

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMÍA
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AGRONÓMICAS

ESTUDIO DE LA DEL COMPORTAMIENTO DE LA REGENERACION NATURAL DE
PINABETE *Abies guatemalensis* Rehder Y PROPUESTA SILVICULTURAL PARA LA
RESTAURACIÓN DE SU ECOSISTEMA, EN EL BOSQUE COMUNAL DE SAN VICENTE
BUENABAJ, MOMOSTENANGO, TOTONICAPAN.

TESIS

PRESENTADA A LA HONORABLE JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE AGRONOMÍA
DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

Geser Abdiel González Castañón

EN EL ACTO DE INVESTIDURA COMO

INGENIERO AGRÓNOMO

EN

RECURSOS NATURALES RENOVABLES

EN EL GRADO ACADÉMICO DE

LICENCIADO

Guatemala, noviembre de 2005

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

RECTOR

Dr. M. V. LUIS ALFONSO LEAL MONTERROSO

JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE AGRONOMIA

DECANO	Dr. Ariel Abderraman Ortiz López
VOCAL PRIMERO	Ing. Agr. Alfredo Itzep Manuel Ovalle
VOCAL SEGUNDO	Ing. Agr. Walter Arnoldo Reyes Sanbria
VOCAL TERCERO	Ing. Agr. Erberto Raúl Alfaro Ortiz
VOCAL CUARTO	M.E.P.U. Elmer Antonio Alvarez Castillo
VOCAL QUINTO	Perito M.P. Miriam Eugenia Espinaza Padilla
SECRETARIO	Ing. Agr. Pedro Peláez Reyes

Guatemala, Noviembre de 2,005

Honorable Junta Directiva
Honorable Tribunal Examinador
Facultad de Agronomía
Universidad de San Carlos de Guatemala

Honorables Miembros:

De conformidad con la Ley Orgánica de la Universidad de San Carlos de Guatemala, tengo el honor de someter a vuestra consideración, el trabajo de tesis titulado:

ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO DE LA REGENERACION NATURAL DE PINABETE Abies guatemalensis Rehder Y PROPUESTA SILVICULTURAL PARA LA RESTAURACIÓN DE SU ECOSISTEMA, EN EL BOSQUE COMUNAL DE SAN VICENTE BUENABAJ, MOMOSTENANGO, TOTONICAPAN

Como requisito previo a optar el título de Ingeniero Agrónomo en Recursos Naturales Renovables, en el grado académico de Licenciado.

Esperando que la presente investigación llene los requisitos necesarios para su aprobación, agradezco la atención prestada a la presente.

Atentamente,

Geser Abdiel González Castañón

ACTO QUE DEDICO

A:

DIOS

Causa principal de todo lo que existe.
Por que todo, absolutamente todo en el cielo y en la tierra visible e invisible... todo comenzó en él y para los propósitos de él. (Sagradas Escrituras, Col 1: 16).

JESUCRISTO

Amigo fiel, quien nunca me ha dejado, realidad de la existencia de Dios con migo *Emmanuel*.

MIS PADRES

Belarmino Fabio González Navarro (*papa mino*) y Armida Elizabeth Castañón González (mamita) Como retribución y reconocimiento a sus esfuerzos, aún hay más triunfos por obtener. Gracias por ser visionarios.

MIS ABUELOS

Braulio Castañón, Otilia González; Con respeto y agradecimiento por guiarme desde niño en el temor a Jehová. Aparicio González y en especial a Timotea Navarro (*Mamatimo*) a quien siempre la llevare en mi corazón.

MIS HERMANOS

Darvin, Abner y Arely gracias por el amor y la unidad que nos ha caracterizado.
No importa lo que diga, lo que crea o lo que haga, sin vuestro amor estoy en quiebra.

MIS SOBRINOS

Como ejemplo de superación.

MIS TIOS, TIAS

Con respeto, en especial a mi Tía Carmen.

PRIMOS Y PRIMAS

Con cariño.

MIS COMPAÑEROS

Gregorio Rodríguez, Sandra Guzmán, Luis Argueta, Oliver Cano, Juan José Sosa, Max Ortiz, Mario Patzán, Jerson Quevedo, Cesar Villatoro, Miguel Chiguichón, Elmer Roldán, Pablo Polo y todos aquellos que se me escapan de la memoria, por su amistad y compañerismo en los momentos que compartimos durante la carrera.

MIS AMIGOS

Sandra Guzmán, Mónica Aldana, Juan Herrera, Lyz Colocho, Nicté Gálvez, Daniela Mazariegos, Enid Riveiro, Viviam Anzueto, Carla Escobar, Victor Ardiano, Teresa Guerra, Gracias por su amistad y cariño

TESIS QUE DEDICO

A:

TODOS AQUELLOS, GUATEMALTECOS QUE LUCHARON Y MURIERON POR HACER DE ESTE PAIS UN LUGAR DIGNO PARA VIVIR Y NO LO LOGRARON

TODOS AQUELLOS HOMBRES Y MUJERES, CAMPESINOS, OBREROS Y TRABAJADORES DE LA NACIÓN, QUE SE ESFUERZAN CADA DIA POR TENER UNA VIDA DIGNA.

MI PATRIA GUATEMALA.

LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA.

LA FACULTAD DE AGRONOMÍA.

LA IGLESIA EVANGELICA DEL NAZARENO DE SAN PEDRO SACATEPEQUEZ

ESCUELA DE FORMACION AGRICOLA "EFA" SAN MARCOS.

ESCUELA NACIONAL URBANA PARA VARONES, FELIPE RODRIGUEZ. SAN PEDRO SAC. S.M.

MIS AMIGOS, COMPAÑEROS, DOCENTES Y PERSONAS EN GENERAL QUE CONTRIBUYERON EN MI FORMACIÓN.

AGRADECIMIENTOS

A:

Mis asesores Ing. Agr. Vicente Martínez, por su valiosa orientación en la realización de la presente investigación.

Mis evaluadores, que con sus sugerencias contribuyeron a mejorar la investigación.

Todo el personal docente, administrativo y de servicios de la Facultad de Agronomía, Universidad de San Carlos de Guatemala por su apoyo y colaboración incondicional que me brindaron durante mi carrera. En especial a las Subareas de Ciencias Biológicas y Producción Forestal, por brindarme la oportunidad de formar parte de ellas.

Las Autoridades locales de la aldea San Vicente Buenabaj, por permitirme desarrollar esta investigación en el bosque comunal, en especial a la Parcialidad de los Vicentes, y la corporación de la alcaldía auxiliar periodos 2001 al 2003.

Al Instituto Nacional de Bosques, a través del departamento de Investigación Forestal, y en especial a el Ing. Armindo Tomas, Coordinador del Programa Nacional para la Conservación del Pinabete.

ÍNDICE GENERAL

CONTENIDO GENERAL	PÁGINA
ÍNDICE GENERAL	i
ÍNDICE DE CUADROS.....	iv
ÍNDICE DE FIGURAS.....	v
RESUMEN.....	vi
1. INTROUCCIÓN	1
2. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA	3
3. MARCO TEÓRICO	5
3.1 MARCO CONCEPTUAL.....	5
3.1.1 Bosque	5
3.1.2 Ecología.....	5
3.1.3 Regeneración natural	6
3.1.3.1 Clasificación de la regeneración	7
A) Clasificación dimensional.....	8
B) Clasificación ecológica.....	8
3.1.4 Descripción botánica de la especie	9
3.1.5 Distribución geográfica y zona de vida	10
3.1.6 Dinámica de la vegetación	10
3.1.7 Crecimiento de las comunidades vegetales	11
3.1.7.1 Abundancia	11
3.1.7.2 Frecuencia	11
3.1.7.3 Densidad (D).....	12
3.1.7.4 Cobertura (C)	12
3.1.7.5 Área basal (Ab)	13
3.1.8 Germinación de la semilla	13
3.1.9 Estado de las poblaciones de <i>Abies</i> en Guatemala	14
3.1.9.1 Tipos de bosques donde se encuentra <i>Abies guatemalensis</i>	15
3.1.9.2 Las amenazas.....	16
3.1.9.3 Régimen de propiedad.....	17
3.2 MARCO REFERENCIAL	20

3.2.1	Ubicación geográfica del área de estudio	20
3.2.2	Límites y colindancias.....	20
3.2.3	Área del bosque.....	20
3.2.4	Características climáticas	21
3.1.5	Zona de vida.....	21
3.1.6	Topografía y vegetación	21
3.1.7	Fisiografía.....	22
3.1.8	Población.....	22
3.1.9	Vías de comunicación	22
3.1.10	Organización de la aldea.....	22
3.1.11	Investigación afín efectuada.....	25
3.1.11.1	Evaluación de regeneración natural de <i>Pinus hartwegii</i> Lindl en la parte alta del municipio de San Juan Ixcoy, en el departamento de Huehuetenango y aplicación de 3 tratamientos de aclareo.....	25
4.	OBJETIVOS	26
4.1	GENERAL	26
4.2	ESPECIFICOS	26
5.	METODOLOGÍA.....	27
5.1	Delimitación del área de estudio	27
5.2	Muestreo de la regeneración.....	27
5.2.1	Reconocimiento del área.....	27
5.2.2	Número de unidades muestrales.....	28
5.2.3	Tamaño y número de las unidades muestrales.....	28
5.2.4	Ubicación de las parcelas a nivel de campo.....	29
5.3	Datos que se tomaron en cada una de las parcelas (fase de campo).....	31
5.3.1	Densidad	31
5.3.2	Diámetro.....	31
5.3.3	Altura	31
5.3.4	Cobertura de copas.....	31
5.3.5	Muestreo de suelos	32
5.3.6	Análisis de suelos.....	32
5.3.6.1	Textura	32

5.3.6.2	PH y nutrientes (K, P, Ca y Mg)	32
5.3.6.3	Materia orgánica	32
5.3.7	Monitoreo de la regeneración.....	32
6.	RESULTADOS Y DISCUSION	34
6.1	Abundancia y cambio en las variables de crecimiento.....	34
6.1.1	Abundancia.....	35
6.1.2	Variables de crecimiento	38
6.2	Mortalidad de la regeneración	40
6.3	Análisis de los factores estudiados en la regeneración	50
6.3.1	Relación del porcentaje cobertura de copas y la sobrevivencia	51
6.3.2	Relación de la concentración de calcio y la sobrevivencia	52
6.3.3	Relación de la concentración de magnesio y la sobrevivencia.....	53
6.3.4	Relación múltiple de los factores y la sobrevivencia	54
6.4	Análisis para posible propuesta de manejo	54
7.	CONCLUSIONES	58
8.	RECOMENDACIONES.....	59
9.	BIBLIOGRAFÍA.....	61
10.	APÉNDICES	64

ÍNDICE DE CUADROS

CONTENIDO	PÁGINA
Cuadro 1 Extensión por tipo de bosques de Pinabete a nivel nacional.	16
Cuadro 2 Área de los bosques de pinabete a nivel nacional.	17
Cuadro 3 Sistemas de protección y extensión de bosques de Pinabete a nivel nacional.....	18
Cuadro 4 Tipo de gestión a cargo de los bosques de pinabete en Guatemala.....	19
Cuadro 5 Extensión de los bosques de pinabete por departamento	19
Cuadro 6 Resumen de información general tomadas en las parcelas de muestreo.....	35
Cuadro 7 Cambio en las variables de crecimiento.....	39
Cuadro 8 Porcentaje de mortalidad de cada parcela.....	41
Cuadro 9 Porcentaje de Supervivencia por categoría.	41
Cuadro 10 Resultados de suelos de las parcelas levantadas en el bosque	46
Cuadro 11 Resumen de medias de los resultados de suelos de las parcelas.....	49

ÍNDICE DE FIGURAS

CONTENIDO	PÁGINA
Figura 1 Ubicación del área de estudio	23
Figura 2 Mapa de ubicación del bosque en hoja cartográfica.....	24
Figura 3 Forma y tamaño de las unidades de muestreo.....	28
Figura 4 Ubicación de las parcelas en el bosque	30
Figura 5 Abundancia de la especie por categoría.....	36
Figura 6 Porcentaje de sobrevivencia por categoría.....	42
Figura 7 Relación porcentajes cobertura de copas y sobrevivencia	51
Figura 8 Relación concentración calcio y sobrevivencia.....	52
Figura 9 Relación concentración magnesio y sobrevivencia	53

ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO DE LA REGENERACIÓN NATURAL DE PINABETE *Abies guatemalensis* Rehder, EN EL BOSQUE COMUNAL DE SAN VICENTE BUENABAJ, MOMOSTENANGO, TOTONICAPÁN.

STUDY OF THE BEHAVIOR OF THE NATURAL REGENERATION OF PINABETE *Abies guatemalensis* Rehder, IN THE COMMUNAL FOREST OF SAN VICENTE BUENABAJ, MOMOSTENANGO, TOTONICAPÁN.

RESUMEN

La presente investigación se ha dirigido al estudio de la regeneración natural del Pinabete *Abies guatemalensis* Rehder por ser una especie nativa de carácter endémico, en peligro de extinción, y de un valor cultural innegable.

No se contaba con ningún estudio que caracterizara a la regeneración natural del pinabete en aspectos básicos y que permitiera generar conocimientos en cuanto a este fenómeno.

El objetivo de la presente investigación fue estudiar el comportamiento de la regeneración natural del Pinabete *Abies guatemalensis* Rehder, en el bosque comunal de San Vicente Buenabaj, Momostenango, Totonicapán, así como evaluar como afectan las variables de: % de pendiente, % de materia orgánica, % de cobertura de copas, pH, intervención humana, tipo de suelo (estructura), densidad aparente y real del suelo, y concentración de Calcio, Magnesio, Fósforo, Potasio; sobre la sobrevivencia del *Abies guatemalensis* Rehder, bajo las condiciones naturales del bosque comunal de la aldea San Vicente Buenabaj, Momostenango, Totonicapán.

Para el efecto se establecieron 15 parcelas en la cuales se contó e identificó con plaquetas de aluminio la cantidad inicial de pinabete en estado de regeneración que comprende brinzales (plantas con más de 30 cm de altura) y no brinzales (alturas menores de 30 cm) al cabo de 2 años se contó el número de plantas de las dos categorías efectuándose un análisis de regresión

múltiple entre las variables independientes (las descritas anteriormente) y el porcentaje de sobrevivencia.

Resultado de la investigación se tiene que se caracterizo la dinámica en el crecimiento de la sobrevivencia de los abies menores de 30 cm de altura (no brinzales), se ve afectada únicamente por 5 de las 20 variables de la manera siguiente: %S no brinzales = $-28.75 \text{ pH} + 1.07 \text{ P} + 4.23\text{Ca} - 1.17\text{PD} + 0.88\text{CC} + 201.32$; por otro lado los pinabets mayores de 30 cm se encuentran perfectamente adaptados y las variables evaluadas no afectan su sobrevivencia, siendo ésta de 90 por ciento en promedio.

La abundancia de regeneración natural es de 346 plantas por hectárea, con una tasa de crecimiento de altura de 15.91cm y 1.51 cm de diámetro de 0.36 y 0.25 cm cada 2 años por categoría.

La sobrevivencia del pinabete en plantas brinzales fue de 96.97 % y en plantas No Brinzales de 60.61 %.

1. INTROUCCIÓ

Guatemala por su ubicación geográfica y sus características fisiográficas, cuenta con una amplia diversidad de especies vegetales que crecen en forma natural; muchas de ellas catalogadas como endémicas.

Dentro de las especies que actualmente tienen una distribución restringida y con características de relictos, se encuentra el Pinabete *Abies guatemalensis* Rehder; que es un componente natural de los bosques de coníferas del altiplano guatemalteco; de carácter endémico y distribución limitada a las partes altas de los departamentos de Totonicapán, Huehuetenango, San Marcos, Sololá, Quetzaltenango y Jalapa; que crece a altitudes arriba de los 2,800 msnm (8).

Las poblaciones naturales de esta especie y las comunidades vegetales asociadas a su desarrollo, han sufrido un deterioro, principalmente desde el punto de vista de: a) la reducción de la superficie de cobertura, b) estructura de las masas boscosas y c) conformación morfológica de los individuos; situación que hace figurar al pinabete como especie en peligro de extinción. Esto, principalmente por la escasa regeneración natural, producto de las inadecuadas prácticas de aprovechamiento para cubrir la demanda de los bienes derivados de la especie (principalmente ramilla y madera) y a la sustitución del bosque por áreas para cultivo y/o pastoreo.

Muchos han sido los esfuerzos para incidir en la solución del problema, tanto desde el aspecto político-legal como del aspecto de manejo; pero en éste último, se ha descuidado el de

generación de información relacionada con la dinámica de las regeneraciones naturales, como una alternativa de continuidad de la especie; si no que se han concretado a las plantaciones y al tratamiento de los individuos adultos.

Razón por la que se abordó durante los años 2002 al 2004, el estudio de la regeneración natural de pinabete en el bosque comunal de San Vicente Buenabaj, Momostenango, que tomó como consideración primordial, el comportamiento de la regeneración en cuanto a su abundancia y otras variables que definen su estado actual; así como las condiciones de hábitat en las que se desarrolla la especie y los factores que inciden directamente en ella. El trabajo se ha planteado de tal manera que con la información obtenida, se mejore significativamente el entendimiento de los procesos asociados a la especie, como estudio de plataforma para la toma de decisiones silviculturales acertadas, que propicien la restauración de su ecosistema natural en pro del incremento de las coberturas actuales.

2. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

La estrategia nacional para la conservación y protección del pinabete *Abies guatemalensis* Rehder, que está ejecutando el Instituto Nacional de Bosques (INAB), plantea como uno de sus puntos fundamentales, la generación de información básica, tal como lo es la investigación sobre la regeneración natural; ya que se toma como base la dificultad que presenta su producción controlada, principalmente en vivero, dado al bajo porcentaje de germinación de las semillas debido a varios factores, principalmente los de carácter intrínseco posiblemente a problemas genéticos o fisiológicos (22); constituyéndose en una de las causas que han incidido en la reducción de los rodales, ya que según el Diagnostico de las Poblaciones Naturales de Pinabete *Abies guatemalensis* Rehder, para el año 1999 el municipio de Totonicapán, en los últimos cincuenta años ha tenido una pérdida acumulada del 75% de los bosques, es decir que de 65,000 ha se ha reducido a 15,886 ha (2), situación que influyó para que la especie fuese declarada en peligro de extinción y considerada dentro del Apéndice I del Convenio Internacional CITES (CALAS 2003).

El bosque de San Vicente Buenabaj, Momostenango, Totonicapán, posee una superficie de 622 ha de las cuales 426 poseen cobertura boscosa y con presencia de pinabete y tomando en cuenta que en esta área no se había realizado ningún estudio básico de la dinámica de la regeneración natural in situ, que dé lugar a diseñar una propuesta de manejo que propicie la conservación y aprovechamiento de la especie en una forma sostenible, que a la larga incida en la restauración de sus ecosistemas. Así como también Considerando que es una especie de

importancia ecológica y económica, el presente estudio puede constituirse como un precedente para la formulación de alternativas de su manejo.

3. MARCO TEÓRICO

3.1 MARCO CONCEPTUAL

3.1.1 Bosque

Un bosque es una asociación muy variada de formas de vida, denominada como “una comunidad biológica en la que predominan las plantas lignificadas, o leñosas” no importando su origen natural o artificial; y son productores de madera, leña, productos extractivos y derivados. Tienen influencia sobre el clima, fomentan el régimen hidrológico y provee protección y sustento a la vida silvestre (15).

Cada bosque es el resultado de una cadena de cambios climáticos, geológicos, desarrollo de suelos, y muchos otros factores que dan forma al sitio y paisaje y determinan las especies y número de árboles; aunque varias especies arbóreas pueden ser comunes en regiones con climas semejantes, el número de árboles varía de un bosque a otro; algunos árboles se asocian a otros según la región (7).

3.1.2 Ecología

La ecología es “la ciencia que estudia las interacciones de los organismos en y hacia su medio ambiente”. Es el estudio de las relaciones recíprocas entre los organismos y su medio ambiente, el cual es el complejo de los factores que ejercen influencia (5).

La ecología no es una ciencia restringida a un campo definido, sino que se extiende a través de todas las ciencias, enfocándolas hacia un entendimiento de las relaciones entre los organismos y el ambiente para llegar a conocer las leyes de la naturaleza. Por lo que un buen

entendimiento de la ecología tiene que ser basado sobre un conocimiento adecuado de la vegetación original o natural (5).

Por lo tanto la ecología forestal considera al bosque como una comunidad biológica con las interrelaciones entre los diversos árboles y otros organismos que constituyen la comunidad y con la interrelación entre estos organismos y el medio ambiente físico con el cual coexisten (12).

3.1.3 Regeneración natural

Se define a la regeneración natural como el proceso continuo natural del bosque, para asegurar su propia sobrevivencia, normalmente por una abundante producción de semillas que germinan para asegurar el nuevo bosque (2).

La vegetación es la resultante de la acción de los factores ambientales sobre el conjunto interactuante de las especies que cohabitan en un espacio continuo. Refleja el clima, la naturaleza del suelo, la disponibilidad de agua y de nutrientes, así como los factores antrópicos y bióticos. A su vez la vegetación modifica algunos de los factores ambientales. La vegetación y el ambiente evolucionan paralelamente evidenciando cambios rápidos en las primeras etapas de desarrollo y más lentos a medida que alcanzan el estado estable (16).

Se considera al bosque virgen como el mejor indicador del equilibrio natural; ya que está demostrado que éste se mantiene entre la mortalidad y el crecimiento.

En el bosque, tratado y con fines comerciales la regeneración debe ser permanente, producto de un estado continuo de producción; por lo tanto, el área basal debe ser óptima para facilitar o propiciar la regeneración. Gazin citado por Pimentel et al., sostiene que el diámetro promedio de la copa de un árbol de *Abies alba* Mill en el bosque de selección, debe ser quince

veces mayor que el diámetro normal (1.30 m) del árbol; que como el abeto es tolerante. Según los autores citados anteriormente, en los bosques de selección hay árboles pequeños que pueden vivir bajo los árboles grandes, y en dicho caso el área basal óptima puede llegar a ser 37 m²/ha. Si el área basal no es mayor de esta cantidad, la regeneración siempre será posible (1).

En el caso de la especie *Abies*, la regeneración más alta se encuentra en bosques donde el ecosistema fue alterado por las actividades humanas, pero en los que ha existido la capacidad de regeneración, principalmente porque el pastoreo en el sotobosque no es una actividad significativa, para las poblaciones que viven en los alrededores. En el bosque de Chuatuj, Nebaj Quiche, donde se dan las condiciones anteriores, se encontraron más de 9,500 brinzales por hectárea (0.95 brinzales /metro cuadrado). Por su parte, la regeneración más baja se encuentra en los bosques en donde la influencia humana es muy fuerte y está causando la degradación del ecosistema. En estos lugares existen ejemplares de pinabete, pero las condiciones alteradas impiden la regeneración natural. Es muy singular el caso de Tonicapán, donde algunas áreas tenían nula regeneración debido al pastoreo; pero algunas otras presentaban altas tasas de regeneración. Este es un problema que ha provocado que en algunos lugares de este bosque existan árboles maduros, pero no jóvenes ni brinzales. En los bosques relativamente poco disturbados, la regeneración que se encontró se situaba en un lugar intermedio entre los dos extremos anteriores (3).

3.1.3.1 Clasificación de la regeneración

La regeneración natural se ha clasificado generalmente desde dos aspectos los cuales son: Una Clasificación Dimensional y una Clasificación Ecológica (12), (16), (18).

A) Clasificación dimensional

En los primeros años de establecimiento y crecimiento de la regeneración natural se le ha clasificado de acuerdo a las operaciones silviculturales aplicadas a la regeneración natural, por lo que ha sido indispensable clasificarla en las siguientes categorías de acuerdo a su dimensión:

- a) Brinzales: Individuos entre 0.3 m a <1.5 m de altura.
- b) Latizal Bajo: De 1.5 m de altura a 4.9 cm de diámetro.
- c) Latizal alto: De 5.0 cm a 9.9 cm de diámetro.

B) Clasificación ecológica

La regeneración natural como proceso en la dinámica del bosque está afectada no solo por fenómenos físicos como inundaciones, deslizamientos, terremotos, o cualquier otra perturbación natural, sino también es regulada constantemente por factores ambientales. La temperatura, la duración del día, la precipitación, la humedad y el viento ejercen un fuerte control sobre la fisiología y la reproducción, lo cual se refleja en la estructura del ecosistema. Por lo que la clasificación de la regeneración natural de una forma ecológica y con fines prácticos es la siguiente:

- a) Heliófitas efímeras (se establecen y crecen solamente en los claros grandes)
- b) Heliófitas durables (se establecen bajo dosel pero requieren de claros para crecer)
- c) Esciófitas parciales (se establecen y crecen bajo dosel, pero exigen luz directa para pasar de la etapa de fuste joven a fuste maduro).
- d) Esciófitas totales (se establecen y crecen bajo dosel)

Esta clasificación no solo toma en cuenta las exigencias para el establecimiento, sino también para el crecimiento de la regeneración (12), (16), (18).

3.1.4 Descripción botánica de la especie

El Pinabete *Abies guatemalensis* Rehder, pertenece al Reino plantae (vegetal), Subreino Embryobionta, División Pinophyta, Subdivisión Pinicae, Orden Pinales, Familia Pinaceae, Genero *Abies* Especie *A. guatemalensis*.

Del género *Abies* existen en el mundo 70 especies. En Guatemala se encuentra la especie *Abies guatemalensis* Rehder y su variedad *tacanensis*, y la especie mexicana *Abies religiosa* (HBK) Sch. & Cham (10).

El pinabete, *Abies guatemalensis* Rehder, es un árbol monoico, que puede alcanzar alturas mayores a los cincuenta metros y un diámetro a la altura del pecho mayor a dos metros. Su corteza es de color castaño, grisáceo o rojizo. Posee bastantes ramas. Sus hojas son lineares y coriáceas, de 1 a 4.6 centímetros de largo y de 1 a 2.2 milímetros de ancho, formadas por dos filas linealmente coriáceas, obtusas en la cúspide, de un color oscuro lustroso, el haz es verde oscuro y el envés ligeramente glaucoscente por la presencia de estomas. Los conos son sub-sentados, de 8.5 a 11.5 centímetros de largo con un diámetro de 4.5 a 5.0 centímetros cilíndricos y de 1.5 a 2.3 centímetros de alto. Las semillas son cuneado abovadas, de 8 a 10 milímetros de largo, de un color castaño claro, las alas son abovadas y llegan a alcanzar 15 milímetros de ancho. La madera es de color blanco en la zona de albura, rojiza en la zona medular, con olor fuerte, el hilo es recto medianamente dura y altamente resistente al ataque del gorgojo del pino (*Dendroctonus* sp.).

Esta especie se reproduce por semilla. Los conos se recolectan en los meses de septiembre, octubre, noviembre y diciembre antes de que se abran (10).

3.1.5 Distribución geográfica y zona de vida

Según Madrigal Sánchez, citado por González Martínez (10), el género *Abies* tiene su límite meridional en Guatemala, con la especie *Abies guatemalensis* Rehder encontrada en Guatemala en las partes altas de las montañas; específicamente en los departamentos de San Marcos, Huehuetenango, Totonicapán y Jalapa.

De acuerdo a la Clasificación de las Zonas de Vida de Guatemala, basada en el Sistema Holdridge (4), los lugares donde habita el pinabete corresponden al bosque muy húmedo montano subtropical. Regiones con una altitud arriba de los 2800 metros sobre el nivel del mar y una precipitación calculada de 2,500 milímetros anuales, la biotemperatura es de 11 grados centígrados. La topografía es ondulada a accidentada. Esta zona tiene una superficie total de 710 kilómetros cuadrados, correspondientes al 0.65% de la superficie total del país.

3.1.6 Dinámica de la vegetación

Para González Martínez (10), definir el proceso de sucesión ecológica en *Abies* es difícil, debido a muchas limitaciones. Por observaciones hechas en las comunidades vegetales que se encuentran al mismo nivel altitudinal que *Abies religiosa* y las localizadas en los bosques de esta especie cuando han sido perturbados, se dedujeron las siguientes fases intermedias: Antes del establecimiento de *Abies religiosa* se encontraban presentes *Pinus montezumae* y *Alnus sp* que sustituyeron especies arbóreas de *Quercus sp*. Antes de *Quercus* dominaron los arbustos siguientes: *Quercus sp*, *Arbutus xalapensis*, *Arbutus glandulosa*, *Salix cana*. En áreas perturbadas por talas, aparecen *Juniperus monticola* y *Baccharis conferta*, que desaparece cuando se recupera el bosque original. *Senecio cinerarioides* es un arbusto presente en los lugares en donde hubo disturbación por fuego.

3.1.7 Crecimiento de las comunidades vegetales

Una masa forestal no es sencillamente la suma de árboles, sino una biocenosis formada por numerosos individuos comprendidos en un todo, regidos por varias interrelaciones. Por lo tanto tiene varios parámetros en los que se puede medir su crecimiento, siendo muy usuales la abundancia y la frecuencia (8).

3.1.7.1 Abundancia

La abundancia es un parámetro que indica el número de árboles de una determinada especie, generalmente se calcula con base en una hectárea, y se pueden calcular la abundancia relativa y la absoluta. Esta información permite valorar el potencial de determinada especie en un bosque dado.

La abundancia absoluta es igual a decir el número de individuos por especie, en un área específica; y la abundancia relativa es la proporción porcentual de una especie en el total de individuos que cohabitan en un área determinada (20).

3.1.7.2 Frecuencia

La frecuencia es el parámetro que indica la proporción de las muestras ocupadas por individuos de la misma especie. La frecuencia absoluta se expresa en porcentaje. A través del cálculo de la frecuencia se puede tener una idea sobre la distribución que presenta la regeneración de una especie en particular. De acuerdo con el Malayan Regeneration System (Grace – Bryan 2000) (20) hay suficiente regeneración cuando en el 40 % de las parcelas hay individuos de la especie en interés, lo que equivale a una abundancia efectiva (calculada a partir

de un porcentaje de ocupación predeterminado) de 1000 individuos por hectárea bien distribuidos¹.

Es la probabilidad de encontrar uno o más individuos en una unidad muestral en particular. En estudios comparativos donde no se requieren valores absolutos de las variables, se determina la frecuencia relativa (16).

Dicha variable se expresa como el porcentaje de número de unidades en las cuales el atributo (mi) aparece en la relación por cociente con el número total de unidades (M), representándose matemáticamente así (16).

$$Fi = 100 \times mi/M$$

3.1.7.3 Densidad (D)

La densidad es el número de individuos (N) en un área (A) determinada y se estima a partir del conteo del número de individuos en un área dada, matemáticamente se expresa así (16).

$$D = N/A$$

3.1.7.4 Cobertura (C)

Cobertura de una especie es la proporción del terreno ocupado por la proyección perpendicular de las partes aéreas de los individuos de la especie considerada. Se expresa en porcentaje de la superficie total (16).

¹ En una unidad de registro de 4 m² y con una ocupación del 100% habría al menos 2500 brinzales/ ha; en un 40% de estas unidades ocupadas equivale a una abundancia de al menos 1000 brinzales/ ha.

3.1.7.5 Área basal (Ab)

El área basal es la superficie de una sección transversal del tallo o tronco del individuo a determinada altura del suelo; se expresa en m, de material vegetal por unidad de superficie de terreno (16).

3.1.8 Germinación de la semilla

La germinación de las semillas de *Abies guatemalensis* R. es epigea, la cual consiste en que los cotiledones y el pericarpio (pared del fruto) se elevan sobre la superficie por la elongación del hipocótilo, siendo el patrón típico de germinación de casi todas las coníferas. Estas especies con desarrollo epigeo, almacenan relativamente pocos nutrientes en el endospermo y cotiledones, liberando rápidamente los cotiledones para que por medio de la fotosíntesis puedan estimular el desarrollo temprano de las raíces; con respecto a las etapas de desarrollo del cotiledón, se reconocen cuatro etapas según Marsall y Kozlowski, citados por Spurr y Barnes (23).

En las células del cotiledón están distribuidas reservas alimenticias (grasas, carbohidratos, proteínas) y nutrientes minerales. Las reservas y los nutrientes se utilizan durante los primeros días de crecimiento.

Los cotiledones son extremadamente importantes para el desarrollo de las plántulas durante las primeras 4 semanas. Cualquier daño que sufra causado por animales, heladas, entre otros, inhibirán el crecimiento de la planta.

En la germinación epigea los cotiledones salen a la superficie del suelo. Primero, el hipocótilo se larga rápidamente formando al principio un arco en la parte superior y luego endereza empujando los cotiledones.

Cuando son expuestos a la luz se producen cambios que empiezan con el desarrollo de cloroplastos y la síntesis de clorofila, desarrollan los estomas, se expanden las células epidérmicas y se forman en el mesófilo los espacios intercelulares.

Al mismo tiempo se da el desarrollo de las yemas del ápice y laterales posteriores del tallo y la raíz. En algunas especies forestales comienza la fotosíntesis apreciable de 4 ó 6 días después de emerger la radícula. Los picos de actividad fotosintética aparecen de 8 a 15 días después y continúan durante semanas.

Pocos días después, los cotiledones aumentan de tamaño, y salen fuera de la testa, dejándola caer al suelo con los restos del endospermo. Luego, los órganos fotosintéticos primarios empiezan a funcionar y la plúmula se alarga rápidamente (24).

El peso seco se reduce y algunos nutrientes minerales son trasladados dentro de la planta a medida que declina la función de cotiledón. Los cotiledones son extremadamente importantes para el desarrollo de las plántulas durante las primeras semanas, cualquier daño que sufran causados por animales, heladas, etc., inhibirán el crecimiento de la planta (24).

3.1.9 Estado de las poblaciones de Abies en Guatemala

Para el año 1999 el área poblada por los bosques de pinabete en Guatemala es de 25,255 hectáreas. A pesar que a primera vista podría parecer una superficie de distribución grande, es importante tener en cuenta que los bosques no están unidos en uno solo; sino que se encuentran en áreas fragmentadas, en su mayoría pequeños rodales. El pinabete está distribuido en más de 60 bosques, los cuales el 80% tiene un tamaño menor de 100 ha y de estos el 55% no alcanza las

25 ha. Con respecto al área boscosa de Guatemala, el pinabete representa aproximadamente el 0.3% del total de la superficie.

El Abies se distribuye en las altas montañas de Guatemala, en un rango altitudinal que va desde los 2,400 msnm, en las Sierra de las Minas, hasta los 3,400 msnm, en el Cerro Cotzic, en San Marcos. En elevaciones más altas o más bajas es muy raro encontrarlo creciendo de manera natural (3).

