

## Informe final\* del Proyecto H082

### Patrones de desarrollo en un ecosistema multicohortal de *Pinus culminicola* Andresen & Beaman y *Pinus hartwegii* Lindl. en una fracción de la Sierra Madre Oriental

**Responsable:** Dr. Javier Jiménez Pérez

**Institución:** Universidad Autónoma de Nuevo León  
Facultad de Ciencias Forestales  
Departamento de Silvicultura y Manejo Forestal

**Dirección:** Carretera Nacional Km. 145 (Linares-Cd. Victoria), ND, Linares, NL, 67700, México

**Correo electrónico:** [jjimenez@ccr.dsi.uanl.mx](mailto:jjimenez@ccr.dsi.uanl.mx)

**Teléfono/Fax:** 91(821)2 4895 / 91(821)2 4251

**Fecha de inicio:** Agosto 15, 1996

**Fecha de término:** Febrero 17, 1998

**Principales resultados:** Informe final, Hojas de cálculo

**Forma de citar\*\* el informe final y otros resultados:** Jiménez Pérez, J., 1999. Patrones de desarrollo en un ecosistema multicohortal de *Pinus culminicola* Andresen & Beaman y *Pinus hartwegii* Lindl. en una fracción de la Sierra Madre Oriental. Universidad Autónoma de Nuevo León. Facultad de Ciencias Forestales. **Informe final SNIB-CONABIO proyecto No. H082.** México D. F.

**Forma de citar hoja de cálculo** Jiménez Pérez, J., 1999. Patrones de desarrollo en un ecosistema multicohortal de *Pinus culminicola* Andresen & Beaman y *Pinus hartwegii* Lindl. en una fracción de la Sierra Madre Oriental. Universidad Autónoma de Nuevo León. Facultad de Ciencias Forestales. **Hoja de cálculo SNIB-CONABIO proyecto No. H082.** México D. F.

#### Resumen:

Se pretende definir la dinámica ecológica-sivícola de *Pinus culminicola* - *P. hartwegii* bajo distintos gradientes altitudinales y condiciones de desarrollo para obtener conocimientos básicos sobre el desarrollo y sus respectivos grados de asociación entre sí y con los diferentes cohabitantes florísticos bajo distintas condiciones específicas y diversos índices de densidad. Lo anterior con la finalidad de proteger y preservar este ecosistema forestal, definido como un patrimonio de la humanidad. Es interesante mencionar que este ecosistema ha sido devastado a lo largo del tiempo, por causa de un desconocimiento sobre los procesos dinámicos intrínsecos que presenta de asociación con las demás especies que cohabita. Mediante la aplicación de este proyecto científico a través del establecimiento de Unidades permanentes de Muestreo se ofrece una captación de información real y precisa sobre la situación de la dinámica poblacional de las principales especies asociadas al mutualismo *Pinus culminicola* - *P. hartwegii* en función de la vegetación existente, logrando que los futuros planes de preservación y restauración logren una aplicación congruente con el estado natural en que se desarrollan. A su vez, se tendrá la formación de personal humano mediante la continuidad de este proyecto, logrando así un nuevo cúmulo de conocimientos y una gran sensibilidad en el manejo sostenible de los distintos ecosistemas forestales.

- 
- \* El presente documento no necesariamente contiene los principales resultados del proyecto correspondiente o la descripción de los mismos. Los proyectos apoyados por la CONABIO así como información adicional sobre ellos, pueden consultarse en [www.conabio.gob.mx](http://www.conabio.gob.mx)
  - \*\* El usuario tiene la obligación, de conformidad con el artículo 57 de la LFDA, de citar a los autores de obras individuales, así como a los compiladores. De manera que deberán citarse todos los responsables de los proyectos, que proveyeron datos, así como a la CONABIO como depositaria, compiladora y proveedora de la información. En su caso, el usuario deberá obtener del proveedor la información complementaria sobre la autoría específica de los datos.

---

---

## INFORME FINAL

---

---

**PROYECTO:H082**

**PATRONES DE DESARROLLO EN UN ECOSISTEMA  
MULTICOHORTAL DE *Pinus culminicola* ANDRESEN & BEAMAN  
Y *Pinus hartwegii* LINDL. EN UNA FRACCION DE LA SIERRA  
MADRE ORIENTAL**

**Javier Jiménez Pérez <sup>1</sup>**

### **INTRODUCCIÓN**

Las particularidades orográficas de la Sierra Madre Oriental y su manifestación acentuada en lo que respecta al noreste de México, ha dado que existan modificaciones sustanciales en lo referente a los diversos tipos de vegetación, presentándose una alta diversidad microclimática y de fitocenosis contrastantes.

La baja productividad en el desarrollo de estudios científicos en ecosistemas forestales mixtos, donde cohabitan especies de alto riesgo ecológico y de tipo comercial, orientados bajo el precepto de manejo forestal sustentable, ha traído consigo que una gran fracción de estas superficies se encuentre en un proceso rápido de degradación vegetacional, en los distintos niveles de la actuación antrópica (Jiménez 1996).

El Cerro Potosí se localiza en el sureste del Estado de Nuevo León, como una fracción de la Sierra Madre Oriental. Este macizo montañoso alcanza una altitud

---

<sup>1</sup> Profesor-Investigador de la Fac. de Ciencias Forestales, UANL. Apartado Postal # 41 C.P. 67700 Linares, N.L. e-mail  
jjimenez@ccr.dsi.uanl.mx,

sobre el nivel del mar de 3,670 m. Por esta particularidad, así como por los grandes endemismos florísticos existentes a lo largo del gradiente altitudinal, el Cerro Potosí ha sido objeto de diversos estudios científicos (García, 1989, McDonald 1990, Sánchez 1990) para lograr dilucidar el grado real de vulnerabilidad de los distintos especímenes vegetacionales de la flora alpina y subalpina del noreste de México. Esta superficie cubierta de vegetación ha disminuido considerablemente con el transcurso del tiempo, debido a factores antrópicos tales como: explotaciones forestales masivas, frecuencia de incendios, aperturas de caminos, presencia de infraestructura en telecomunicaciones, así como la intensa colecta de material germoplásmico.

Dentro de los cuatro distintos tipos de vegetación localizados en la cima del Cerro Potosí, se mencionan la pradera alpina, pradera subalpina, matorral de *Pinus culminicola* y el bosque mixto de *Pinus culminicola* y *P. hartwegii*.

### **Pradera alpina**

Este tipo de vegetación es única para la región noreste de México, localizándose una gran cantidad de especies endémicas, raras, vulnerables y en peligro de extinción, tales como *Lupinus cacuminis*, *Potentilla leonina*, *Arenaria oresbia*, *Astragalus purpusii*, *Senecio loratifolius* y *Euphorbia beamanii*.

### **Pradera subalpina**

La pradera subalpina resulta ser una derivación de la pradera alpina y el matorral de *Pinus culminicola*, donde la desaparición de esta especie favorece el desarrollo de especies heliófitas en la pradera. Las especies de mayor frecuencia son: *Senecio loratifolius*, *Euphorbia beamanii* y *Juniperus sabinoides*, principalmente.

