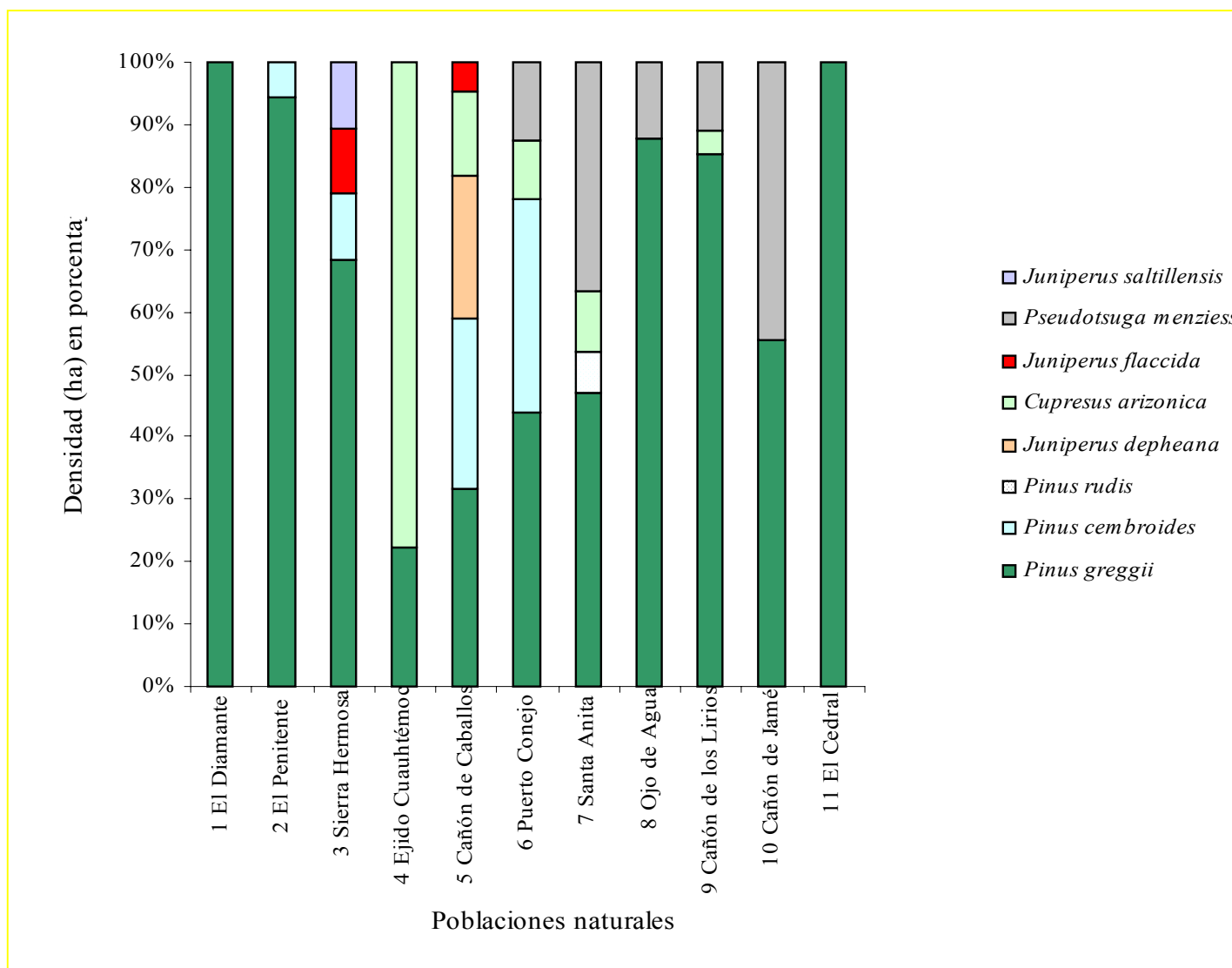


Figura 19. Porcentaje de regeneración de las especies presentes en las 11 poblaciones naturales de *Pinus greggii* Engelm. var. *greggii*, en el Sureste de Coahuila.