3.1.9.1 Tipos de bosques donde se encuentra *Abies guatemalensis*

El pinabete en Guatemala se puede encontrar en tres tipos de bosque los cuales son:

- a) Bosque puro, donde la presencia de otros árboles es muy ocasional y en consecuencia el pinabete es el árbol predominante. Existen varios, aunque por su extensión y estado de conservación, el bosque de Todos Santos se puede tomar como ejemplo representativo de esta formación. Actualmente estos bosques se encuentran únicamente en los departamentos de Huehuetenango y San Marcos. La mayoría situados entre los 3100 y 3400 msnm.
- b) Bosque mixto de coníferas, donde el pinabete se encuentra asociado con *Cupressus lusitanica* y *Pinus ayacahuite*, entre otras coníferas. El pinabete suele ocupar el primero o segundo lugar de dominancia, alternando su posición con *Pinus ayacahuite*. Se suelen encontrar en alturas situadas entre los 2,800 y 3,200 msnm, aunque también se encuentra fuera de estos límites.

- c) Bosque mixto con latifoliadas, donde el *Abies* aparece asociado a especies de hoja ancha, generalmente *Quercus spp.* La dominancia la puede tener cualquiera de las dos especies, pero habitualmente la posee el género *Quercus* (3).

El cuadro 1 presenta la extensión de área que ocupan las poblaciones naturales de la especie a nivel nacional, en bosques mixtos y puros.

Cuadro 1 Extensión por tipo de bosques de Pinabete a nivel nacional.

Tipo de Bosque	Extensión
Bosque Mixto	24301.2 ha
Bosque Puro	953.8 ha
Total	25255.0 ha

Fuente: Diagnóstico de las poblaciones naturales de pinabete *Abies guatemalensis* R en Guatemala. (Año 1999) (3)

La mayoría de los bosques de pinabete en Guatemala son de pequeño tamaño; sin embargo, hay varios que sobresalen por su extensión, como el caso de los de Totonicapán, con composición florística de un bosque mixto y una extensión de 15,886 ha. Del área ocupada por los bosques de pinabete en Guatemala, los de Totonicapán representa el 63% del total. Otros siete bosques ocupan el 25% del área total de pinabete, mientras que los restantes ocupan menos del 12%.

3.1.9.2 Las amenazas

Todos los bosques de pinabete en Guatemala tienen algún tipo de alteración, producidas por actividades humanas, no existiendo un ecosistema que no haya sido intervenido de una u otra forma. En las situaciones más favorables encontradas, entre las que se pueden citar el bosque de Todos Santos, el ecosistema ha sufrido relativamente pocas alteraciones, aunque empiezan a

aparecer nuevas amenazas, como el pastoreo, que apenas son citadas en las investigaciones hechas en el área con anterioridad.

La alimentación del ganado en el sotobosque es un problema que se ha generalizado a gran parte de los lugares donde crece el pinabete, aumentando la presión sobre los bosques. El pastoreo afecta el 84% de las áreas y el desramado al 46%, ambas actividades son las amenazas que destacan sobre todas las demás (3).

El cuadro 2 presenta los bosques de pinabete que existen a nivel nacional, por nombre y la extensión que ocupan, así como el porcentaje de superficie de cada uno.

Cuadro 2 Área de los bosques de pinabete a nivel nacional.

Nombre del bosque	Área en ha	Porcentaje %
Bosque de Totonicapán (comunal, privado y parcialidades)	15,886	63.0
Todos Santos (mixto)	2,081	8.2
Pinalón, Sierra de las Minas	1,292	5.0
Magdalena, Chiantla	912	3.6
Todos Santos (puro)	666	2.6
Pico Pecul, Zunil	613	2.4
Chuatuj, Nebaj	498	2.0
<i>San Vicente Buenabaj, Momostenango, Totonicapán.</i>	383	1.5
Los 53 bosques restantes	2,924	11.7
Total	25,255	100 %

Fuente: Diagnóstico de las poblaciones naturales de pinabete *Abies guatemalensis* R en Guatemala. (Año 1999) (3)

3.1.9.3 Régimen de propiedad

En Guatemala, el régimen de propiedad de los bosques de pinabete es en su mayor parte municipal y comunal. Este aspecto da una clara idea de la importancia que ha tenido para la conservación de la especie. Los bosques de propiedad comunal han sido quienes han permanecido y se han conservado mejor; mientras que los privados y las tierras estatales, sin

ningún tipo de administración local han desaparecido con gran rapidez. En las tendencias históricas de los bosques de propiedad comunal se observa que mientras más fuerte es la cohesión social, más superficie de bosque se ha conservado. Es este tipo de régimen el que más estabilidad ofrece a los bosques de pinabete en la actualidad. En los bosques municipales se observa una tendencia similar, ya que cuando el bosque es municipal pero gestionado con la participación comunitaria, la estabilidad del bosque ha sido mayor y las amenazas son menos fuertes. En el caso de que la administración sea municipal sin participación comunal, la estabilidad es menor. Casi todos los bosques de propiedad privada corren un alto riesgo de desaparecer, exceptuando el de las Sierras de las Minas (3).

En el cuadro 3 aparecen los sistemas de protección y el área de bosques que estos sistemas abarcan.

Cuadro 3 Sistemas de protección y extensión de bosques de Pinabete a nivel nacional.

Sistema de protección	Área en Ha	% de Área
Área legalmente protegida (SIGAP)	11,428 ha	45%
Área protegida por iniciativa local	10,984 ha	44%
Otras áreas	2,843 ha	11%

Fuente: Diagnóstico de las poblaciones naturales de pinabete *Abies guatemalensis* R.en Guatemala. (Año 1999) (3)

En los cuadros 4 y 5 se puede apreciar el tipo de gestión que tienen dominio sobre los bosques, así como la extensión de estos por departamento, aspectos que demuestran de mejor manera las condiciones en las cuales se encuentra el recurso.

Cuadro 4 Tipo de gestión a cargo de los bosques de pinabete en Guatemala

Tipo de Gestión	Extensión ha.	Porcentaje
Comunal	18,996	75
Municipal	1,325	5
Privada	1,873	7
Otra	2,031	9
No tiene	588	4

Fuente: Diagnóstico de las poblaciones naturales de pinabete *Abies guatemalensis* R. en Guatemala. (Año 1999) (3)

Cuadro 5 Extensión de los bosques de pinabete por departamento

Departamento	Área ha	Porcentaje
Huehuetenango	4,095.30	16%
Quetzaltenango	2,045.35	8%
San Marcos	753.00	3%
Quiche	497.90	2%
Sierra de las Minas	1,291.80	5%
Jalapa	31.25	0.13%
Totonicapán	16,540.40	66%
Total	25,255.00	100%

Fuente: Diagnóstico de las poblaciones naturales de pinabete *Abies guatemalensis* R. en Guatemala. (Año 1999) (3)

3.2 MARCO REFERENCIAL

3.2.1 Ubicación geográfica del área de estudio

El bosque comunal, área del presente estudio, se encuentra localizado en la Aldea San Vicente Buenabaj, jurisdicción del municipio de Momostenango en el departamento de Totonicapán (Figura 1). Se sitúa al Oeste del municipio, en los 15°02'00" Latitud Norte y los 91°32'00" Longitud Oeste a una distancia aproximada de 30 kilómetros de la cabecera municipal. La elevación sobre el nivel del mar varía desde los 2,800 hasta los 3,300 metros.

El bosque es de propiedad comunal, cuyo representante legal es la Asociación Parcialidad de Vicentes, según Acuerdo Ministerial 296 legalmente inscrito en el folio 218 del libro 42 de Totonicapán.

3.2.2 Límites y colindancias

Limita al Norte con la cabecera municipal de Momostenango, municipio de Totonicapán y el caserío de Calel del municipio de San Carlos Sija, departamento de Quetzaltenango; al Este, con la aldea Chivarreto de San Francisco el Alto, Totonicapán; al Oeste con el municipio de Huitán, Quetzaltenango y al Sur con el municipio de San Carlos Sija, Quetzaltenango (Figura 1).

3.2.3 Área del bosque

El área del bosque comunal de la aldea es de 6.23 kilómetros cuadrados, de forma irregular (Figura 2), equivalentes a 622.6 hectáreas, de las cuales el 68.5% contiene cobertura forestal y el restante conformado por espacios claros o con alguna etapa de sucesión vegetal.

3.2.4 Características climáticas

La precipitación media anual estimada para San Vicente Buenabaj, es de 1,500 mm anuales, con una temperatura promedio anual de 15 grados Celsius. Se ha calculado la evaporación en 700 mm. Anuales. El período de lluvia en la región va de mayo a noviembre; considerándose en los meses de noviembre a febrero, riesgos de heladas (4).

3.1.5 Zona de vida

El área esta comprendida en la zona de vida Bosque Muy Húmedo, Montano Bajo Subtropical, cuya vegetación natural es coníferas y fagáceas especialmente *Quercus*. De acuerdo a la Clasificación de las Zonas de Vida de Guatemala, basada en el Sistema Holdridge (4), es una región con una altitud arriba de los 2800 metros sobre el nivel del mar y una precipitación calculada de 2,500 milímetros anuales, la biotemperatura es de 11 grados centígrados. La topografía es de ondulada a accidentada.

3.1.6 Topografía y vegetación

Los terrenos correspondientes son de relieve muy escarpado a ondulado y ligeramente inclinado, pero en general se puede describir como accidentado, ya que los relieves planos son muy reducidos. La elevación varia entre 2770 y 3300 msnm, lo cual puede observarse en las curvas a nivel que se muestran en la Figura 2. La vegetación natural está constituida por Encinos y Robles (*Quercus* sp.), Coníferas (*Pinus* sp, *Abies guatemalensis*.), Alisos (*Alnus* sp), Madrón (*Arbutus* sp), además se encuentran arbustos y pastos naturales de diversos géneros (9) (13).

3.1.7 Fisiografía

Según el Mapa de Regiones Fisiográficas de escala 1:1,000,000 el área pertenece a la región fisiográfica de las Tierras Altas Volcánicas, (14).

3.1.8 Población

Su población es de origen Quiche; históricamente se sabe que esta conquistó estas tierras a los Mames sin embargo desde las épocas coloniales han sido objeto de desplazamiento de sus tierras dado a que el centro de la aldea ha sido movido varias veces en toda su historia que es de más de 400 años (9).

3.1.9 Vías de comunicación

El acceso principal a la comunidad es a través de la ruta departamental No. 13 de Quetzaltenango, la que comunica a los municipios de Olinstepeque, San Carlos Sija, Huitán y Cabricán, por esta vía el centro de la aldea se encuentra a 32.5 Kilómetros de Quetzaltenango.

Existen otros accesos sobre la carretera interamericana los que conducen al centro de la aldea, sin embargo estos son de terracería con una longitud aproximada de 9 kilómetros al lugar conocido como Pologuá, (13).

3.1.10 Organización de la aldea

La organización social de la aldea está conformada de la siguiente manera: Trece comunidades o caseríos que tienen acceso y hacen uso del bosque y por lo tanto reclaman sus derechos y cuidan del mismo, con una población de 14,000 habitantes directamente beneficiados con agua y broza provenientes del bosque.

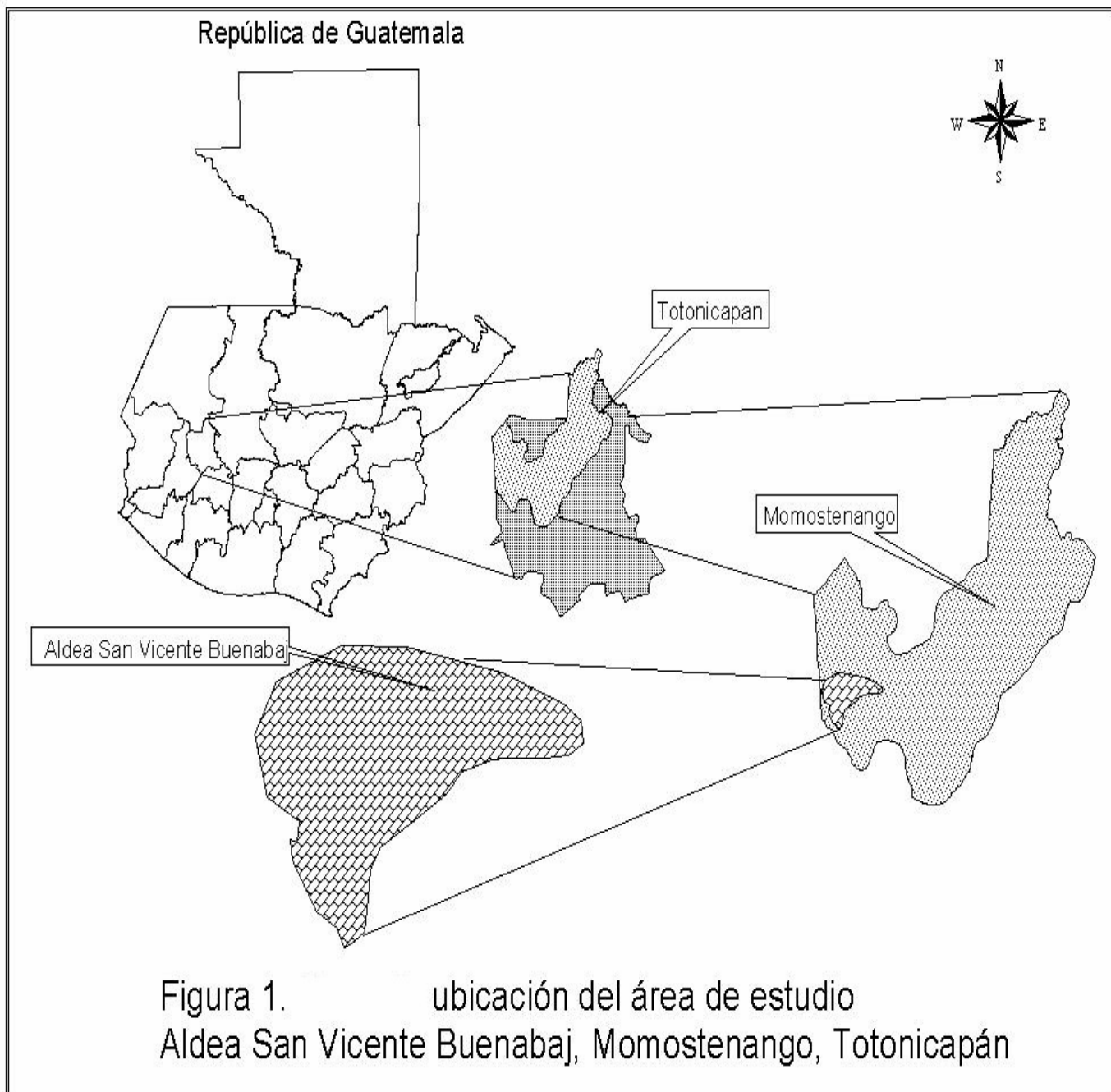


Figura 1 Ubicación del área de estudio

3.1.11 Investigación afín efectuada

3.1.11.1 Evaluación de regeneración natural de *Pinus hartwegii* Lindl en la parte alta del municipio de San Juan Ixcoy, en el departamento de Huehuetenango y aplicación de 3 tratamientos de aclareo

El objetivo fue evaluar las características cuantitativas y cualitativas de regeneración natural ingresadas al programa de incentivos forestales (PINFOR) de la especie *Pinus hartwegii* Lindl en la parte alta del municipio de San Juan Ixcoy, en el departamento de Huehuetenango y aplicación de 3 tratamientos de aclareo.

EL estudio se realizó en las áreas previamente ingresadas al programa de incentivos forestales, en donde levantaron parcelas de forma cuadrada de 5 metros por lado (25 m²) para el estrato bajo y para el estrato medio y alto parcelas de forma rectangular con dimensiones 15m por 10m. Se evaluaron variables cuantitativas como diámetro y altura; y cualitativas como estado fitosanitario y forma de fuste.

Se concluyó con la cantidad de estratos presentes en el área y número de árboles presentes por estrato, área basal y volumen para cada estrato. Además se determinó el % de regeneración en el estado fitosanitario que se encontraba y la edad promedio de la regeneración que fue de 4.80 años.

Determinaron intensidades de aclareo de acuerdo a las densidades encontradas en el área

4. OBJETIVOS

4.1 GENERAL

Estudiar el comportamiento de la regeneración natural del Pinabete *Abies guatemalensis* Rehder, en el bosque comunal de San Vicente Buenabaj, Momostenango, Totonicapán.

4.2 ESPECIFICOS

- 4.2.1 Establecer la abundancia y el cambio en las variables de crecimiento de la regeneración natural de pinabete en un período de dos años.
- 4.2.2 Determinar la sobrevivencia de la regeneración natural de pinabete como un parámetro cuantitativo de su comportamiento
- 4.2.3 Identificar los factores ambientales más importantes que inciden directamente en la regeneración natural de Pinabete
- 4.2.4 Establecer algunas recomendaciones para la elaboración de un plan de manejo de la regeneración natural.

5. METODOLOGÍA

5.1 Delimitación del área de estudio

Debido a que el Pinabete *Abies guatemalensis* Rehder, tiene su distribución natural arriba de los 2,800 msnm (10), el área para el presente estudio, se delimitó de acuerdo a las curvas a nivel comprendidas arriba de esta altitud. Lo anterior se corroboró y toda la superficie del bosque comunal se encuentra arriba de esa altura.

Con el propósito de obtener la mayor información posible, de toda la superficie del bosque, se tomó como base la división natural del mismo, citada en el documento Plan de Manejo Forestal del Bosque Comunal de la Aldea San Vicente Buenabaj Momostenango, Totonicapán citado por González C. (9), la que fue ratificada por medio de sistemas de información geográfica con el uso de fotografía aérea, escala 1:25,000 del año 2001, y hoja cartográfica "Comitancillo II" escala 1:50,000 del (IGN, 1966), equipo de fotointerpretación, acetatos y la respectiva corroboración mediante la observación directa en el campo, se procedió a delimitar el área, la cual se basó en accidentes naturales, quedando limitada por los cerros Tená, Tuctuc y el Patena.