### **Matorral de *Pinus culminicola***

Este matorral o comunidad arbustiva es bastante densa y baja, donde *Pinus culminicola* es la única especie dominante. Otros arbustos que se encuentran en

---

<sup>1</sup> Profesor-Investigador de la Fac. de Ciencias Forestales, UANL. Apartado Postal # 41 C.P. 67700 Linares, N.L. e-mail [jjjimenez@ccr.dsi.uanl.mx](mailto:jjjimenez@ccr.dsi.uanl.mx),

forma aislada dentro del mismo matorral son: *Holodiscus dumosus*, *Symphoricarpos microphyllus*, *Ribes ciliatum*, *Garrya ovata* y *Juniperus sabinoides*.

### **Bosque mixto de *Pinus culminicola* y *P. hartwegii***

La especie *Pinus hartwegii* alcanza la cima del Cerro Potosí por la ladera noreste, presentado ciertos individuos aislados, de fuste corto y copa deforme, por efecto de la gran intensidad de vientos. En esta comunidad se encuentran algunos elementos asociados en el sotobosque como: *Achillea lanulosa*, *Ranunculus peruvianus* y principalmente por *Senecio carnerensis*.

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

En su inicio se recorrieron las distintas áreas donde se localiza *Pinus culminicola*, para ubicar aquellas que presentaran las características deseables para el proyecto en cuestión. Al mismo tiempo fue necesario efectuar pre-muestreos en los distintos tipos de vegetación para conocer si realmente la información requerida era la correcta.

Posteriormente se establecieron las unidades de evaluación continua, procedimiento básico dentro de los aspectos concernientes a la protección, conservación y manejo de los recursos naturales renovables, además de proveer información real y precisa sobre la dinámica poblacional (OLIVER, 1993; SCHREUDER, 1993).

Dichas unidades permanentes de muestreo cuentan con tres diferentes superficies, Exterior 500 m<sup>2</sup> (arbolado maduro), Intermedio 250 m<sup>2</sup> (arbolado joven) e Interior 100 m<sup>2</sup> (regeneración), dentro de las cuales se analizaron principalmente factores bióticos y abióticos como los parámetros dasométricos

---

<sup>1</sup> Profesor-Investigador de la Fac. de Ciencias Forestales, UANL. Apartado Postal # 41 C.P. 67700 Linares, N.L. e-mail [jjimenez@ccr.dsi.uanl.mx](mailto:jjimenez@ccr.dsi.uanl.mx),

diámetro, altura, amplitud de copa, cobertura, estructura muestral y poblacional. Una vez establecidas estas unidades de evaluación se procedió a medir en forma periódica cada una de las unidades, con sus respectivas repeticiones.

Durante los meses subsecuentes se inició con la evaluación estadística de la información, teniendo en consideración las variables obtenidas tales como: especie, frecuencia, cobertura, altura, ángulo, distancia, diámetro, d1.3 y el cuadrante respectivo.

## **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

### **GRADIENTE ALTITUDINAL**

Al analizar los datos, estadísticamente se encontró que el factor altitudinal es la principal variable que influye de una manera primordial sobre la distribución de las especies. De acuerdo a diversos estudios realizados por diversos autores (Turner 1990, Otto 1994) se ha observado que el gradiente altitudinal tiene un especial involucramiento en la segregación de especies. En este trabajo de investigación se observó que dicha variable afecta la distribución numérica de *Pinus culminicola* y *Pinus hartwegii*, conforme a los distintos gradientes altitudinales señalados. En la figura 1, se muestra de una manera gráfica el efecto altitudinal en la distribución espacial de las especies.

---

<sup>1</sup> Profesor-Investigador de la Fac. de Ciencias Forestales, UANL. Apartado Postal # 41 C.P. 67700 Linares, N.L. e-mail [jjimenez@ccr.dsi.uanl.mx](mailto:jjimenez@ccr.dsi.uanl.mx),

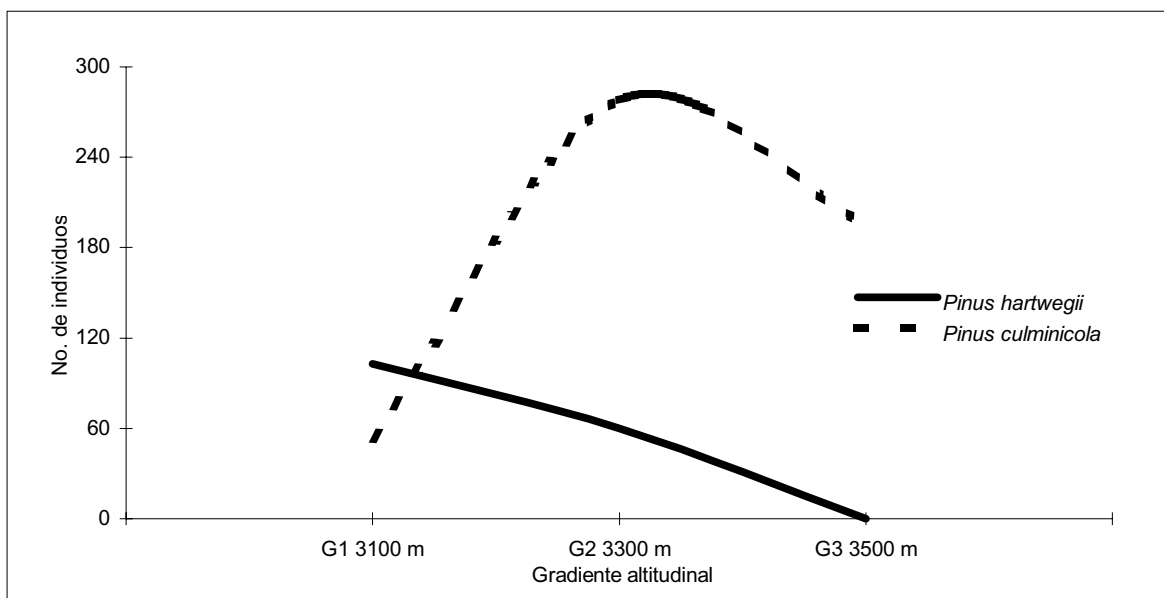


Figura No. 1: Relación de *Pinus culminicola* y *P. hartwegii* bajo tres distintos gradientes altitudinales.

## DENSIDAD

Una de las variables cuantificables más importantes en la evaluación de especies endémicas, vulnerables y/o en peligro de extinción resulta ser la densidad de las especies, como de los individuos. En este sentido, se evaluaron las variables, especie y número de individuos para tratar de definir una relación en lo correspondiente a la distribución estadística absoluta y porcentual. Para la densidad relativa, a los 3100 m sobre el nivel mar, en la parcela 1, *Pinus culminicola* se encuentra con una densidad del 46%, mientras que *Pinus hartwegii* presenta un valor de 54%. En la parcela 2, la densidad de *P. culminicola*, tiene un valor de 38%, en tanto que *P. hartwegii* tiene un 62%; En la parcela 3, la densidad de *P. culminicola* es de 59% y *P. hartwegii* 41% (cuadro 1).