5.2 Muestreo de la regeneración

5.2.1 Reconocimiento del área

A través de un recorrido y con la ayuda del mapa base se hizo el reconocimiento del área; identificándose y estableciéndose las áreas representativas a muestrearse. Se aprovechó la oportunidad para definir el lugar donde se establecieron las parcelas dentro de las áreas denominadas como "de protección" dentro del plan de manejo del bosque citado anteriormente.

(9)

5.2.2 Número de unidades muestrales

Con la finalidad de determinar el número de parcelas a levantar en el área de estudio, se realizó un recorrido de verificación de la división del bosque por los rodales existentes en él, encontrándose la presencia de 90 rodales, de los cuales 15 están destinados para protección, distribuidos estos en toda la superficie del bosque; se estableció una parcela de muestreo en cada uno de los rodales destinados como protegidos, para asegurar que dichas parcelas se mantendrían en el tiempo que duro la investigación. (Fig. 4)

5.2.3 Tamaño y número de las unidades muestrales

Para el presente estudio se levantaron 15 parcelas de 200 m², ya que según Matteucci (16) para el estado de regeneración y plantas herbáceas se considera adecuada una superficie de 100 m², y para darle una mayor confiabilidad al trabajo se duplico el área. La forma de las parcelas fue rectangular (10 X 20 m), considerando el largo de la parcela siempre en dirección de la pendiente. En esta parcela se tomaron los datos sobre el ambiente en el cual se desarrolla la regeneración, así como se realizó un rastreo para registrar todos los individuos de pinabete que se encontraban en estado de regeneración según la clasificación dimensional que se ha establecido para la regeneración natural (12), (18), metros. Como puede apreciarse en la figura 3.



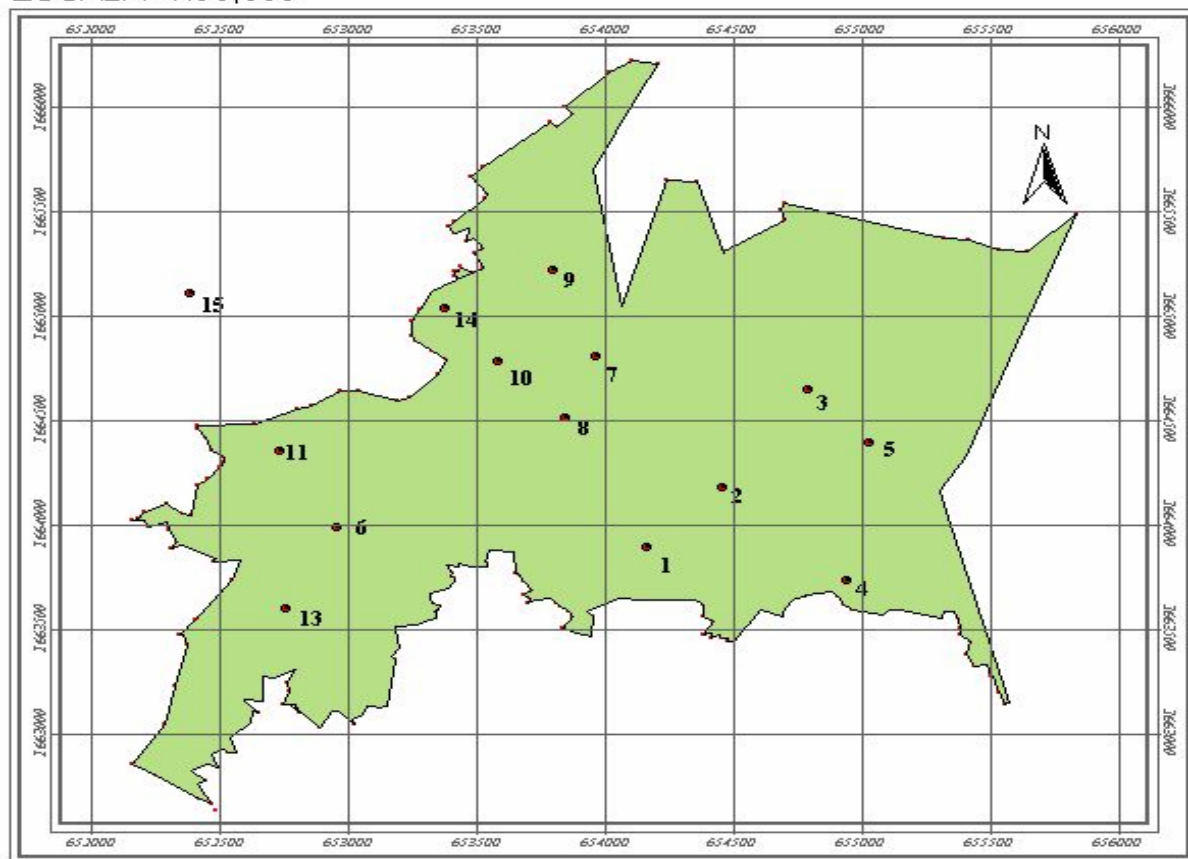
Figura 3 Forma y tamaño de las unidades de muestreo

5.2.4 Ubicación de las parcelas a nivel de campo

Para ubicar cada una de las parcelas previamente establecidas a nivel de gabinete, se utilizó brújula, altímetro, cinta métrica, Un geoposicionador satelital (GPS), con la finalidad de ubicarlas en el lugar que se había planificado, generalmente en el centro de cada rodal (Fig. 4).

**MAPA DE UBICACIÓN DE LAS PARCELAS EN EL BOSQUE COMUNAL
DE LA ALDEA SAN VICENTE BUENA BAJ, MOMOSTENANGO,
TOTONICAPAN, GUATEMALA.**

ESCALA 1:30,000



LEYENDA



Puntos de muestreo



Límite del área de estudio

Figura 4 Ubicación de las parcelas en el bosque

5.3 Datos que se tomaron en cada una de las parcelas (fase de campo)

5.3.1 Densidad

En cada parcela se obtuvo el número total de árboles de pinabete en etapa de regeneración, (densidad total para la especie). Utilizando una boleta de campo (apéndice 2), con objeto de reconocer el estado de la especie en este periodo de vida.

En la superficie de cada parcela se contabilizaron todos los individuos de *Abies guatemalensis* en estado de regeneración, incluyendo individuos de hasta 1.50 metros que según el CEMAPIF (4) y Spurr (23) son clasificados como regeneración natural denominados latizales, que se encontraban dentro de ella. También se marcaron los individuos recién emergidos con alturas menores incluso a los 30 cm de altura, a los cuales se les midió el diámetro, la altura y número de brotes.

5.3.2 Diámetro

Se tomó el diámetro a todos los individuos con un calibrador (precisión de 0.1 mm). Cuando el individuo pertenecía a la categoría de latizal se midió además el diámetro a 1.30 m de altura.

5.3.3 Altura

Con la ayuda de cinta regla graduada, cinta métrica y un hipsómetro marca suunto se midió la altura en metros para los individuos, utilizando cada equipo según la altura del sujeto.

5.3.4 Cobertura de copas

En el centro de las parcelas se estimó el % de cobertura de copas para poder establecer la cantidad de área que estaba con cobertura vegetal, principalmente de los árboles mayores de 10 metros de altura.

5.3.5 Muestreo de suelos

En cada parcela se tomó una muestra de suelo, de 0 a 0.3 m. de profundidad, (aproximadamente 3 libras), a la que se le realizaron los análisis de laboratorio correspondiente; así como también es tomada la dirección de la pendiente, pedregosidad, y altitud sobre el nivel del mar.

5.3.6 Análisis de suelos

5.3.6.1 Textura

Para la determinación de las texturas se utilizó el método del Hidrómetro de Bauyucus, utilizando los laboratorios de la Facultad de Agronomía, de la Universidad de San Carlos.

5.3.6.2 PH y nutrientes (K, P, Ca y Mg)

Todas las muestras (quince en total, una por parcela) fueron secadas al aire, posteriormente se tamizaron y analizadas en el mismo laboratorio utilizando la metodología de Carolina del norte.

5.3.6.3 Materia orgánica

Para determinar este componente en el suelo se utilizó el método de Walkley-Black, realizándolos también en el mismo laboratorio.

5.3.7 Monitoreo de la regeneración

Luego de contar a todos los individuos de la especie en estado de regeneración, que se encontraban dentro de la parcela, a lo que se denominó densidad total para la especie, se procedió a levantar una parcela de 4 metros cuadrados al centro de la parcela grande, en donde se identificaron y marcaron, con placas de aluminio amarradas alrededor del tallo a los individuos

en fase de regeneración aún no clasificada como brinzales (0.3 a < 1.5 m de altura), quiere decir que con alturas menores a la categoría Brinzal; para con ello monitorizarlos y determinar su comportamiento en el transcurso de 2 años, calendario tomando en cuenta el año en que se empezó la investigación y el año siguiente. El monitoreo consistió en determinar de la totalidad de los individuos aspectos como altura, diámetro, número de brotes desarrollados, Producto del proceso de monitorización se pudo estimar la tasa anual de mortalidad haciendo uso de la fórmula desarrollada en el modelo descrito por Swaine *et al.* (1987) y citado por Sáenz *et al.* (17). Con lo que se pudo determinar el porcentaje de mortalidad para la especie en el periodo de tiempo del año 2003 al 2005.

$$m = 100 (n_0 - n_1) / t$$

En donde: n_0 = número de individuos al inicio de la medición; n_1 = número de individuos al final del período de medición y t = tiempo en años.

6. RESULTADOS Y DISCUSION

6.1 Abundancia y cambio en las variables de crecimiento

Como puede observarse en el cuadro 6 las quince parcelas que se levantaron en el área del bosque (622.6 has), permitieron la obtención de importante información del área de estudio distribuida en una amplia red; dado a que estas se establecieron en las áreas designadas “de protección” dentro del plan de manejo del bosque, según González C, (9), por reunir más de alguna de las características siguientes: presencia recursos hídricos, suelos susceptibles, fuertes pendientes, alta biodiversidad y la regeneración de Pinabete². Se determinó que dichas áreas de protección suman un total de 154.1 has. lo que significa 24.8% del área total del bosque comunal y un 32.9% del área cubierta con bosque; es importante describir también que estas áreas están distribuidas por toda la superficie del bosque, siguiendo un patrón homogéneo, (figura 4). Un aspecto importante es que esta distribución y asignación de áreas para protección, no se estableció solamente por las características biofísicas; sino además, se consideró la relación hombre-recursos naturales, que las mismas comunidades rurales e indígenas han propiciado. Esto les ha permitido el conservar sus áreas; de las que obtienen principalmente agua y en función a la producción de ese recurso, se les ha categorizado e incluido dentro de actividades propias de la conservación de los bosques.

En el cuadro 6, se presenta en forma resumida la información obtenida en las distintas parcelas.

² Según González C. (9) las áreas incluidas como “de protección” dentro del plan de manejo del bosque fueron priorizadas por poseer características de presencia de recursos hídricos, que son nacimientos de agua donde se beneficia la comunidad, suelos susceptibles a la erosión por tener altas pendientes, generalmente arriba del 50 %, alta biodiversidad basados estos datos en el inventario forestal realizado en el 2002, el cual esta incluido dentro del plan de manejo del bosque.

Cuadro 6 Resumen de información general tomadas en las parcelas de muestreo.

Parcela	Ubicación en coordenadas UTM.		Altura en msnm	Pendiente en %	Orientación de la pendiente	% Cobertura de Copas	Tipo de suelo	Intervención Humana
1	0654154	1663884	2980	52	NE-SW	75	Ar	Poca
2	0654454	1664172	3080	42	NE-SW	80	Li-Ar	Poca
3	0654154	1663884	3130	59	E-W	50	Ar	Poca
4	0654454	1664172	3115	70	NW-SE	30	Lim	Poca
5	0654154	1663884	3050	46	NE-SW	30	Arc	Moderada
6	0654154	1663884	3040	66	N-S	45	Lim	Poca
7	0653962	1664802	3030	47	NE-SW	55	Lim-Ar	Poca
8	0653839	1664504	2965	55	NW-SE	85	Arc	Poca
9	0653790	1665212	3150	70	NW-SE	40	Arc-Lim	Poca
10	0653579	1664776	3090	62	NW-SE	70	Arc-Lim	Poca
11	0654154	1663884	3070	63	N-S	90	Arc-Lim	Poca
12	0654154	1663884	3040	56	N-S	70	Arc	Poca
13	0652754	1663590	2980	56	N-S	78	Arc-Lim	Poca
14	0653346	1665104	3150	55	E-W	85	Arc-Lim	Nula
15	0652376	1665100	3030	67	E-W	85	Arc	Nula

La altura, el porcentaje de cobertura de copas, la pendiente y su orientación, hace referencia al lugar donde fue levantada y ubicada cada parcela para el muestreo. El grado de intervención humana, hace referencia al área del rodal donde se ubica la parcela, dentro del bosque; el que se estableció cualitativamente, de acuerdo a lo observado en el transcurso de los dos años de duración de la investigación; por la presencia de indicadores como brechas dentro del bosque, así como árboles lastimados o destruidos, residuos o restos de materiales exógenos.

6.1.1 Abundancia

Es importante mencionar que el área total de los rodales designados como “protección” suman un total de 154.1 has. y dado al tamaño de las parcelas y la sumatoria de todas sus áreas

da como resultado una intensidad de muestreo 0.19%. Según Sáenz (20) para monitorear regeneración en la categoría brinzales es aceptable una intensidad del 0.016%, y cuanto de mayor categoría son los individuos a registrar, mayor es la intensidad de muestreo; ya que para latizales la intensidad de muestreo va de 0.2 % en el caso de latizal bajo y para latizales altos la intensidad de muestreo es de 0.4%. La abundancia total para el pinabete en toda el área muestreada fue de 131 individuos, en estado de regeneración; sin embargo, según Matteucci (16), la abundancia debe expresarse con base o en relación a una hectárea, por lo tanto en el bosque de San Vicente Buenabaj, la abundancia absoluta para la especie al inicio del presente estudio fue de 440 individuos por hectárea, como lo muestra gráficamente la figura 5.

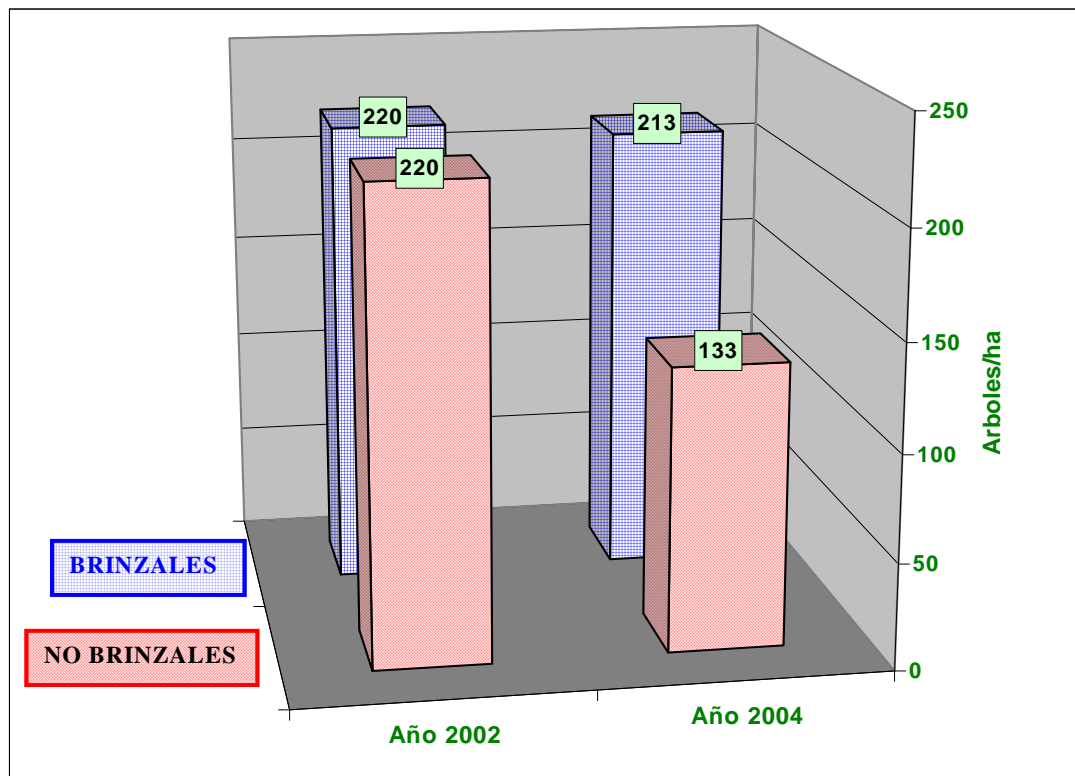


Figura 5 Abundancia de la especie por categoría

Es importante hacer notar que esta abundancia absoluta incluye todos los individuos en estado de regeneración; desde los no incluidos como brinzales (menores de 0.3 m de altura), hasta los que ya están incluidos en la clasificación.

La abundancia total en el área muestreada al inicio de la investigación para los individuos que no son incluidos en la categoría de brinzales (0.3 m a 1.49 m de altura), por no tener aun esas características, fue de 66 individuos en 0.3 has que fue la superficie total muestreada, y referida a hectárea se puede decir que para el bosque de San Vicente Buenabaj, en una superficie de una hectárea se puede encontrar una densidad de 220 individuos aún no clasificados como brinzales.

Para los individuos que entran en la clasificación de brinzales se encontró una abundancia de 64 árboles en 0.3 has muestreadas, sin embargo al expresarlos a una hectárea como unidad de superficie referida se puede determinar que en el bosque al inicio de la investigación se contó con 213 árboles por hectárea.

Dentro de la clasificación a nivel dimensional de la regeneración, se determina a los latizales bajos como individuos con alturas de 1.5 m y diámetros de 4.9 cms. y en las 0.3 ha muestreadas no se encontró ninguno que tuviera esas dimensiones.

La abundancia total en el área muestreada al final del estudio fue de 104 individuos, y referidos a hectárea, es de 346 individuos.

La abundancia total en el área muestreada al final de la investigación para los individuos que no son incluidos en la categoría de brinzales (menores de 0.3 m de altura), fue de 40 en 0.3 hectáreas, que referidas a una hectárea es de 133 individuos.

Al final de la investigación se determinó una abundancia de 62 individuos clasificados como brinzales, en una superficie de 0.3 ha. que para una hectárea presenta una abundancia de 206 individuos.

En relación a los resultados anteriores, aquellos individuos que no están categorizados como brinzales por ser mucho más pequeños y no tener las dimensiones de altura para clasificarlos como tal, presentaron una abundancia bastante mayor al inicio de la investigación, pero también presentaron una menor abundancia al final; comparada con los brinzales, cuya abundancia varió en menor intensidad; sin embargo para comprender de una manera integradora se calculó el porcentaje de mortalidad descrito más adelante.

6.1.2 Variables de crecimiento

Las variables de crecimiento determinadas para cada uno de los individuos en el estado de regeneración fueron el diámetro y la altura. En relación al diámetro, por tratarse de una medición de variables a la regeneración, los datos obtenidos presentan dimensiones muy pequeñas, mismas que se expresan en milímetros.

El crecimiento en ambas variables presentó un aumento muy pequeño en relación con el tamaño al inicio de la investigación; sin embargo, se tuvo un mayor incremento en la categoría de brinzales que en los individuos por debajo de ésta. Un comportamiento similar fue reportado por Sáenz, (19).

El cuadro 7 presenta de forma sintetizada como se presentó la dinámica en cuanto a las variables de crecimiento en la regeneración natural de la especie.

Cuadro 7 Cambio en las variables de crecimiento.

		Brinzales	NO Brinzales	TOTAL
AÑO 2002	Abundancia/Parcela	66	66	132
	Abundancia/Hectárea	220	220	440
AÑO 2004	Abundancia/Parcela	64	40	104
	Abundancia/Hectárea	213	133	336
Incremento en altura		17 cm/2 años	1.51 cm/ 2años	
Incremento en diámetro		0.36 cm/2 años	0.25 cm/ 2años	

Al inicio de la investigación la media de alturas para los brinzales fue de 0.98 m y al final 1.15 m, habiendo un incremento de 0.17 m como promedio en el crecimiento de los brinzales.

Para el caso de el diámetro al inicio de la investigación se registro un promedio de 20.4 milímetros, y al final tenían un promedio de 22 milímetros, presentando entonces un incremento de 1.6 milímetros.

En lo que respecta alturas en los individuos pequeños no clasificados como brinzales el promedio de altura al principio fue de 0.0292 m (29.2 milímetros) y al final de 0.0443 m (44.3 milímetros), con lo que presento un incremento de 0.0151 m (15.1 milímetros).

Las media en diámetros que presentaron estos individuos al principio del estudio fue de 4.64 milímetros y al final de el estudio presento una media de 4.58. Estos datos se explican por que fue en estos individuos donde estuvo el mayor porcentaje de mortalidad, por lo que al calcular el parámetro de la media al final del estudio había menos individuos y con presencia de aquellos con los diámetros más pequeños.

6.2 Mortalidad de la regeneración

A partir de la observación y comparaciones realizadas en el transcurso de la investigación; se pudo determinar que el porcentaje de mortalidad que se presentó en las parcelas varió desde un 7.69 % hasta un 66.66 %; para la regeneración total (brinzales y no brinzales). Al observar estos porcentajes se podría conjeturar conclusiones no acertadas; dado a que estos porcentajes de mortalidad toman en cuenta el total de la regeneración desde recién emergidos de la superficie del suelo hasta aquellos individuos de 1.49 metros de altura considerados como regeneración natural según el CEMAPIF (2). A continuación se presentan en el cuadro 8 los porcentajes de mortalidad para las diferentes parcelas.

El cuadro 8 presenta los porcentajes de mortalidad en cada parcela por categoría de regeneración natural; sin embargo para determinar la cantidad de recurso con la que se cuenta en el área se determinó el porcentaje de sobrevivencia por parcela y el cual se expresa en porcentaje de sobrevivencia total para toda el área en el cuadro 9.

En la figura 6 se puede apreciar de forma grafica el comportamiento de la sobrevivencia de la regeneración natural para la especie en el área de estudio, de acuerdo a las dos categorías evaluadas.

Cuadro 8 Porcentaje de mortalidad de cada parcela.

No. Parcela	% de mortalidad con latizales	% de mortalidad sin latizales
1	45.45	71.42
2	7.14	20
3	33.33	50
4	50	100
5	66.66	66.66
6	50	100
7	50	66.66
8	13.33	25
9	66.66	100
10	25	40
11	7.69	20
12	12.5	33.33
13	25	50
14	0	0
15	66.66	12.5

Cuadro 9 Porcentaje de Supervivencia por categoría.

	Brinzales	NO Brinzales	TOTAL
% De Supervivencia	96.97	60.61	78.79

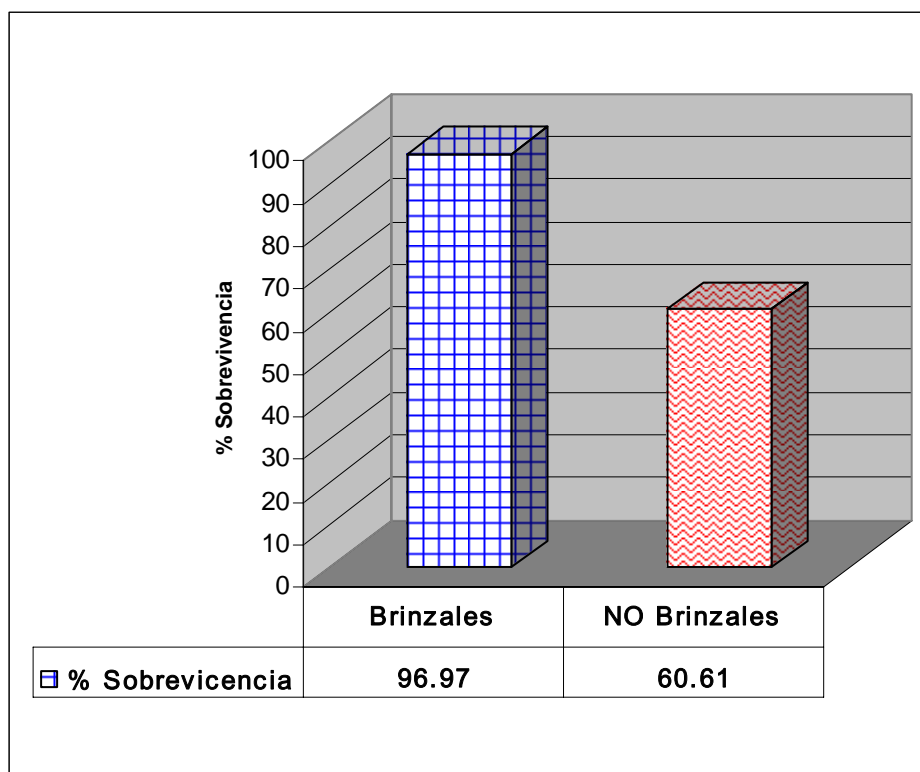


Figura 6 Porcentaje de sobrevivencia por categoría

Para explicar el comportamiento de los porcentajes de mortalidad descritos en el cuadro 8, es importante mencionar que la mayoría de clasificaciones hechas para la regeneración natural están dadas de la siguiente manera: Brinzal, Latizal bajo y Latizal alto, siendo caracterizados por que los latizales van de 0.30 m de altura hasta 1.5 m y se diferencian en bajo y alto dependiendo del diámetro que tengan así los que se clasifican en Latizales bajos poseen diámetros no mayores de 4.9 cm y los clasificados como latizales altos son individuos con diámetros de 4.9 hasta 9.9 cm de diámetro según el CEMAPIF (2). Sin embargo esta clasificación de la regeneración natural no incluye a aquellos individuos que no tengan dichas cualidades; es por ello que en este trabajo de investigación se tomó en cuenta individuos con diámetros y alturas mucho menores que los

mencionados por la clasificación citada. Dado a esto, es que se presentan dos porcentajes de mortalidad de la regeneración natural, tal y como se aprecia en el cuadro 7. Puede deducirse entonces que los porcentajes de mortalidad en la primera columna del cuadro no son muy alarmantes puesto que van de un 0% hasta un 66.66% de mortalidad, ya que aquí son tomados como regeneración natural los individuos de hasta 1.5 m de altura y puede asumirse que estos ya están establecidos y que en el período en el que se realizó el estudio, por ser muy corto no murieron a menos de que un factor extrínseco de alto impacto provocara su muerte.

Sin embargo, los porcentajes de mortalidad para la segunda columna, ponen en evidencia que en tres parcelas la totalidad de los individuos murieron y que en un 60% de las parcelas el porcentaje de mortalidad supera el 50 por ciento, lo cual pone de manifiesto el estado de alarma de extinción para la especie.

Por lo que la atención del presente estudio se enfoca en la mortalidad de la regeneración que no entra en los rangos de clasificación dictados por el CEMAPIF ni por otros textos de silvicultura, que consideran a la regeneración con las características ya mencionadas (Brinzales y Latizales).

Las parcelas donde se presentó el 100 por ciento de mortalidad poseen las características de altas pendientes, están arriba del 65%, el porcentaje de cobertura de copas es en el mejor de los casos de 45 % y la orientación de la pendiente lleva un patrón de norte a sur con la variante de Nor-Oeste hacia Sur-Este. La primera inferencia que se puede realizar es que la pendiente es un factor muy importante para que las plantas de regeneración natural se establezcan. Porque en las parcelas donde el porcentaje de mortalidad es del 100% se evidencia que este factor incide

directamente junto con las fuerzas de la gravedad a través del efecto de escorrentía del agua de lluvia por un lado; por el otro, en la época seca, existe menor disponibilidad de humedad que trae como consecuencia la muerte a la regeneración. Además, en estos lugares se tiene un porcentaje de cobertura de copas muy bajo.

La intensidad lumínica que llega a estas parcelas también es mayor, por que en el trayecto no encuentra vegetación que se lo impida, por lo que al encontrarse las semillas con suficiente radiación, germinan de una manera similar al que germinan en oscuridad, según lo indica Valdez; (24) en pruebas realizadas de luminosidad, sin embargo cuando esta ya ha germinado almacena pocas reservas en el endospermo y cotiledones, liberando rápidamente los cotiledones para que por medio de la fotosíntesis pueda estimular el desarrollo de la nueva plántula, que empieza con el desarrollo de cloroplastos y la síntesis de clorofila, Spurr y Barnes (23). En el caso del *Abies*, cuando aparecen los picos de actividad fotosintética de ocho a quince días después de emerger la radícula, al saber con precisión que los cotiledones son extremadamente importantes para el desarrollo de las plántulas durante las primeras semanas, de allí entonces que la intensidad de luz le favorece de cierta forma para la fotosíntesis, sin embargo es en este tiempo de establecimiento en donde es necesario, que exista un mayor porcentaje de cobertura de copas dado a que las heladas y daños físicos causados a las plántulas puede ser reducido o en menor intensidad y con ello aumentar la posibilidad de sobrevivencia.

La altura y diámetro de los individuos que se encontraban en las parcelas que presentan la tasa de mortalidad mayor siempre es menor con relación a los individuos de las otras parcelas, como lo demuestra la media tomada para estas variables en el cuadro 7.

Las parcelas uno, tres, cinco, siete y trece tienen porcentajes altos de mortalidad, ya que en estas parcelas se presenta un 66% en la tasa de mortalidad máxima y hay un 50 % de mortalidad como mínima y al analizar las características de estas parcelas son muy similares y parecidas a las anteriores por lo que la reducción significativa del porcentaje de mortalidad del 100 % hasta el 50 % para este grupo de parcelas es por una disminución significativa también en las condiciones del sitio propias de las parcelas por ejemplo una disminución significativa en el porcentaje de pendiente y un aumento en el porcentaje de cobertura de copas.

En relación a los suelos del área objeto de estudio, pertenecen al grupo de los suelos de las Montañas volcánicas; específicamente a la serie de suelos Totonicapán, los cuales se caracterizan por estar desarrollados sobre cenizas volcánicas, profundos y bien drenados, con un alto peligro de erosión y una fertilidad natural regular. Sus características físicas se resumen en el cuadro 10.

Cuadro 10 Resultados de suelos de las parcelas levantadas en el bosque.

No. Parcela	Color a. En seco b. En húmedo.	Dap.	Dr.	pH	NUTRIENTES				% M.O	TEXTURAS.
					PPM		Meq/100 g s			
					P	K	Ca	Mg		
1	10YR 2/2 Café muy oscuro.	1.01	1.5	6.5	1.91	28.0	3.75	0.78	13.36	Arena franca.
	10YR 2/1 Negro									
2	10YR 3/2 Café grisáceo muy oscuro	1.22	1.64	6.0	3.41	25.0	4.98	1.86	16.82	Franco Arenosa.
	10YR 2/1 Negro									
3	10YR 2/2 Café muy oscuro	0.86	1.47	6.2	1.91	75	9.21	2.05	16.73	Franca Arenosa
	10YR 2/1 Negro									
4	10YR 3/2 Café grisáceo muy oscuro	0.83	1.43	5.9	4.92	15	2.73	0.45	7.57	Franco Arenosa
	10YR 2/1 Negro									
5	10YR 3/2 Café grisáceo muy oscuro	1.06	2.01	6.1	4.98	52	8.34	0.60	20.23	Franco Arcilloso
	10YR 2/1 Negro									
6	10 YR 3/2 Café grisáceo muy oscuro	1.05	1.96	5.9	0.33	18	1.98	0.60	7.30	Franco Arcillo Limoso
	10YR 2/1 Negro									
7	10YR 3/2 Café grisáceo muy oscuro	1.14	2.12	6.4	0.33	25	3.24	0.87	9.27	Franco Arcilloso
	10YR 2/1 Negro									
8	10yr 2/2 Café muy oscuro	1.23	1.57	6.2	5.0	71	7.47	0.96	16.31	Franco Arcillo Limoso.
	10YR 2/1 Negro									
9	10YR 3/2 Café grisáceo muy oscuro	0.95	1.45	5.9	3.41	28	3.75	0.60	7.63	Franco Arenosa
	10YR 2/1 Negro									
10	10YR 3/2 Café grisáceo muy oscuro	1.26	1.89	6.0	7.92	40	9.48	1.77	10.28	Franco Arcillosa
	10YR 2/1 Negro									
11	10YR 3/2 Café grisáceo muy oscuro	1.08	1.94	6.5	1.91	60	12.48	1.68	15.8	Franco Arcillo Limosa
	10YR 2/1 Negro									
12	10YR 3/2 Café grisáceo muy oscuro	0.94	1.48	6.6	12.43	65	8.10	1.38	11.10	Franco Arcillo Limosa
	10YR 2/1 Negro									
13	10YR 2/2 Café muy oscuro	0.90	1.50	6.7	5.92	25	9.41	2.15	10.30	Franca Arenosa
14	10 YR 2/2 Café Muy oscuro	1.18	1.64	6.8	28.90	70	12.96	4.11	26.38	Franco Arcillo Limosa
	10 YR 2/1 Negro									
15	10 YR 2/2 Café Muy oscuro	1.01	1.76	6.5	28.93	50	9.84	2.28	15.29	Franco Arcillosa
	10 YR 2/1 Negro									

Se encontraron básicamente tres tipos de clases texturales predominantes, las cuales son franco arenoso, franco arcilloso, y también franco arcillo limoso en menor relación; los que son característicos de la región.

Los datos presentados en el cuadro 8 indica que las parcelas con texturas franco arcillosas; tienden a estar ubicadas en los lugares más altos mientras en las partes bajas donde por efecto de

las lluvias se depositan los materiales encontrándose las texturas franco arenosas, también influenciadas por las pendientes. Sin embargo las texturas se comportan obedeciendo al tipo de material original que ha dado origen a la región. El color del suelo, es otro aspecto que también tiene relación directa con el material original, como se sabe que la zona es de origen volcánico, es de esperar que la ceniza volcánica de color negro influyó en que por consiguiente todas las muestras presentan una coloración negra en húmedo (10YR 2/1), y en seco la coloración se mantuvo en café grisáceo muy oscuro (10YR 3/2) a café oscuro (10YR 3/3).

En cuanto al porcentaje de materia orgánica, los resultados son de mucha importancia, ya que este dato nos permite determinar de una mejor forma y darle una interpretación en cuanto a la disponibilidad de los nutrientes en las muestras analizadas, se encontró que todas las muestras superan el 7% y este es mayor al 5% considerado como bueno para un suelo de explotación agrícola. Los rangos de materia orgánica oscilan en 7.30% a 26.38%, puede indicarse entonces que la fertilidad natural de tipo orgánico y además una alta presencia de microorganismos, ya que al realizar un análisis mecánico en el lugar se puede establecer, un bajo porcentaje de arcilla encontrada. De esto se deduce que la materia orgánica proviene de la vegetación existente en el área y el suelo es joven y pobre. Sin embargo la existencia de la vegetación es producto de las condiciones atmosféricas, específicamente la lluvia y la humedad atmosférica; ya que el área se encuentra en las partes altas del altiplano occidental de la república, con alta nubosidad durante la mayor parte del año. Esto nos indica que el *Abies guatemalensis* Rehder se desarrolla bajo estas condiciones de relación suelo-atmósfera específicas.