<sup>1</sup> Profesor-Investigador de la Fac. de Ciencias Forestales, UANL. Apartado Postal # 41 C.P. 67700 Linares, N.L. e-mail [jjimenez@ccr.dsi.uanl.mx](mailto:jjimenez@ccr.dsi.uanl.mx),

Cuadro 1: Relación entre las parcelas del sitio 1 (3100 msnm) en cuanto a la densidad relativa (%)

	Sitio 1		
Especie	P1	P2	P3
<i>P. culminicola</i>	46	38	59
<i>P. hartwegii</i>	54	62	41

La densidad relativa a los 3300 msnm presenta en la parcela 1 un valor de 82% para *P. culminicola* y de 18% para *P. hartwegii*; en la parcela 2, *P. culminicola* continua dominando, con un 77%, en comparación con *P. hartwegii* que presenta un 23 %; en la parcela 3, el valor de densidad de *P. culminicola* es de 96%, mientras que *P. hartwegii* solamente un 4% (cuadro 2).

Cuadro 2: Relación entre las parcelas del sitio 2 (3300 msnm) con respecto a la densidad relativa (%)

	Sitio 2		
Especie	P1	P2	P3
<i>P. culminicola</i>	82	77	96
<i>P. hartwegii</i>	18	23	04

A partir de los 3500 msnm, *Pinus culminicola* logra una dominancia total sobre la superficie con valores del 100% de densidad relativa, en comparación con *P. hartwegii*.

<sup>1</sup> Profesor-Investigador de la Fac. de Ciencias Forestales, UANL. Apartado Postal # 41 C.P. 67700 Linares, N.L. e-mail [jjimenez@ccr.dsi.uanl.mx](mailto:jjimenez@ccr.dsi.uanl.mx),

Los promedios respectivos para los diferentes sitios en referencia a la densidad relativa se presentan en el cuadro 3.

Cuadro 3: Valores promedios para la densidad relativa (%) en los distintos sitios de medición (3100-3500 msnm)

	Sitios		
Especie	S1	S2	S3
<i>P. culminicola</i>	48	85	100
<i>P. hartwegii</i>	52	15	00

## DOMINANCIA

Con respecto a la dominancia relativa, en el rango de los 3100 msnm, para la parcela 1. *Pinus culminicola* tiene un valor del 13%, mientras que *Pinus hartwegii* un 87%. En la parcela 2. *P. culminicola* presenta una baja cubierta superficial (6%) en tanto que *P. hartwegii* se encuentra con 94%. En la parcela 3, los valores respectivos son 29% y 71%. En el cuadro 4 se presentan los valores para el sitio 1 (cuadro 4).

Cuadro 4: Relación entre las parcelas del sitio 1 (3100 msnm) respecto a la dominancia relativa (%)

	Sitio 1		
Especie	P1	P2	P3
<i>P. culminicola</i>	13	06	29
<i>P. hartwegii</i>	87	94	71

<sup>1</sup> Profesor-Investigador de la Fac. de Ciencias Forestales, UANL. Apartado Postal # 41 C.P. 67700 Linares, N.L. e-mail [jjimenez@ccr.dsi.uanl.mx](mailto:jjimenez@ccr.dsi.uanl.mx),



La dominancia para la altitud de 3300 msnm en la parcela 1, se presenta con un valor de 42% para *P. culminicola* y 58% para *P. hartwegii*. En la parcela 2, *P. culminicola* tiene una cubierta de 45%, mientras que *P. hartwegii* ocurre con 55%. En la parcela 3, la dominancia para *P. culminicola* alcanza un 59% y *P. hartwegii* 41% (cuadro 5).

Cuadro 5: Relación entre las parcelas del sitio 2 (3300 msnm) respecto a la dominancia relativa (%)

	Sitio 2		
Especie	P1	P2	P3
<i>P. culminicola</i>	42	45	59
<i>P. hartwegii</i>	58	55	41

En el cuadro 6 se muestran los valores promedio para la variable dominancia relativa para cada uno de los sitios evaluados conforme al gradiente altitudinal respectivo.

Cuadro 6: Valores promedios para la dominancia relativa (%) en los distintos sitios (3500-3600 msnm)

	Sitios		
Especie	S1	S2	S3
<i>P. culminicola</i>	18	48	100
<i>P. hartwegii</i>	82	52	00

Concluido lo anterior, se procedió a desarrollar el índice de importancia de acuerdo con el gradiente altitudinal y las especies respectivas dentro del estudio. En este sentido se analizaron los parámetros densidad y dominancia como variables de mayor sustento dentro de la evaluación estadística ( cuadro 7):

Cuadro 7: Valor de índice de importancia para *Pinus culminicola* y *P. hartwegii*.

<sup>1</sup> Profesor-Investigador de la Fac. de Ciencias Forestales, UANL. Apartado Postal # 41 C.P. 67700 Linares, N.L. e-mail [jjimenez@ccr.dsi.uanl.mx](mailto:jjimenez@ccr.dsi.uanl.mx),

**Gradiente 1**

Sitio	<i>Pinus culminicola</i>	<i>Pinus hartwegii</i>
1	59	141
2	44	156
3	88	112
media aritmética	63.66%	136.33

**Gradiente 2**

Sitio	<i>Pinus culminicola</i>	<i>Pinus hartwegii</i>
1	124	76
2	122	88
3	155	45
media aritmética	133.66%	69.66%

**Gradiente 3**

Sitio	<i>Pinus culminicola</i>	<i>Pinus hartwegii</i>
1	100	0
2	100	0
3	100	0
media aritmética	100%	0%

**Especie**

Gradiente	<i>Pinus culminicola</i>	<i>Pinus hartwegii</i>
1	66	134
2	133	67
3	200	0
media aritmética	133%	67%

**COBERTURA**

<sup>1</sup> Profesor-Investigador de la Fac. de Ciencias Forestales, UANL. Apartado Postal # 41 C.P. 67700 Linares, N.L. e-mail [jjimenez@ccr.dsi.uanl.mx](mailto:jjimenez@ccr.dsi.uanl.mx),

Subsiguientemente, se procedió a cuantificar la cobertura para cada gradiente altitudinal. Es importante mencionar que la cobertura, guarda una estrecha relación con las demás variables (sobrevivencia, mortalidad, regeneración, altura), por lo que este parámetro se definirá como variable dependiente para el establecimiento de modelos matemáticos. A continuación se muestran los resultados obtenidos de la variable cobertura de acuerdo a los gradientes altitudinales señalados (cuadro 8):

Cuadro 8: Relación promedio de la cobertura en función de los distintos gradientes altitudinales

<b>Gradiente</b>	<b>Cobertura promedio</b>	<b>Cob/ha (m<sup>2</sup>)</b>	<b>Cobertura relativa</b>
Gradiente 1	76.00	1520.06	0.15
Gradiente 2	292.95	5859.01	0.58
Gradiente 3	523.14	10462.79	1.04

## RELACION MATEMATICA REGENERACION - COBERTURA [ $reg = f(cob)$ ]

Parte importante en un estudio sobre especies endémicas, vulnerables o en peligro de extinción, es lo concerniente a los procesos reproductivos y de sobrevivencia que ocurren en estos ecosistemas. Para este estudio, la regeneración se analizó como un proceso de estabilización de ecosistemas forestales multicohortales, fundamentado la variable regeneración como dependiente de la cobertura. En tal sentido, se probaron una serie de modelos matemáticos para observar, cual de ellos se ajustaba mejor a la tendencia de la información de campo. En el cuadro 9 se muestran los distintos modelos matemáticos evaluados, así como el modelo no lineal seleccionado.