Los suelos de la región pertenecen a la serie Totonicapán, los cuales presentan una fertilidad natural regular, lo cual se puede observar en el cuadro de resultados que posee esta característica dado a que la materia orgánica del lugar es la responsable de imprimirle esta característica a los suelo.

En relación a los datos de fósforo se puede decir que los mayores valores se encuentran en las parcelas tres, cuatro, cinco, doce, catorce y quince esto porque hace cuatro años ocurrió un incendio severo de los pastos y sotobosque de las áreas aledañas al bosque y como el viento sopla la mayor parte del año de norte a sur depositó en estas áreas aledañas cenizas que ayudo a que los niveles de fósforo sean mayores.

En tanto para el potasio y el calcio se comportan de una forma uniforme para el área de estudio, siendo este menor de 100 ppm en el caso del potasio y hasta un máximo de 9.84 miliequivalentes por cien gramos de suelo Para el calcio, encontrándose en niveles óptimos. El magnesio, como nutriente esencial para las plantas desde condiciones optimas hasta muy deficientes (menores de 3 meq). Las parcelas trece, catorce y quince son las que poseen mayores concentraciones de este elemento.

En forma general se puede decir que la disponibilidad de nutrientes para el área estudiada, manifiesta niveles inferiores a los deseables para un área bajo cultivo, pero ello no indica que sea un factor limitante para el desarrollo de la vegetación en general, por lo que en el área se encuentran muchas especies silvestres, sin embargo justamente en las parcelas en donde se encontraban los más bajos niveles de la disponibilidad de estos nutrientes la tasa de mortalidad fue mayor, lo que hace suponer que para el establecimiento del *Abies guatemalensis* es necesaria

por lo menos niveles mínimos de disponibilidad de los nutrientes y no niveles deficientes, dado a que como lo indica la revisión de literatura el *Abies* almacenan poca reservas de nutrientes en los cotiledones y en el endospermo los cuales utilizan en los primeros días de crecimiento (19). Es importante señalar que se han realizado pruebas en cuanto a efecto de sustratos para la germinación de *Abies* concluyendo que los diferentes sustratos no tienen ningún efecto en cuanto a la germinación, Valdez. (24) pero también es importante señalar que solo se ha tomado en cuenta la germinación, y se ha obviado el establecimiento y la disponibilidad de los elementos.

Para visualizar mejor la descripción anterior, se presenta el cuadro 11.

Cuadro 11 Resumen de medias de los resultados de suelos de las parcelas.

No. Parcela	Dap.	Dr.	pH	NUTRIENTES				% M.O
				PPM		Meq/100 g		
				P	K	Ca	Mg	
1 a la 15	1.048	1.69	6.28	7.48	43.13	7.18	1.476	13.62
4,6,9	0.94	1.61	5.9	2.88	20.33	2.82	0.55	7.5
1,3,5,7,13	0.99	1.72	6.38	3.01	41	6.79	1.29	13.97
2,8,10,11,12,14,15	1.13	1.70	6.37	12.64	54.42	9.33	2.00	15.99

Dap: Densidad aparente Dr: Densidad real pH: Acidez P: Fósforo Mg: Magnesio

K: Potasio Ca: Calcio M.O: Materia Orgánica

PPM: Partes por millón Meq: Miliequivalentes en 100 gramos de suelo.

Analizando la densidad aparente encontramos que en las parcelas 4,6,9 el suelo es menos compacto por lo que tiene una mayor aereabilidad, mayor capacidad de infiltración, menor compactación de las partículas por lo cual hay una mayor riesgo de erosión, en comparación de las demás parcelas; además su densidad influye grandemente en los nutrientes que contiene el suelo ya que hay un mayor lavado de nutrientes por lo que también encontramos que en estas parcelas se encuentran los mas bajos niveles de fósforo, potasio, calcio y magnesio, además los nutrientes disponibles para las plantas dependen también del pH del suelo ya que los nutrientes se encuentran mas disponibles cuando su pH es neutro (pH 7) por lo que también hay una mayor dificultad de disposición de nutrientes por que el pH de dichas parcelas es el mas bajo con 5.9.

La densidad aparente del suelo es una medida que nos demuestra como se encuentran las partículas en el suelo, por lo que dependiendo de esta es que decimos que tan compacto se encuentra el suelo.

Las parcelas con mayor densidad aparente, mayor compactación entre sus partículas son las parcelas 2, 8, 10, 11, 12, 14, 15, en donde los suelos tienen una mayor adhesión en sus partículas. Los suelos con alta densidad aparente nos indican un mayor grado de contenido de arcillas debido a esto los suelos son mas compactos. Encontramos mayor cantidad de suelo por volumen.

6.3 Análisis de los factores estudiados en la regeneración

Para determinar de mejor forma la incidencia de los factores tomados en cuenta para el estudio se realizaron análisis regresión lineal con el fin de determinar la ocurrencia de los mismos sobre la regeneración natural del pinabete, por separada para cada uno estableciéndose que la

pendiente, el grado de intervención humana y el tipo de suelo por separados no se relacionan con el porcentaje de sobrevivencia de la regeneración natural del pinabete.

Los factores que más incidieron en el porcentaje de sobrevivencia se encuentran el porcentaje de cobertura de copas, la concentración de calcio y magnesio en el suelo.

6.3.1 Relación del porcentaje cobertura de copas y la sobrevivencia

La sobrevivencia de la regeneración natural del pinabete responde a la cobertura de copas de la manera que muestra la figura 7.

$$\% SB = 1.3164 X (\%CC) - 35.323$$

$$r = 0.84$$

Donde:

%S = Porcentaje de sobrevivencia

%CC = Porcentaje de Cobertura de Copas

r = Coeficiente de determinación

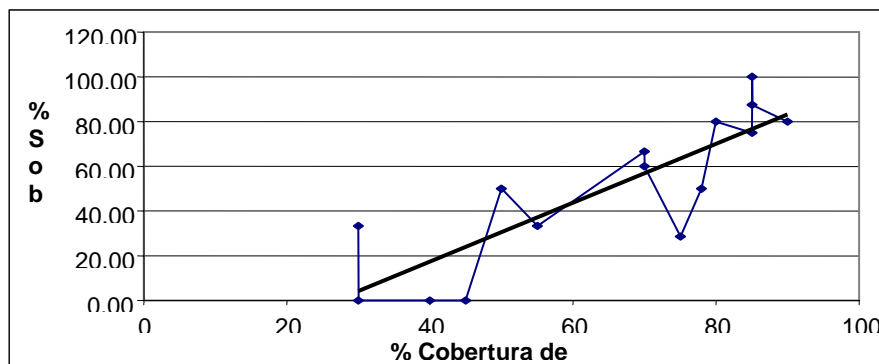


Figura 7 Relación porcentajes cobertura de copas y sobrevivencia

6.3.2 Relación de la concentración de calcio y la sobrevivencia

La sobrevivencia de la regeneración natural del pinabete responde a la concentración del calcio en el suelo de la manera presentada en la figura 8.

$$\% \text{ SB} = 7.3943 \times (\text{Ca meq}/100\text{g suelo}) - 3.474$$

$$r = 0.80$$

Donde:

%S = Porcentaje de sobrevivencia

%CC = Porcentaje de Cobertura de Copas

r = Coeficiente de determinación

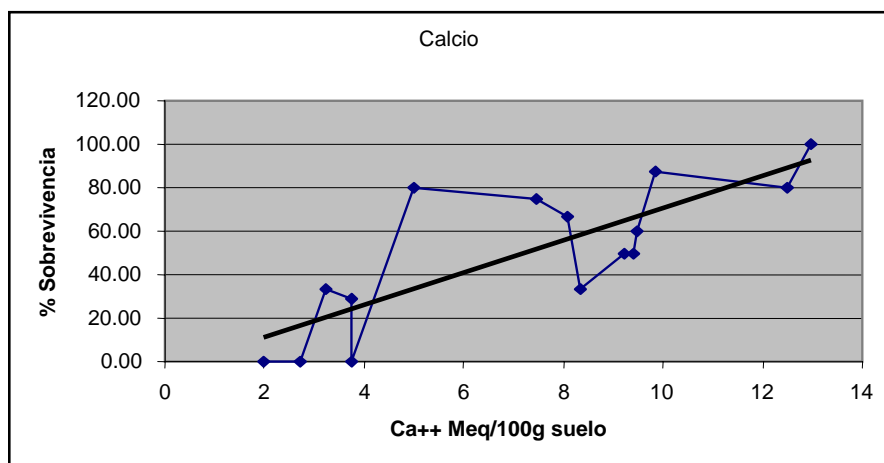


Figura 8 Relación concentración calcio y sobrevivencia

Probablemente el calcio contribuye a reducir la mortalidad puesto que la principal función del calcio es estructural como pectatos de calcio en las láminas medias de la pared celular, confiriéndole a la planta rigidez y sostén, lo cual permite su sobrevivencia ante factores externos.

6.3.3 Relación de la concentración de magnesio y la sobrevivencia

La sobrevivencia de la regeneración natural del pinabete responde a la concentración del calcio en el suelo de la siguiente manera presentada en la figura 9.

$$\% SB = 7.3943 X (\text{Ca meq}/100\text{g suelo}) - 3.474$$

$$r = 0.80$$

Donde:

%S = Porcentaje de sobrevivencia

%CC = Porcentaje de Cobertura de Copas

r = Coeficiente de determinación

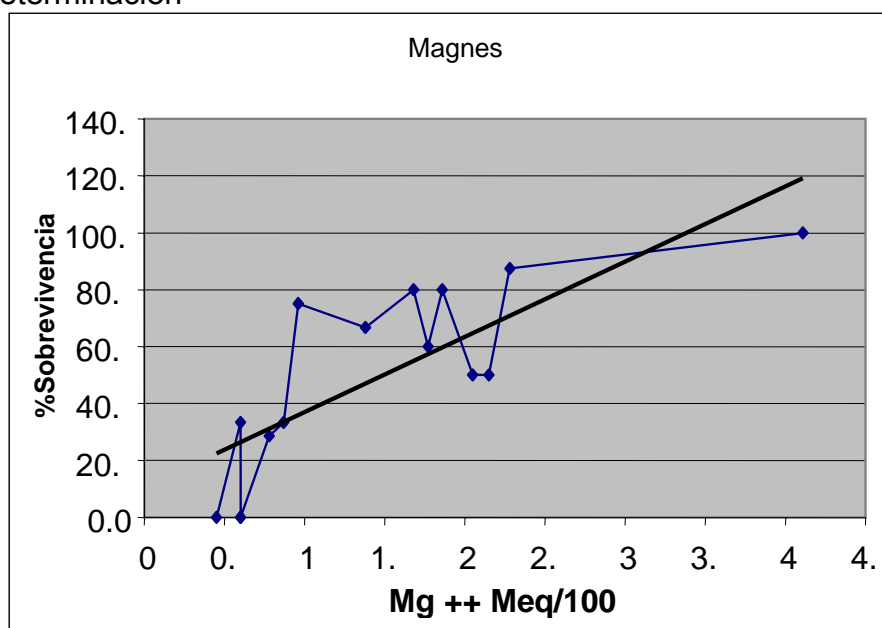


Figura 9 Relación concentración magnesio y sobrevivencia

Probablemente contribuye a aumentar el porcentaje de sobrevivencia, puesto que es el componente principal de la molécula de clorofila y por lo tanto contribuye en la formación de fotosintatos primarios los cuales son necesarios para el crecimiento y desarrollo de la planta. Al igual que el calcio cuanto mayor sea la planta mayor es su concentración y mejor las funciones desarrolladas en las plantas.

6.3.4 Relación múltiple de los factores y la sobrevivencia

Para establecer como afectan los factores evaluados en conjunto a la sobrevivencia del pinabete se realizo un análisis múltiple de las variables determinándose que el porcentaje de sobrevivencia es afectado directamente por los factores siguientes de la siguiente relación:

$$\text{SBNB} = -28.75 \text{ pH} + 1.07 \text{ P} + 4.23\text{Ca} - 1.17\text{PD} + 0.88\text{CC} + 201.32$$

En donde:

SBNB: % Sobrevivencia de No Brinzales

pH: pH del suelo

P: Concentración de fósforo

Ca: Concentración de Calcio

PD: Porcentaje de la Pendiente

CC: Cobertura de Copas

Dado a que los porcentajes de sobrevivencia para la categoría de brinzales, no fueron variables, la regresión lineal fue no significativa en cuanto a la correlación de los factores (variables) con el porcentaje de sobrevivencia.

6.4 Análisis para posible propuesta de manejo

En el mundo, el ambiente no es constante, y los recursos son limitados, Según Smith (17). Tal y como aumenta la densidad entre una población, la competencia entre los miembros de la población por los recursos disponibles también aumenta; con los recursos mermados y una distribución desigual de los mismos la mortalidad se incrementa, la fecundidad disminuye u ocurren las dos cosas. De acuerdo a esta visión globalizada de la dinámica en el establecimiento poblacional normalmente pensamos que la extinción de una especie tiene lugar de manera simultánea sobre el rango de distribución de dicha especie. En realidad normalmente esta

empieza con extinciones locales aisladas cuando las condiciones locales se deterioran o el hábitat desaparece. La parte más importante de la extinción local es la destrucción del hábitat o su alteración, que es un fenómeno local.

Tomando en cuenta lo anterior y en base a el estudio llevado a cabo durante dos años a nivel de micro sitios en cuanto al establecimiento de la regeneración natural de *Abies* es factible realizar una propuesta de manejo sostenible basada en los datos aquí recabados.

La abundancia de la regeneración natural del pinabete (346 plantas/ha) es de suma importancia para el ecosistema, puesto que esta regeneración se puede aprovechar para reforestar 2,163 m², es decir que para reforestar una hectárea de pinabete se necesitaría las plantas que se regeneran naturalmente en una extensión de 4.62 hectáreas

El porcentaje de cobertura de copas incide positivamente en la sobrevivencia del pinabete regenerado naturalmente, de tal forma que lo más apropiado es tener un porcentaje de cobertura de copas entre 80 y 85 por ciento.

La condición silvicultural de partida del bosque se puede considerar favorable para la implementación de un plan de manejo con fines de conservación, debido a la dinámica de la regeneración que se esta llevando a cabo en él. Sin embargo como se ha observado el mantener a la especie en función de conservación, no elimina la presión que existe sobre esta por la población, y su inminente deterioro y camino a la extinción; por lo que establecer un manejo integral al estado de la regeneración presente en el bosque daría un mantenimiento de la especie en el tiempo, un posible aprovechamiento y una sostenibilidad del ecosistema del pinabete.

Se puede entonces mencionar las siguientes actividades a realizar con la regeneración natural del pinabete.

La abundancia al final de la regeneración en el estado de brinzales es de 206 individuos por hectárea y el porcentaje medio de mortalidad de la regeneración tomando en cuenta a los brinzales es de 34.62%, indica que estos se han establecido de una mejor manera por lo que se puede aplicar en estos es identificar aquellos individuos que están en desventaja en comparación con los demás, o se encuentren en lugares muy desfavorables para poder ser traspasados a otro lugar con mejores condiciones dentro del bosque.

En el caso de la regeneración clasificada por debajo de brinzales la propuesta es más trabajosa y complicada por que se recomienda monitorearlos y trasladar aquellos individuos que a nivel de micrositio estén en condiciones desfavorables, como ejemplo altas pendientes, plantas que se constituyan en competencia para estos bajos porcentajes de copas entre otros y sacarlos del lugar y llevarlos a un lugar mejor.

Aumentar el área efectiva del bosque a áreas desprovistas de cubierta vegetal e introducir artificialmente en estas los individuos que se estén manejando de las áreas del bosque donde la tasa de mortalidad es alta. Esto a la vez, facilitará el aumento del área con cobertura boscosa y con presencia de pinabete.

Regular el tipo y número de las actividades humanas que se realicen dentro de este bosque, para con ello contribuir a un buen manejo de la regeneración.

Implementar áreas dentro del bosque que alberguen a la regeneración que pueda ser extraída del bosque y donde se le den las condiciones necesarias para que esta presente dimensiones adecuadas para su futura plantación.

Si bien en estos momentos el estado de la regeneración natural solo pudo ser caracterizado y presenta una condición de inestabilidad ecológica, su permanencia en el tiempo puede ser mantenida a través de estrategias de manejo poco costosas, y que a través de su implementación se innoven nuevas metodologías que promuevan una sostenibilidad en su ecosistema. Que merece realizarse los esfuerzos necesarios para conservarla.

7. CONCLUSIONES

- 7.1** La abundancia de regeneración natural del pinabete en el bosque comunal de la aldea San Vicente Buenabaj, Momostenango es de 346 plantas por hectárea, con una tasa de crecimiento de altura de 15.91cm y 1.51 cm y de diámetro de 0.36 y 0.25 cm cada 2 años para las plantas Brinzales y No Brinzales respectivamente
- 7.2** La sobrevivencia del pinabete en plantas Brinzales fue de 96.97 % y en plantas No Brinzales de 60.61 %.
- 7.3** Los factores que inciden en la sobrevivencia del pinabete en orden de importancia son: el porcentaje de cobertura de copas y disponibilidad de los nutrientes del suelo calcio y magnesio, y según el análisis de correlación múltiple el pH y la pendiente influyen de manera negativa sobre el porcentaje de sobrevivencia.
- 7.4** En un plan de manejo de regeneración natural de pinabete deben tomarse en cuenta los factores que inciden directamente en el porcentaje de sobrevivencia como son: manejar un porcentaje de cobertura de copas entre 80 a 85 %, y que los niveles de Ca^{++} y Mg se encuentre alrededor de 10 y 2.5 Meq/100 gramos de suelo.