<sup>1</sup> Profesor-Investigador de la Fac. de Ciencias Forestales, UANL. Apartado Postal # 41 C.P. 67700 Linares, N.L. e-mail [jjimenez@ccr.dsi.uanl.mx](mailto:jjimenez@ccr.dsi.uanl.mx),

Cuadro 9: Modelos matemáticos evaluados para la relación regeneración y cobertura

Modelo matemático	r	r <sup>2</sup>	Varianza explicada (%)
reg=a0+a1*cob+a2*cob^2	0.6221	.3871	38.71
reg=exp(a0+a1*ln(cob)+a2*ln(cob)^2)	0.749	.5615	56.15

Modelo matemático	Coeficientes de regresión		
	a0	a1	a2
reg=a0+a1*cob+a2*cob^2	-.228925	.034135	-.00005
reg=exp(a0+a1*ln(cob)+a2*ln(cob)^2)	-1.182.385	4.201.169	-3.667.053

reg = f (c)

reg = número de individuos de regeneración

cob = cobertura

a0, a1, a2 = coeficientes de regresión

Estadística aplicada = mínimos cuadrados (regresión no lineal)

## MODELO MATEMÁTICO SELECCIONADO EN FUNCIÓN DE LOS PARÁMETROS ESTADÍSTICOS

Modelo matemático	r	r <sup>2</sup>	Varianza explicada (%)
reg=exp(a0+a1*ln(cob)+a2*ln(cob)^2)	0.749	.5615	56.15

<sup>1</sup> Profesor-Investigador de la Fac. de Ciencias Forestales, UANL. Apartado Postal # 41 C.P. 67700 Linares, N.L. e-mail  
jjimenez@ccr.dsi.uanl.mx,

En la gráfica 2 se observa la tendencia que presenta la regeneración en función de la cobertura. El patrón de desarrollo muestra una baja capacidad de regeneración en el gradiente altitudinal 1 (3100 msnm), para incrementarse en el segundo gradiente altitudinal (3300 msnm) y finalmente existe un decremento de esta variable, debido a que no se presenta un mayor número de individuos en este gradiente altitudinal (3500 msnm). Aunado a lo anterior, dentro de este mismo gradiente altitudinal (3500 msnm) existe una disminución de individuos a causa de los efectos antrópicos ocurridos en esta área

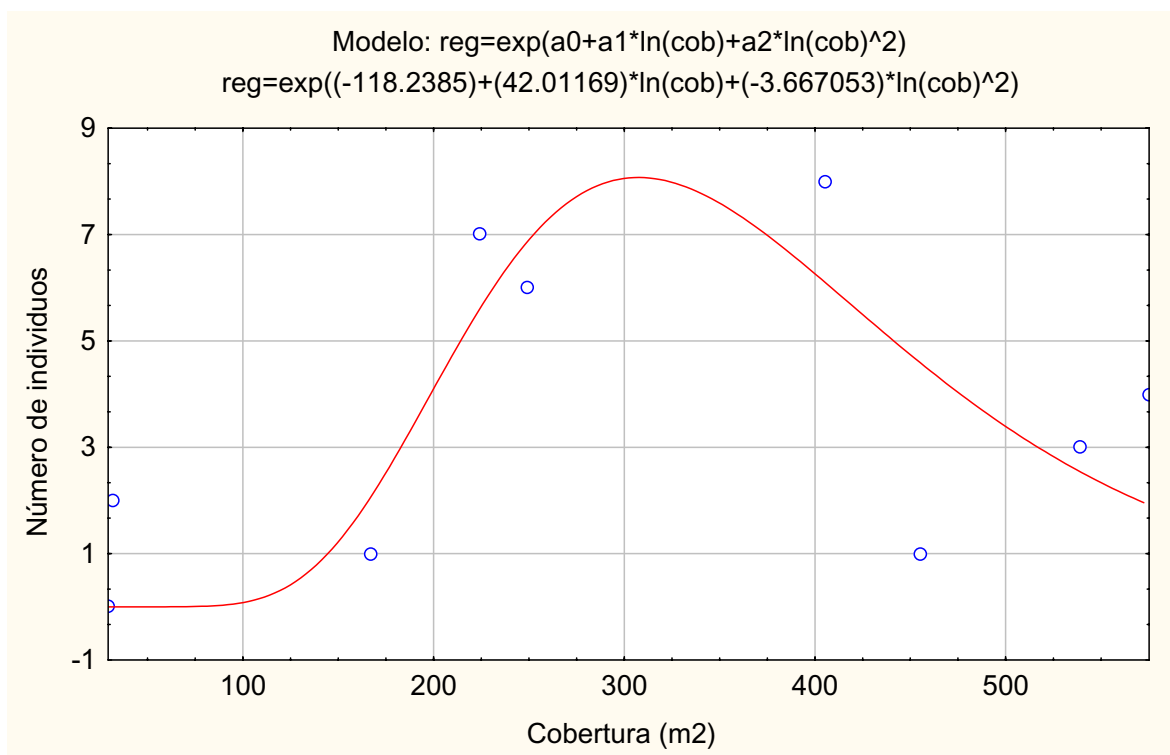


Figura 2: Relación de regeneración en función de la cobertura para los tres gradientes altitudinales

<sup>1</sup> Profesor-Investigador de la Fac. de Ciencias Forestales, UANL. Apartado Postal # 41 C.P. 67700 Linares, N.L. e-mail [jjimenez@ccr.dsi.uanl.mx](mailto:jjimenez@ccr.dsi.uanl.mx),

## RELACION MATEMATICA PARA LA FUNCION COBERTURA - ALTURA

$$[ \text{cob} = f(h) ]$$

Cuadro 10: Relación matemática para la función cobertura altura, de acuerdo a los distintos gradientes altitudinales

Gradiente	Modelo	r	r <sup>2</sup>	Varianza %
<b>Gradiente 1</b>	$\text{cob} = \exp(a_1 + a_1 \ln(h) + a_2 \ln(h)^2)$	0.77	0.59	59.23
	$\text{cob} = \exp(a_0 + a_1 \ln(h) + a_2 \ln(h))^2$	0.92	0.86	86.10
	$\text{cob} = \exp(a_0 + a_1 h^2)$	0.95	0.89	89.66
<b>Gradiente 2</b>	$\text{cob} = \exp(a_1 + a_1 \ln(h) + a_2 \ln(h)^2)$	0.78	0.60	48.6
	$\text{cob} = \exp(a_0 + a_1 \ln(h) + a_2 \ln(h))^2$	0.78	0.60	60.48
	$\text{cob} = \exp(a_0 + a_1 h^2)$	0.64	0.41	41.75
<b>Gradiente 3</b>	$\text{cob} = \exp(a_1 + a_1 \ln(h) + a_2 \ln(h)^2)$	0.77	0.59	59.8
	$\text{cob} = \exp(a_0 + a_1 \ln(h) + a_2 \ln(h))^2$	0.77	0.59	59.8
	$\text{cob} = \exp(a_0 + a_1 h^2)$	0.70	0.49	49.27

Gradiente	Coeficientes de regresión			
	Modelo	a <sub>0</sub>	a <sub>1</sub>	a <sub>2</sub>
<b>Gradiente 1</b>	$\text{cob} = \exp(a_1 + a_1 \ln(h) + a_2 \ln(h)^2)$	-----	182.648	0.963918
	$\text{cob} = \exp(a_0 + a_1 \ln(h) + a_2 \ln(h))^2$	-0.321871	1.632.811	1.632.811
	$\text{cob} = \exp(a_0 + a_1 h^2)$	-0.162322	0.99303	-----
<b>Gradiente 2</b>	$\text{cob} = \exp(a_1 + a_1 \ln(h) + a_2 \ln(h)^2)$	0.870958	2.372.635	-0.62790
	$\text{cob} = \exp(a_0 + a_1 \ln(h) + a_2 \ln(h))^2$	107.003	1.198.569	0.27557
	$\text{cob} = \exp(a_0 + a_1 h^2)$	109.741	0.4802	-----
<b>Gradiente 3</b>	$\text{cob} = \exp(a_1 + a_1 \ln(h) + a_2 \ln(h)^2)$	1.025.734	3.000.056	-0.782821
	$\text{cob} = \exp(a_0 + a_1 \ln(h) + a_2 \ln(h))^2$	1.950.302	3.796.105	-0.922843
	$\text{cob} = \exp(a_0 + a_1 h^2)$	140.224	0.2648	-----

$\text{cob} = f(h)$

cob = cobertura

h = altura

Estadística aplicada = mínimos cuadrados (regresión no lineal)

<sup>1</sup> Profesor-Investigador de la Fac. de Ciencias Forestales, UANL. Apartado Postal # 41 C.P. 67700 Linares, N.L. e-mail  
jjimenez@ccr.dsi.uanl.mx,

## ELECCIÓN DEL MEJOR MODELO MATEMÁTICO PARA CADA GRADIENTE ALTITUDINAL:

Relación	Gradiente	Modelo	r	r <sup>2</sup>	Varianza %
cob = f (h)	Gradiente 1	$\text{cob} = \exp(a_0 + a_1 \ln(h) + a_2 \ln(h))^2$	0.92	0.86	86.10
	Gradiente 2	$\text{cob} = \exp(a_0 + a_1 \ln(h) + a_2 \ln(h))^2$	0.78	0.60	60.48
	Gradiente 3	$\text{cob} = \exp(a_0 + a_1 \ln(h) + a_2 \ln(h))^2$	0.77	0.59	59.8
reg = f (cob)		$n = \exp(a_0 + a_1 \ln(\text{cob}) + a_2 \ln(\text{cob}))^2$	0.749	.5615	56.15

**cob = cobertura**

**h = altura**

**reg = número de individuos de regeneración (n)**

**Estadística aplicada = mínimos cuadrados (regresión no lineal)**

<sup>1</sup> Profesor-Investigador de la Fac. de Ciencias Forestales, UANL. Apartado Postal # 41 C.P. 67700 Linares, N.L. e-mail  
jjimenez@ccr.dsi.uanl.mx,

En la figura 3, 4 y 5 se observa la tendencia que presenta la cobertura en función de la altura y del gradiente altitudinal. Es bastante notable la tendencia que se presenta, es decir a medida que se incrementa la altura, se muestra un crecimiento de la cobertura.

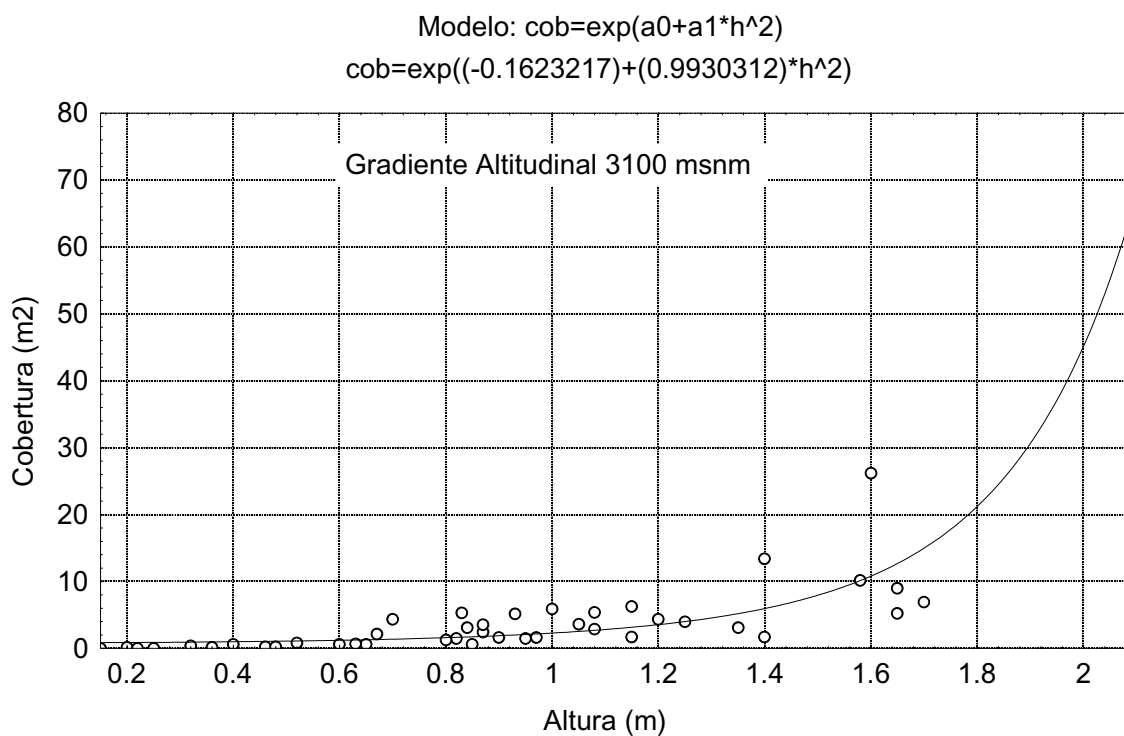


Figura 3: Relación de la cobertura en función de la altura para el gradiente altitudinal 1 (3100)