8. RECOMENDACIONES

- 8.1 Se recomienda aprovechar la abundancia de regeneración natural del pinabete (346 plantas / hectárea), como un recurso para extender las áreas del bosque y de esta forma mitigar el peligro de extinción al que esta sujeta esta especie.
- 8.2 Para aumentar la tasa de regeneración natural actual del pinabete es necesario considerar en el plan de manejo los factores que afectan a la misma como son: % cobertura de copas y la disponibilidad de los nutrientes Ca^{++} y Mg^{++} .
- 8.3 Se recomienda realizar un plan de manejo para la regeneración natural que tome en cuenta el monitoreo de la regeneración en los lugares donde esta se lleva a cabo, así como la implementación de actividades de salvamento de individuos que se encuentran en condiciones desfavorables para su establecimiento, a vivero o a un sitio que le provea mejores condiciones
- 8.4 Dado a que esta es una investigación pionera en el ámbito, se recomienda que se realicen más investigaciones en cuanto a estudios de regeneración natural, tanto para esta especie como para tantas otras que conforman la riqueza florística del país, y que por falta de conocimiento y desinterés se han degradado o incluso extinguido.

8.5 Proponer al bosque comunal de la aldea San Vicente Buenabaj Momostenango Totonicapán, como “Centro nacional de Conservación del *Abies guatemalensis* R.” en base a los datos reflejados en este estudio.

9. BIBLIOGRAFÍA

1. Bribiescas, P; García, M. 1979. Determinación del volúmen optimo en bosques de *Abies religiosa* H.B.K. *Agrociencia* 37:77-94.
2. CEMAPIF (Centro de Manejo y Producción de la Industria Forestal, HN). 1997. Curso de establecimiento y manejo de la regeneración natural. La Esperanza, Honduras. 90 p.
3. CONAP (Consejo Nacional de Áreas Protegidas, GT) / INAB (Instituto Nacional de Bosques, GT). 1999. Diagnostico de las poblaciones naturales de pinabete (*Abies guatemalensis* R.) en Guatemala. Guatemala. 59 p. (Documento no. 11).
4. Cruz S, JR De la. 1982. Clasificación de zonas de vida de Guatemala a nivel de reconocimiento. Guatemala, INAFOR. 42 p.
5. Daubenmire, RF. 1990. Ecología vegetal. México, Limusa. 496 p.
6. Díaz Velázquez, A. 1993. Estudio de la reducción del bosque de pinabete (*Abies guatemalensis* Rehder), y sus condiciones microclimáticas de germinación *in situ* en Palestina de los Altos, Quetzaltenango. Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC. 108 p.
7. Farb, P. 1971. El bosque. México, Ofset Multicolor. 192 p.
8. Ferreira, RO. 1990. Manual de inventarios forestales. Honduras, ESNACIFOR / COHDEFOR. 98 p.
9. González Castañón, GA. 2003. Plan de manejo forestal del bosque comunal (Cerro Tena), aldea San Vicente Buenabaj, Momostenango, Totonicapán. EPSA Investigación Inferencial. Guatemala, USAC, Facultad de Agronomía. 71 p.
10. González Martínez, JF. 1979. Caracterización ecológica de las comunidades de pinabete (*Abies guatemalensis* Rehder) en Guatemala. Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC. 79 p.

11. GREENPEACE, GT. 1999. Los bosques de Totonicapán. Guatemala. 40 p.
12. Holdridge, LR. 1953. Curso de ecología vegetal. San José, Costa Rica, IICA. 39 p.
13. IGN (Instituto Geográfico Nacional, GT). 1965. Mapa topográfico: hoja Comitancillo, no. 1861 II. Guatemala. Esc. 1:50,000. Color.
14. IGN (Instituto Geográfico Nacional, GT). 1980. Mapa de regiones fisiográficas. Guatemala. Esc. 1:1,000,000.
15. Martínez Mata, MF. 1968. Terminología forestal. Madrid, España, Ministerio de Agricultura, Instituto Forestal de Investigaciones y Experiencias. 395 p.
16. Matteucci, SD; Colma, E. 1982. Metodología para el estudio de la vegetación. Ed. por EV Chesnau. Washinton DC, US, OEA. 168 p. (Serie Biológica, Monografía no. 22).
17. PROCAFOR, GT. 1997. Manual de guías, tablas y curvas para la realización de inventarios forestales en planes de manejo forestal y planes operativos: recopilado por Luis Fernando Pereira. Guatemala, INAB. 40 p.
18. Robin, A; Grace, S. 1992. Manejo forestal basado en la regeneración natural del bosque: estudio de caso en los robledales de altura de la cordillera de Talamanca, Costa Rica. Costa Rica, CATIE. 47 p. (Informe Técnico no. 200, Colección Silvicultura y Manejo de Bosques Naturales).
19. Sáenz, GP. Alvarez, M. 1998. Crecimiento y mortalidad en juveniles de siete especies arbóreas en un bosque muy húmedo tropical intervenido de Costa Rica. Costa Rica, CATIE. 178 p.

20. Sáenz, GP; Bryan, F. 2000. Monitoreo de la regeneración natural con fines de manejo forestal. Costa Rica, CATIE, Unidad de Manejo de Bosques Naturales. 25 p. (Serie Manejo Forestal Tropical).
21. Simmons, CS; Tarano, JM; Pinto, JH. 1959. Clasificación de reconocimiento de los suelos de la república de Guatemala. Trad. por Pedro Tirado Sulsona. Guatemala, José de Pineda Ibarra. p. 160-171.
22. Smith, RL; Smith, TM. 2001. Ecología. Madrid, España, Pearson Educación. 664 p.
23. Spurr, SH; Barnes, BV. 1982. Ecología forestal. Trad. por Carlos Luis Raigorodsky Z. México, Universidad de Guanajuato. 690 p.
24. Valdez Orellana, SP. 1999. Efecto de la temperatura, radiación, y reguladores de crecimiento en la germinación de la semilla de pinabete (*Abies guatemalensis* Rehder). Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC. 93 p.
25. Vicente Vicente, C. 2002. Reconocimiento del plan de manejo forestal, para el bosque comunal (entrevista). San Vicente Buenabaj, Momostenango, Totonicapán, Guatemala, Asociación parcialidad de Vicentes (Presidente).

10. APÉNDICES

APÉNDICE 1. DATOS PARA LA ENTRADA DE SAS PARA LA REGRESIÓN MÚLTIPLE DE LA SOBREVIVENCIA DE PINABETES NO BRINZALES

```

title 'REGRESSION SCORING EXAMPLE';
data nonbriz;
  input Dap Dr pH P K Ca Mg Mo Pd CC SBNB;
  cards;
1.01      1.5      6.5      1.91      28      3.75      0.78      13.36      52      75      28.57
1.22      1.64      6      3.41      25      4.98      1.86      16.82      42      80      80.00
0.86      1.47      6.2      1.91      75      9.21      2.05      16.73      59      50      50.00
0.83      1.43      5.9      4.92      15      2.73      0.45      7.57      70      30      0.00
1.06      2.01      6.1      4.98      52      8.34      0.6      20.23      46      30      33.33
1.05      1.96      5.9      0.33      18      1.98      0.6      7.3      66      45      0.00
1.14      2.12      6.4      0.33      25      3.24      0.87      9.27      47      55      33.33
1.23      1.57      6.2      5      71      7.47      0.96      16.31      55      85      75.00
0.95      1.45      5.9      3.41      28      3.75      0.6      7.63      70      40      0.00
1.26      1.89      6      7.92      40      9.48      1.77      10.28      62      70      60.00
1.08      1.94      6.5      1.91      60      12.48      1.68      15.8      63      90      80.00
0.94      1.48      6.6      12.43      65      8.1      1.38      11.1      56      70      66.67
0.9      1.5      6.7      5.92      25      9.41      2.15      10.3      56      78      50.00
1.18      1.64      6.8      28.9      70      12.96      4.11      26.38      55      85      100.00
1.01      1.76      6.5      28.93      50      9.84      2.28      15.29      67      85      87.50
run;

proc reg data=nonbriz outest=regout;
  SBNBhat: model SBNB=Dap Dr pH P K Ca Mg Mo Pd CC/selection=maxr;
run;

```

APÉNDICE 2. SALIDA DE SAS PARA ENCONTRAR LA REGRESIÓN MÚLTIPLE DE MAYOR COEFICIENTE DE DETERMINACIÓN QUE EXPLIQUE EL PORCENTAJE DE SOBREVIVENCIA DE PINABETE NO BRINZALES

'REGRESSION SCORING EXAMPLE'

1
12:23 Monday, October 12, 1998

	Maximum R-square	Improvement for Dependent Variable SBNB			
Step 1	Variable CC Entered	R-square = 0.70192124		C(p) = 50.26990041	
	DF	Sum of Squares	Mean Square	F	Prob>F
	Regression 1	10684.69483773	10684.69483773	30.61	0.0001
	Error 13	4537.37609560	349.02893043		
	Total 14	15222.07093333			

	Parameter	Standard	Type II		
Variable	Estimate	Error	Sum of Squares	F	Prob>F
INTERCEP	-35.32517354	16.09393971	1681.53261167	4.82	0.0469
CC	1.31640248	0.23792405	10684.69483773	30.61	0.0001

Bounds on condition number: 1, 1

The above model is the best 1-variable model found.

	Maximum R-square	Improvement for Dependent Variable SBNB			
Step 2	Variable MO Entered	R-square = 0.86611584		C(p) = 18.51980366	
	DF	Sum of Squares	Mean Square	F	Prob>F
	Regression 2	13184.07677199	6592.03838599	38.81	0.0001
	Error 12	2037.99416134	169.83284678		
	Total 14	15222.07093333			

	Parameter	Standard	Type II		
Variable	Estimate	Error	Sum of Squares	F	Prob>F
INTERCEP	-54.63160730	12.30287615	3348.85497966	19.72	0.0008
MO	2.71875073	0.70870243	2499.38193425	14.72	0.0024
CC	1.04157337	0.18076770	5638.45056749	33.20	0.0001

Bounds on condition number: 1.186328, 4.745311

The above model is the best 2-variable model found.

	Maximum R-square	Improvement for Dependent Variable SBNB			
Step 3	Variable CA Entered	R-square = 0.89783101		C(p) = 14.00076993	
	DF	Sum of Squares	Mean Square	F	Prob>F
	Regression 3	13666.84739272	4555.61579757	32.22	0.0001
	Error 11	1555.22354062	141.38395824		
	Total 14	15222.07093333			

	Parameter	Standard	Type II		
Variable	Estimate	Error	Sum of Squares	F	Prob>F
INTERCEP	-50.71435697	11.42366130	2786.45058750	19.71	0.0010
CA	2.50859933	1.35756600	482.77062073	3.41	0.0917
MO	1.84404130	0.80137183	748.64043428	5.30	0.0420

'REGRESSION SCORING EXAMPLE'

2
12:23 Monday, October 12, 1998

	Parameter	Standard	Type II		
Variable	Estimate	Error	Sum of Squares	F	Prob>F
CC	0.88638669	0.18508407	3242.71286150	22.94	0.0006

Bounds on condition number: 2.293823, 16.82941

The above model is the best 3-variable model found.

Step 4 Variable PD Entered R-square = 0.90574171 C(p) = 14.37473068

	DF	Sum of Squares	Mean Square	F	Prob>F
Regression	4	13787.26462161	3446.81615540	24.02	0.0001
Error	10	1434.80631172	143.48063117		
Total	14	15222.07093333			

Variable	Parameter Estimate	Standard Error	Type II Sum of Squares	F	Prob>F
INTERCEP	-20.40767631	35.02639989	48.70677667	0.34	0.5730
CA	3.18027819	1.55173373	602.68321706	4.20	0.0676
MO	1.29873999	1.00300833	240.56288549	1.68	0.2245
PD	-0.42972431	0.46907495	120.41722889	0.84	0.3812
CC	0.84158402	0.19275853	2735.02333194	19.06	0.0014

Bounds on condition number: 2.953107, 35.93306

Step 5 Variable MO Removed R-square = 0.92308966 C(p) = 10.80887082
Variable P Entered

	DF	Sum of Squares	Mean Square	F	Prob>F
Regression	4	14051.33632965	3512.83408241	30.01	0.0001
Error	10	1170.73460369	117.07346037		
Total	14	15222.07093333			

Variable	Parameter Estimate	Standard Error	Type II Sum of Squares	F	Prob>F
INTERCEP	25.79349772	24.51277670	129.62653556	1.11	0.3174
P	0.81794950	0.39397368	504.63459352	4.31	0.0646
CA	3.61667982	1.10517292	1253.77068414	10.71	0.0084
PD	-0.96633409	0.35143330	885.17112388	7.56	0.0205
CC	0.73654132	0.17580308	2054.94263836	17.55	0.0019

Bounds on condition number: 1.835862, 24.64341

The above model is the best 4-variable model found.

'REGRESSION SCORING EXAMPLE'

3

12:23 Monday, October 12, 1998

Step 6 Variable PH Entered R-square = 0.95453514 C(p) = 6.34527287

	DF	Sum of Squares	Mean Square	F	Prob>F
Regression	5	14530.00162293	2906.00032459	37.79	0.0001
Error	9	692.06931040	76.89659004		
Total	14	15222.07093333			

Variable	Parameter Estimate	Standard Error	Type II Sum of Squares	F	Prob>F
INTERCEP	201.62146577	73.22005619	583.06973755	7.58	0.0223
PH	-28.65728946	11.48610234	478.66529328	6.22	0.0341
P	1.07040464	0.33494431	785.34023686	10.21	0.0109
CA	4.23142404	0.92895607	1595.47436310	20.75	0.0014
PD	-1.17326949	0.29664882	1202.86637565	15.64	0.0033
CC	0.88814768	0.15489568	2528.12681294	32.88	0.0003

SBNB = -28.62Ph + 1.07 P + 4.23Ca - 1.17PD + 0.88CC + 201.32

Bounds on condition number: 2.305885, 45.77597

The above model is the best 5-variable model found.

Step 7 Variable K Entered R-square = 0.96682057 C(p) = 5.82001081

	DF	Sum of Squares	Mean Square	F	Prob>F
Regression	6	14717.01129040	2452.83521507	38.85	0.0001
Error	8	505.05964293	63.13245537		
Total	14	15222.07093333			

Variable	Parameter Estimate	Standard Error	Type II Sum of Squares	F	Prob>F
INTERCEP	187.86412125	66.82398095	498.97143271	7.90	0.0228
PH	-27.65768578	10.42367065	444.47055492	7.04	0.0291
P	1.05722867	0.30358725	765.63802203	12.13	0.0083
K	0.26567051	0.15436103	187.00966747	2.96	0.1235
CA	2.93123659	1.13101018	424.05422814	6.72	0.0320
PD	-1.10502638	0.27170026	1044.28218767	16.54	0.0036
CC	0.91164439	0.14101232	2638.69671502	41.80	0.0002

Bounds on condition number: 3.565483, 79.01269

The above model is the best 6-variable model found.

Step 8 Variable DAP Entered R-square = 0.96986554 C(p) = 7.19411811

	DF	Sum of Squares	Mean Square	F	Prob>F
Regression	7	14763.36211763	2109.05173109	32.18	0.0001
Error	7	458.70881571	65.52983082		
Total	14	15222.07093333			

REGRESSION SCORING EXAMPLE

12:23 Monday, October 12, 1998 4

Variable	Parameter Estimate	Standard Error	Type II Sum of Squares	F	Prob>F
INTERCEP	265.35786930	114.56506800	351.55927074	5.36	0.0537
DAP	-22.25512063	26.46188218	46.35082722	0.71	0.4281
PH	-35.81624112	14.38342335	406.32592257	6.20	0.0416
P	1.14324438	0.32576864	807.04667130	12.32	0.0099
K	0.26098154	0.15736335	180.24011293	2.75	0.1412
CA	3.04556084	1.16027478	451.49391229	6.89	0.0342
PD	-1.29499710	0.35727579	860.93322452	13.14	0.0085
CC	1.01656357	0.19026952	1870.55148194	28.55	0.0011

Bounds on condition number: 4.243114, 143.1245

The above model is the best 7-variable model found.

Step 9 Variable DR Entered R-square = 0.97484243 C(p) = 8.17112174

	DF	Sum of Squares	Mean Square	F	Prob>F
Regression	8	14839.12067510	1854.89008439	29.06	0.0003
Error	6	382.95025824	63.82504304		
Total	14	15222.07093333			

Variable	Parameter Estimate	Standard Error	Type II Sum of Squares	F	Prob>F
INTERCEP	311.52460231	120.74490290	424.85252500	6.66	0.0418
DAP	-49.90112615	36.41322485	119.86531308	1.88	0.2196
DR	15.04967345	13.81359715	75.75855747	1.19	0.3178

PH	-43.27689342	15.76052846	481.24000300	7.54	0.0335
P	1.26475501	0.34029896	881.62254265	13.81	0.0099
K	0.31700304	0.16359414	239.65279141	3.75	0.1008
CA	2.63544130	1.20537049	305.11018287	4.78	0.0714
PD	-1.39758357	0.36495406	935.98803975	14.66	0.0087
CC	1.16776737	0.23349933	1596.36623091	25.01	0.0024

Bounds on condition number: 5.476946, 234.4577

The above model is the best 8-variable model found.

Step10 Variable MG Entered R-square = 0.97714474 C(p) = 9.69788441

	DF	Sum of Squares	Mean Square	F	Prob>F
Regression	9	14874.16652513	1652.68516946	23.75	0.0014
Error	5	347.90440821	69.58088164		
Total	14	15222.07093333			

Variable	Parameter Estimate	Standard Error	Type II Sum of Squares	F	Prob>F
INTERCEP	314.00185026	126.12018769	431.30562761	6.20	0.0552

'REGRESSION SCORING EXAMPLE'

12:23 Monday, October 12, 1998

DAP	-54.50688553	38.56959317	138.96407673	2.00	0.2167
DR	18.46765249	15.20586637	102.63393390	1.48	0.2788
PH	-44.48149536	16.54314986	503.05130122	7.23	0.0434
P	1.12344993	0.40729587	529.39199375	7.61	0.0399
K	0.35946644	0.18098777	274.47840315	3.94	0.1038
CA	1.99451021	1.54904554	115.35437875	1.66	0.2543
MG	3.55506622	5.00926907	35.04585003	0.50	0.5096
PD	-1.35261893	0.38628622	853.14416727	12.26	0.0173
CC	1.16963922	0.24381502	1601.30062749	23.01	0.0049

Bounds on condition number: 6.068432, 338.7793

The above model is the best 9-variable model found.

Step11 Variable MO Entered R-square = 0.98053995 C(p) = 11.00000000

	DF	Sum of Squares	Mean Square	F	Prob>F
Regression	10	14925.84873841	1492.58487384	20.15	0.0054
Error	4	296.22219492	74.05554873		
Total	14	15222.07093333			

Variable	Parameter Estimate	Standard Error	Type II Sum of Squares	F	Prob>F
INTERCEP	348.89743669	136.65308436	482.74111012	6.52	0.0631
DAP	-53.20909192	39.82076891	132.22391600	1.79	0.2524
DR	17.90099234	15.70184295	96.25217664	1.30	0.3179
PH	-47.08154852	17.34826793	545.43981862	7.37	0.0533
P	1.25010613	0.44670396	579.97832451	7.83	0.0489
K	0.43109038	0.20546017	326.01604959	4.40	0.1039
CA	2.26761971	1.63117514	143.11885833	1.93	0.2368
MG	4.72720767	5.35491837	57.71135303	0.78	0.4272
MO	-0.80634873	0.96523076	51.68221329	0.70	0.4505
PD	-1.59371893	0.49204318	776.91703363	10.49	0.0317
CC	1.14187387	0.25371893	1499.98918718	20.25	0.0108

Bounds on condition number: 6.322395, 457.5543

The above model is the best 10-variable model found.

No further improvement in R-square is possible.

APÉNDICE 3. DATOS PARA LA ENTRADA DE SAS PARA LA REGRESIÓN MÚLTIPLE DE LA SOBREVIVENCIA DE PINABETES BRINZALES

```

title 'REGRESSION SCORING EXAMPLE';
data brinz;
  input Dap Dr pH P K Ca Mg Mo Pd CC SBB;
  cards;
1.01      1.5      6.5      1.91      28      3.75      0.78      13.36      52      75      100.00
1.22      1.64      6      3.41      25      4.98      1.86      16.82      42      80      100.00
0.86      1.47      6.2      1.91      75      9.21      2.05      16.73      59      50      100.00
0.83      1.43      5.9      4.92      15      2.73      0.45      7.57      70      30      100.00
1.05      1.96      5.9      0.33      18      1.98      0.6      7.3      66      45      100.00
1.14      2.12      6.4      0.33      25      3.24      0.87      9.27      47      55      66.67
1.23      1.57      6.2      5      71      7.47      0.96      16.31      55      85      100.00
0.95      1.45      5.9      3.41      28      3.75      0.6      7.63      70      40      50.00
1.26      1.89      6      7.92      40      9.48      1.77      10.28      62      70      100.00
1.08      1.94      6.5      1.91      60      12.48      1.68      15.8      63      90      100.00
0.94      1.48      6.6      12.43      65      8.1      1.38      11.1      56      70      100.00
0.9      1.5      6.7      5.92      25      9.41      2.15      10.3      56      78      100.00
1.18      1.64      6.8      28.9      70      12.96      4.11      26.38      55      85      100.00
1.01      1.76      6.5      28.93      50      9.84      2.28      15.29      67      85      100.00
run;
proc reg data=brinz outest=regout;
  SBNBhat: model SBB=Dap Dr pH P K Ca Mg Mo Pd CC/selection=maxr;
run;

```

APÉNDICE 4 SALIDA DE SAS PARA ENCONTRAR LA REGRESIÓN MÚLTIPLE DE MAYOR COEFICIENTE DE DETERMINACIÓN QUE EXPLIQUE EL PORCENTAJE DE SOBREVIVENCIA DE PINABETE BRINZALES

'REGRESSION SCORING EXAMPLE'

1

12:48 Monday, October 12, 1998

Maximum R-square Improvement for Dependent Variable SBB

Step 1 Variable CC Entered R-square = 0.20113210 C(p) = -6.30877222

	DF	Sum of Squares	Mean Square	F	Prob>F
Regression	1	626.50572864	626.50572864	3.02	0.1077
Error	12	2488.39110707	207.36592559		
Total	13	3114.89683571			

Variable	Parameter Estimate	Standard Error	Type II Sum of Squares	F	Prob>F
INTERCEP	70.06108955	14.32657714	4959.13902300	23.91	0.0004
CC	0.35801146	0.20596959	626.50572864	3.02	0.1077

Bounds on condition number: 1, 1

The above model is the best 1-variable model found.

Step 2 Variable DAP Entered R-square = 0.24476956 C(p) = -4.51040230

	DF	Sum of Squares	Mean Square	F	Prob>F
Regression	2	762.43191456	381.21595728	1.78	0.2135
Error	11	2352.46492115	213.86044738		
Total	13	3114.89683571			

Variable	Parameter Estimate	Standard Error	Type II Sum of Squares	F	Prob>F
INTERCEP	91.12891657	30.16652026	1951.60737821	9.13	0.0116
DAP	-26.81706936	33.63759872	135.92618592	0.64	0.4422
CC	0.46269020	0.24696643	750.64607943	3.51	0.0878

Bounds on condition number: 1.394044, 5.576177

The above model is the best 2-variable model found.

Step 3 Variable PH Entered R-square = 0.29232725 C(p) = -2.73014611

	DF	Sum of Squares	Mean Square	F	Prob>F
Regression	3	910.56921935	303.52307312	1.38	0.3057
Error	10	2204.32761636	220.43276164		
Total	13	3114.89683571			

Variable	Parameter Estimate	Standard Error	Type II Sum of Squares	F	Prob>F
INTERCEP	203.39096662	140.32563140	463.09005259	2.10	0.1778
DAP	-46.86167048	42.00155229	274.39803113	1.24	0.2906
PH	-17.31328066	21.11957725	148.13730479	0.67	0.4315

'REGRESSION SCORING EXAMPLE'

2

12:48 Monday, October 12, 1998

CC	0.72653367	0.40798728	699.02769424	3.17	0.1053
----	------------	------------	--------------	------	--------

Bounds on condition number: 3.691036, 25.34702

The above model is the best 3-variable model found.

Step 4 Variable MG Entered R-square = 0.33114029 C(p) = -0.90948462

	DF	Sum of Squares	Mean Square	F	Prob>F
Regression	4	1031.46784213	257.86696053	1.11	0.4076
Error	9	2083.42899358	231.49211040		
Total	13	3114.89683571			

Variable	Parameter Estimate	Standard Error	Type II Sum of Squares	F	Prob>F
INTERCEP	247.29190468	156.10740595	580.91016927	2.51	0.1476
DAP	-52.09811766	43.64793487	329.80167528	1.42	0.2631
PH	-24.12934539	23.60872956	241.81433319	1.04	0.3334
MG	4.23041884	5.85383919	120.89862278	0.52	0.4882
CC	0.69617681	0.42020151	635.41883293	2.74	0.1319

Bounds on condition number: 3.728295, 43.48162

The above model is the best 4-variable model found.

Step 5 Variable MO Entered R-square = 0.33611724 C(p) = 1.06751902

	DF	Sum of Squares	Mean Square	F	Prob>F
Regression	5	1046.97052835	209.39410567	0.81	0.5737
Error	8	2067.92630736	258.49078842		
Total	13	3114.89683571			

Variable	Parameter Estimate	Standard Error	Type II Sum of Squares	F	Prob>F
INTERCEP	244.37287754	165.38980473	564.33061033	2.18	0.1778
DAP	-53.17315737	46.33149215	340.46885858	1.32	0.2843
PH	-23.66060367	25.02081940	231.14987168	0.89	0.3720
MG	2.71854443	8.73937596	25.01249970	0.10	0.7637
MO	0.40545932	1.65564165	15.50268622	0.06	0.8127
CC	0.66764249	0.45906256	546.75059228	2.12	0.1839

Bounds on condition number: 3.985014, 83.68767

'REGRESSION SCORING EXAMPLE'

3

12:48 Monday, October 12, 1998

Step 6 Variable MG Removed Variable DR Entered R-square = 0.33699314 C(p) = 1.06347187

	DF	Sum of Squares	Mean Square	F	Prob>F
Regression	5	1049.69885969	209.93977194	0.81	0.5719
Error	8	2065.19797602	258.14974700		
Total	13	3114.89683571			

Variable	Parameter Estimate	Standard Error	Type II Sum of Squares	F	Prob>F
INTERCEP	241.04424014	161.54892932	574.72098139	2.23	0.1740
DAP	-65.70042488	61.41483120	295.43472126	1.14	0.3159
DR	8.98832478	27.41920604	27.74083104	0.11	0.7515
PH	-24.13036561	25.36120441	233.70056326	0.91	0.3692
MO	0.94701953	1.29053847	139.01051910	0.54	0.4840
CC	0.68959757	0.47027662	555.08100688	2.15	0.1807

Bounds on condition number: 4.18761, 77.65145

The above model is the best 5-variable model found.

Step 7 Variable MG Entered R-square = 0.34291418 C(p) = 3.03611326

	DF	Sum of Squares	Mean Square	F	Prob>F
Regression	6	1068.14229566	178.02371594	0.61	0.7189
Error	7	2046.75454006	292.39350572		
Total	13	3114.89683571			

Variable	Parameter Estimate	Standard Error	Type II Sum of Squares	F	Prob>F
INTERCEP	254.00253674	179.50506193	585.45083600	2.00	0.2000
DAP	-64.77100752	65.46606520	286.21774140	0.98	0.3554
DR	7.93326164	29.48200955	21.17176731	0.07	0.7956
PH	-26.03692324	28.03814164	252.14397618	0.86	0.3840
MG	2.35848437	9.39065632	18.44343596	0.06	0.8089
MO	0.61052879	1.91871045	29.60473179	0.10	0.7596
CC	0.69889575	0.50186431	567.04808653	1.94	0.2064

Bounds on condition number: 4.4621, 130.5011

The above model is the best 6-variable model found.

Step 8 Variable PD Entered R-square = 0.34840727 C(p) = 5.01073203

	DF	Sum of Squares	Mean Square	F	Prob>F
Regression	7	1085.25270213	155.03610030	0.46	0.8346
Error	6	2029.64413359	338.27402226		
Total	13	3114.89683571			

REGRESSION SCORING EXAMPLE

Variable	Parameter Estimate	Standard Error	Type II Sum of Squares	F	Prob>F
INTERCEP	288.69341225	247.12462443	461.64735366	1.36	0.2870
DAP	-73.21233850	79.79376360	284.77332488	0.84	0.3943
DR	9.66797131	32.63539338	29.68668127	0.09	0.7770
PH	-29.17564504	33.23039875	260.75850081	0.77	0.4137
MG	2.95716695	10.44546641	27.11219390	0.08	0.7866
MO	0.55144391	2.08041753	23.76677892	0.07	0.7998
PD	-0.18119841	0.80567250	17.11040647	0.05	0.8295
CC	0.72092191	0.54861713	584.12576969	1.73	0.2368

4
12:48 Monday, October 12, 1998

Bounds on condition number: 4.959368, 181.5271

The above model is the best 7-variable model found.

Step 9 Variable P Entered R-square = 0.34906229 C(p) = 7.00770545

	DF	Sum of Squares	Mean Square	F	Prob>F
Regression	8	1087.29303010	135.91162876	0.34	0.9178
Error	5	2027.60380562	405.52076112		
Total	13	3114.89683571			

Variable	Parameter Estimate	Standard Error	Type II Sum of Squares	F	Prob>F
INTERCEP	298.87652582	306.30189293	386.09781551	0.95	0.3740
DAP	-75.56735126	93.46161007	265.10320385	0.65	0.4555
DR	10.43533712	37.33407924	31.68218829	0.08	0.7910
PH	-30.25671884	39.44699733	238.57715262	0.59	0.4777
P	0.07583193	1.06907616	2.04032797	0.01	0.9462

MG	2.53740389	12.87703927	15.74563773	0.04	0.8515
MO	0.55694807	2.27915878	24.21549366	0.06	0.8167
PD	-0.22576047	1.08297065	17.62282457	0.04	0.8431
CC	0.72702329	0.60680538	582.11781381	1.44	0.2846

Bounds on condition number: 5.675583, 263.8251

The above model is the best 8-variable model found.

Step10 Variable K Entered R-square = 0.34955578 C(p) = 9.00542526

	DF	Sum of Squares	Mean Square	F	Prob>F
Regression	9	1088.83018916	120.98113213	0.24	0.9653
Error	4	2026.06664656	506.51666164		
Total	13	3114.89683571			

Variable	Parameter Estimate	Standard Error	Type II Sum of Squares	F	Prob>F
INTERCEP	304.27723239	356.08751656	369.84449016	0.73	0.4410

'REGRESSION SCORING EXAMPLE'

5
12:48 Monday, October 12, 1998

DAP	-76.13673988	104.96376883	266.50383143	0.53	0.5084
DR	10.70294773	42.00677717	32.88227207	0.06	0.8114
PH	-30.85139052	45.38871194	234.01705270	0.46	0.5340
P	0.08774630	1.21422694	2.64515784	0.01	0.9459
K	0.02441216	0.44314270	1.53715906	0.00	0.9587
MG	2.64093239	14.51369449	16.77074466	0.03	0.8645
MO	0.46877484	3.00833871	12.29897349	0.02	0.8837
PD	-0.25326472	1.30927192	18.95323811	0.04	0.8560
CC	0.72663534	0.67820840	581.43402377	1.15	0.3443

Bounds on condition number: 6.332102, 343.8347

Step11 Variable P Removed R-square = 0.35071457 C(p) = 9.00007099
Variable CA Entered

	DF	Sum of Squares	Mean Square	F	Prob>F
Regression	9	1092.43970091	121.38218899	0.24	0.9649
Error	4	2022.45713480	505.61428370		
Total	13	3114.89683571			

Variable	Parameter Estimate	Standard Error	Type II Sum of Squares	F	Prob>F
INTERCEP	292.06543265	309.67638859	449.74201918	0.89	0.3990
DAP	-76.22562663	100.94978665	288.27735588	0.57	0.4922
DR	10.76965137	40.96218749	34.95073731	0.07	0.8056
PH	-30.30665049	41.95766396	263.79867788	0.52	0.5101
K	0.07785424	0.68745808	6.48472384	0.01	0.9153
CA	-0.75620466	6.79902798	6.25466960	0.01	0.9168
MG	5.10305072	22.37805639	26.29265097	0.05	0.8308
MO	0.28449434	3.49088387	3.35811678	0.01	0.9390
PD	-0.13778864	1.17756536	6.92270961	0.01	0.9125
CC	0.79240374	0.93568989	362.61727372	0.72	0.4448

Bounds on condition number: 15.95687, 589.6632

The above model is the best 9-variable model found.

Step12 Variable P Entered R-square = 0.35072993 C(p) = 11.00000000

	DF	Sum of Squares	Mean Square	F	Prob>F
Regression	10	1092.48755659	109.24875566	0.16	0.9879

Error	3	2022.40927913	674.13642638
Total	13	3114.89683571	

Variable	Parameter Estimate	Standard Error	Type II Sum of Squares	F	Prob>F
INTERCEP	289.67978424	456.10937909	271.92313932	0.40	0.5705
DAP	-75.94843278	121.11926164	265.06903573	0.39	0.5751
DR	10.68070203	48.46238977	32.74445303	0.05	0.8397

'REGRESSION SCORING EXAMPLE'

12:48 Monday, October 12, 1998 6

PH	-30.11949570	53.29751061	215.29271628	0.32	0.6115
P	-0.01680231	1.99423475	0.04785567	0.00	0.9938
K	0.08200429	0.93420200	5.19444797	0.01	0.9356
CA	-0.82322935	11.17661901	3.65736743	0.01	0.9459
MG	5.36716054	40.62391623	11.76720690	0.02	0.9033
MO	0.26964573	4.39930270	2.53260352	0.00	0.9550
PD	-0.12175738	2.33862723	1.82732754	0.00	0.9618
CC	0.79753920	1.24049933	278.64983816	0.41	0.5660

Bounds on condition number: 32.34049, 1197.68

 The above model is the best 10-variable model found.

No further improvement in R-square is possible.

APÉNDICE 5 HOJA DE CAMPO TOMA DE DATOS PREMUESTREO

Universidad de San Carlos de Guatemala

Facultad de Agronomía

Instituto de Investigaciones Agronómicas

HOJA DE CAMPO TOMA DE DATOS PREMUESTREO

Ubicación _____

Altitud _____

Área (ha) _____

No de parcela	Área	Presencia de regeneración.	% Pendiente

OBSERVACIONES: _____

APENDICE 6 HOJA DE CAMPO TOMA DE DATOS MUESTREO

Universidad de San Carlos de Guatemala

Facultad de Agronomía

Instituto de Investigaciones Agronómicas

HOJA DE CAMPO TOMA DE DATOS MUESTREO

Ubicación _____

Altitud _____

Área (ha) _____

No de parcela	Altura	Diámetro	% Cobertura de copas	% Pendiente y orientación	Textura del suelo	Interven. Humana

OBSERVACIONES: _____