<sup>1</sup> Profesor-Investigador de la Fac. de Ciencias Forestales, UANL. Apartado Postal # 41 C.P. 67700 Linares, N.L. e-mail [jjimenez@ccr.dsi.uanl.mx](mailto:jjimenez@ccr.dsi.uanl.mx),



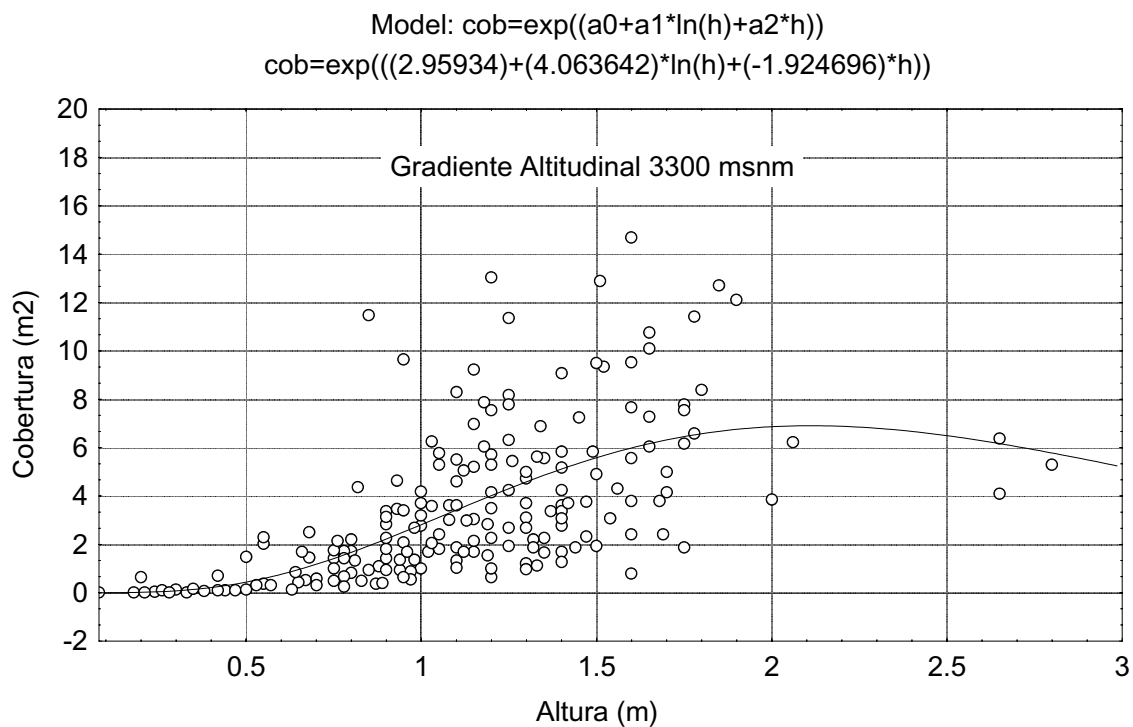


Figura 4: Relación de la cobertura en función de la altura para el gradiente altitudinal 2 (3200 msnm)

<sup>1</sup> Profesor-Investigador de la Fac. de Ciencias Forestales, UANL. Apartado Postal # 41 C.P. 67700 Linares, N.L. e-mail [jjimenez@ccr.dsi.uanl.mx](mailto:jjimenez@ccr.dsi.uanl.mx),

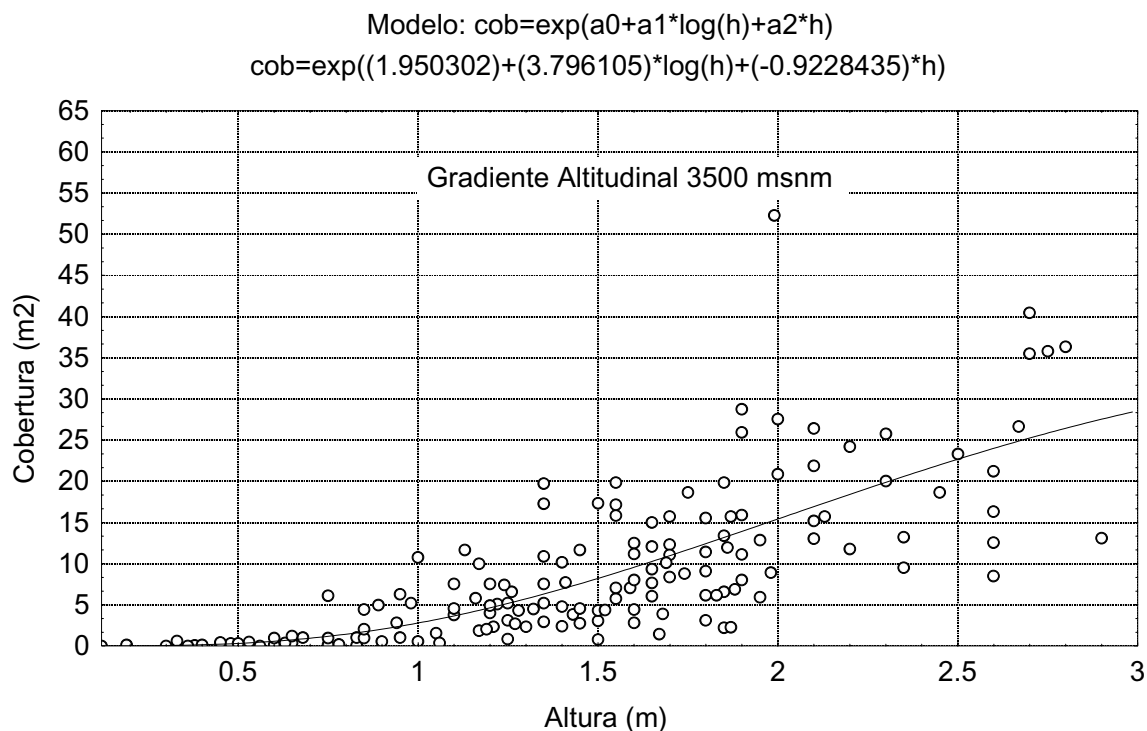


Figura 5: Relación de la cobertura en función de la altura para el gradiente altitudinal 2 (3500 msnm)

<sup>1</sup> Profesor-Investigador de la Fac. de Ciencias Forestales, UANL. Apartado Postal # 41 C.P. 67700 Linares, N.L. e-mail [jjimenez@ccr.dsi.uanl.mx](mailto:jjimenez@ccr.dsi.uanl.mx),

## RELACIÓN DIÁMETRO/ALTURA DE *Pinus hartwegii* Lindl.

Parte esencial de un plan de manejo sustentable de recursos naturales es el conocimiento sobre el desarrollo que presenta la relación diámetro - altura. Lo anterior, se manifiesta en conocer el comportamiento en esta relación, para efectuar posteriormente una serie de procesos estadísticos sobre el cálculo volumétrico del rodal o de las especies en cuestión. A su vez, se muestra la tendencia que presenta dicha relación y cuando se obtendrá la máxima altura en función del mayor diámetro.

En lo correspondiente a la relación existente entre el diámetro y la altura, se evaluaron distintos modelos matemáticos para lograr establecer la mejor relación matemática, de acuerdo a los tres gradientes altitudinales. En este sentido, se procesó la información encontrando los siguientes resultados. En la figura 6 se muestra esta tendencia de la información.

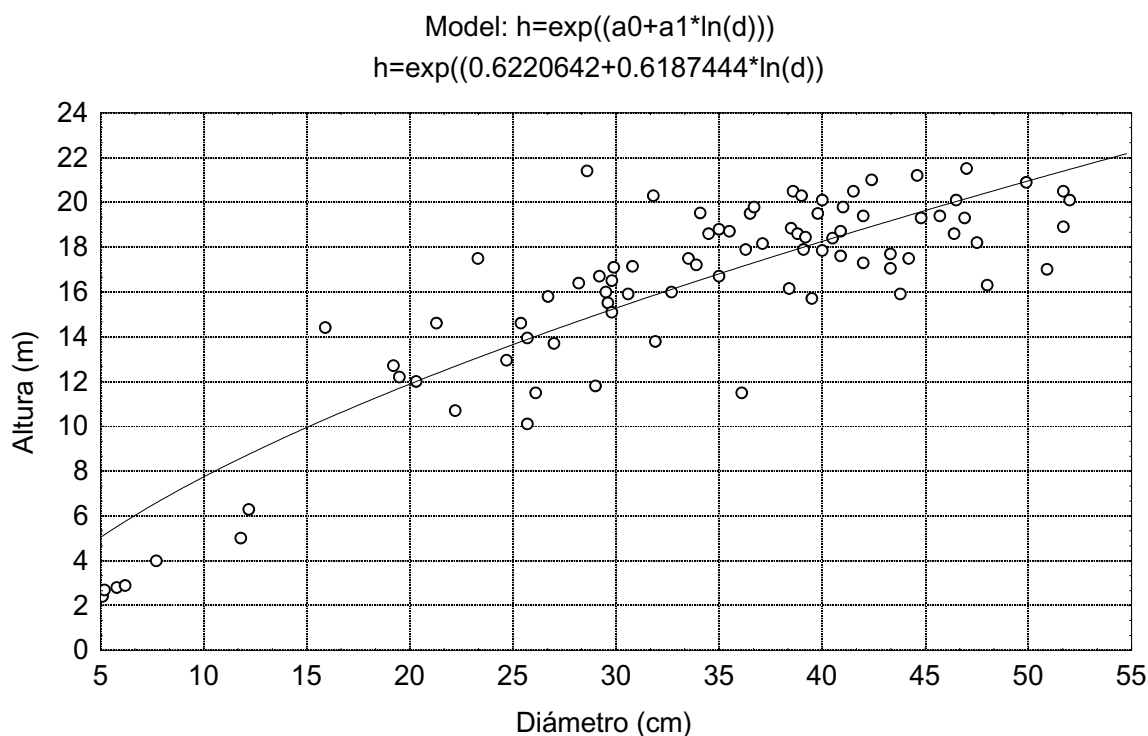


Figura 6: Relación de la altura en función del diámetro

<sup>1</sup> Profesor-Investigador de la Fac. de Ciencias Forestales, UANL. Apartado Postal # 41 C.P. 67700 Linares, N.L. e-mail [jjimenez@ccr.dsi.uanl.mx](mailto:jjimenez@ccr.dsi.uanl.mx),

## FUNCIÓN VOLUMÉTRICA DE *Pinus hartwegii* Lindl.

Asimismo, se procesó la información existente (86 árboles-muestra) con respecto a las variables, diámetro, altura y volumen para establecer una relación entre el volumen real de los individuos de *Pinus hartwegii* y lo estimado por la administración forestal de esta área. Fundamentada la hipótesis se procedió a probar distintos modelos matemáticos para encontrar, cual de estos es el que mejor ajuste presenta a los datos recabados en campo. De lo anterior, se logró determinar el mejor modelo matemático para la relación  $v = f(d,h)$ , denominada como variable combinada, porque conjuga estas variables independientes (diámetro/altura), creando una nueva variable que interpreta en forma real a la variable dependiente volumen. En el cuadro 11 se muestran los resultados del análisis de regresión.

Cuadro 11: Análisis de regresión para la estimación del volumen en función del diámetro y la altura.

Parámetro	Valor estimado	Error estándar	Valor de t	Nivel de Prob.
Intercepción	0.0444	0.0209	2.1155	0.0373
Pendiente	0.000041579	0.0000007938	52.4217	0.0000

<sup>1</sup> Profesor-Investigador de la Fac. de Ciencias Forestales, UANL. Apartado Postal # 41 C.P. 67700 Linares, N.L. e-mail [jjimenez@ccr.dsi.uanl.mx](mailto:jjimenez@ccr.dsi.uanl.mx),

De lo anterior se derivó el mejor modelo matemático para *Pinus hartwegii*.

$$v = a_0 + a_1 \cdot d^2h$$

$$v = 0.0221449 + 0.00004248965 \cdot d^2h$$

Posteriormente, se procedió a realizar la gráfica respectiva para tener una mejor visualización del modelo matemático descrito. En la figura 7 se observa la tendencia lineal de estas dos variables. Mostrando una ascendencia del volumen, conforme se incrementa la variable combinada ( $d^2h$ ).

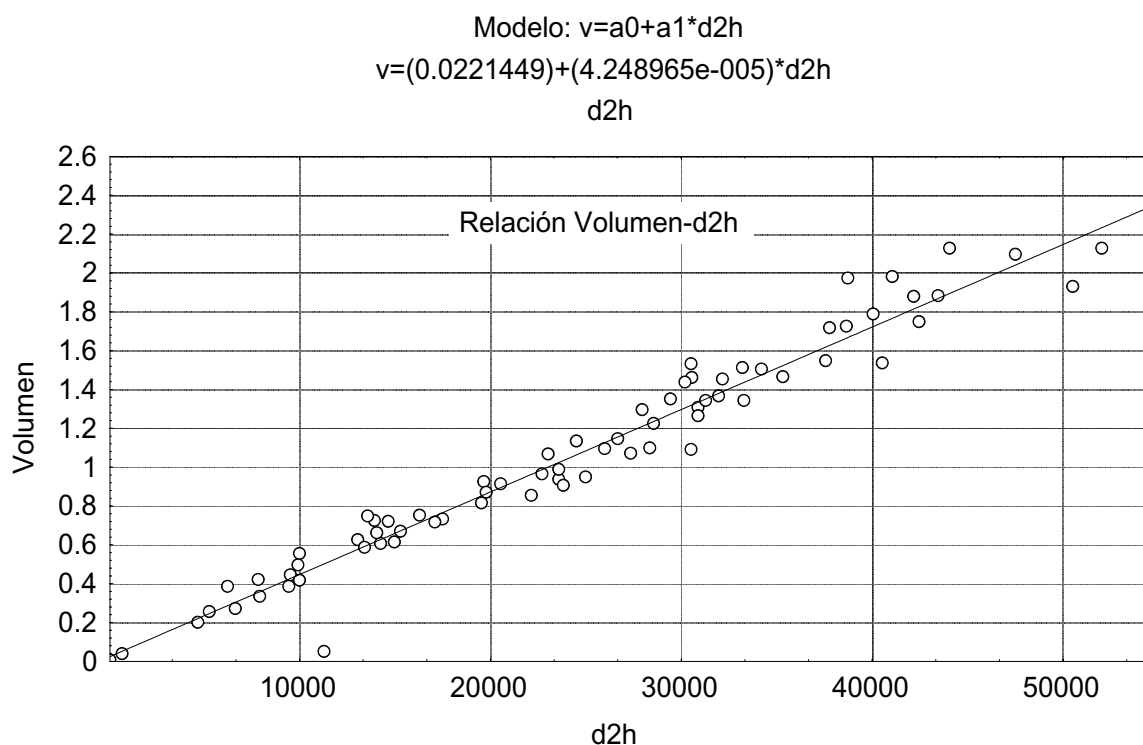


Figura 7: Relación volumétrica en función del diámetro y la altura

<sup>1</sup> Profesor-Investigador de la Fac. de Ciencias Forestales, UANL. Apartado Postal # 41 C.P. 67700 Linares, N.L. e-mail [jjimenez@ccr.dsi.uanl.mx](mailto:jjimenez@ccr.dsi.uanl.mx),

## CONCLUSIONES

El objetivo general del presente estudio es contribuir a la solución de la problemática sobre la pérdida y deterioro de la biodiversidad en los ecosistemas forestales, mediante el aporte de conocimientos ecológicos que permitan un mayor entendimiento sobre el funcionamiento de los ecosistemas y sus distintos niveles de organización.

La superficie de distribución inicial de *Pinus culminicola*, ha sido alterada por múltiples factores, principalmente del tipo antropogénico. El área incendiada presenta en la actualidad, dificultad para lograr la regeneración natural, debido al pastoreo extensivo y a las modificaciones en el ambiente, implícitas en la destrucción de la comunidad. Otros cambios en las comunidades se deben a la presencia de instalaciones del SENEAM (Servicio a la Navegación en el Espacio Aéreo Mexicano) que ocupa la fracción superior del Cerro Potosí. A su vez, el camino de acceso ocasiona la presencia de visitantes que provocan alteraciones diversas. Al mismo tiempo, la comunidad de *P. hartwegii* está siendo alterada por los aprovechamientos forestales, lo que ha causado un avance en el deterioro de *Pinus culminicola* hacia estas áreas. Asimismo, se observa la presencia de individuos jóvenes, indicativo de una activa regeneración de la comunidad por la eliminación de competencia, principalmente por procesos lumínicos, factor importante en el desarrollo.

A su vez, se observó que el factor altitud influye de manera primordial en la distribución de las especies *Pinus culminicola* y *P. hartwegii*, afectando además en el número de individuos que se presenta a lo largo de los diversos gradientes. Para la especie *P. culminicola* conforme se incrementa el gradiente altitudinal, el número de individuos aumenta en forma proporcional al gradiente antes descrito, conformando un bosque dominante de esta especie; caso contrario para *P. hartwegii*.

---

<sup>1</sup> Profesor-Investigador de la Fac. de Ciencias Forestales, UANL. Apartado Postal # 41 C.P. 67700 Linares, N.L. e-mail [jjimenez@ccr.dsi.uanl.mx](mailto:jjimenez@ccr.dsi.uanl.mx),

Por tal motivo se estudió *Pinus culminicola* por ser una especie endémica de la sección superior de la Sierra Madre Oriental del Noreste de México, analizándose en relación mutua con *P. hartwegii* en los diferentes gradientes altitudinales en el Cerro Potosí. Evaluando diversos parámetros dasométricos como altura, diámetro, cobertura, regeneración, etc. se obtuvieron resultados referentes a: densidad relativa, frecuencia relativa, dominancia relativa, así como número de individuos en función al gradiente altitudinal, para así concluir con el valor de Índice de Importancia para cada especie. Por tal motivo resulta de interés continuar con estudios tendientes a lograr el conocimiento sobre los distintos recursos biológicos del Cerro Potosí por sus características vegetacionales propias, lo que será una necesidad prioritaria para emprender posteriores estudios encaminados a la preservación y manejo sustentable de este importante macizo montañoso.

Finalmente, se requiere urgentemente que las dependencias gubernamentales, con atribuciones en la materia legal, decreten el área como zona protegida para asegurar la supervivencia de comunidades vegetales únicas a nivel mundial.

## LITERATURA CITADA

---

<sup>1</sup> Profesor-Investigador de la Fac. de Ciencias Forestales, UANL. Apartado Postal # 41 C.P. 67700 Linares, N.L. e-mail [jjimenez@ccr.dsi.uanl.mx](mailto:jjimenez@ccr.dsi.uanl.mx),

**Beaman, J. & Andresen, J. 1966:** The vegetation, Floristics and Phytogeography of the summit of Cerro potosí, Mexico. The American Midland Naturalist. Vol. 75. Pp. 1-29.

**García A., A. 1989:** Análisis de la flora y vegetación de la cima del Cerro Potosí municipio de Galeana, N.L., México. Tesis Licenciatura, UANL.

**Jiménez, J., Kramer, H., Aguirre ,O. 1996:** Pinus culminicola. Zur entdeckung und Erhaltung einer mexikanischer Zwergkiefer. Fost u. Holz. Alemania. pp. 664-667

**McDONALD, J.A. 1990:** The apline-subapline flora of northeastern Mexico. Sida 14(1) pp. 21-28.

**Oliver, J. 1993:** Forest stand dynamics. John Wiley & Sons. 576 p.

**Otto, H. 1994:** Waldökologie. UTB für Wissenschaftler. Eugen Ulmeer GmbH. 391 p.

**Sanchez, R. López, J. & Espinoza, M. 1990:** Cambios en la comunidad de Pinus culminicola Andresen & Beaman en el Cerro Potosí, Nuevo León, México, Notas Geograficas, UNAM

**Schreuder, H.; Gregoire T.; Wood, G. 1993:** Sampling methods for multiresource forest inventory. John Wiley & Sons. 425 p.

**Turner, M. & Gardner, R. 1990:** Quantitative Methods in Landscape Ecology. The analysis and interpreation of landscape heterogenity. Springer Verlag. 536 p.

---

<sup>1</sup> Profesor-Investigador de la Fac. de Ciencias Forestales, UANL. Apartado Postal # 41 C.P. 67700 Linares, N.L. e-mail  
jjimenez@ccr.dsi.uanl.mx,