

# CIENCIA FORESTAL

en México

ISSN 1405-3586

REV. CIEN. FOR. EN MÉX. VOL. 21. NÚM. 79. 196 P. MÉXICO, D.F. ENE-JUN 1996



INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES FORESTALES, AGRÍCOLAS Y PECUARIAS  
DIRECCIÓN GENERAL FORESTAL

La Revista **Ciencia Forestal en México**, es el órgano divulgativo del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, de la Secretaría de Agricultura, Ganadería y Desarrollo Rural, que tiene como finalidad difundir resultados parciales o finales de las investigaciones forestales realizadas por su personal científico, existiendo la posibilidad de publicar artículos de investigadores externos, nacionales o extranjeros.

## COMITÉ EDITORIAL FORESTAL

### Presidente y Director de la Revista:

Ing. Carlos E. González Vicente.  
(Enero-marzo 1996)

Dr. Carlos Rodríguez Franco.  
(Abril 1996)

### Secretaría Técnica:

Sra. María de Jesús Barrios Núñez.

### Vocales:

Ing. Gonzalo Novelo González,  
Instituto Nacional de Investigaciones  
Forestales, Agrícolas y Pecuarias,  
SAGAR.

Dr. Daniel Piñero Dalmau,  
Centro de Ecología, U N A M.

Ing. Víctor E. Sosa Cedillo,  
Director General Forestal,  
SEMARNAP

Ing. Sergio Varela Hernández,  
Inventario Nacional Forestal,  
SEMARNAP

Dr. Alejandro Velázquez Martínez,  
Coordinador de Investigación y  
Desarrollo, Colegio de Postgraduados.

### Editores:

Dr. José Daniel Garza y Rueda.  
Lic. Javier Sosa Cedillo.

Certificado de Licitud de Contenido Núm. 677  
Certificado de Licitud de Título Núm. 1151  
Número de la Serie Estándar Internacional (ISSN): 1405-3586.  
Índice de Revistas Científicas Mexicanas del CONACYT,  
oficio N° 544 del 2 de junio de 1995.

# CIENCIA FORESTAL

en México

VOL. 21

ENE-JUN 1996

NUM. 79

## CONTENIDO

	Pag.
LAS PROPIEDADES EDÁFICAS EN LA DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE SITIO PARA DOS ESPECIES DE PINO EN URUAPAN, MICHOACÁN. Salvador Madrigal H. y Hugo Ramírez M.	3
LA PROPAGACIÓN VEGETATIVA DE PLANTAS FORESTALES Leonel Iglesias Gutiérrez, J. Ángel Prieto Ruíz y Manuel Alarcón B.	15
INFLUENCIA DE DOS CORTINAS ROMPEVIENTOS SOBRE EL CULTIVO DE MAÍZ EN VILLA ALDAMA, VERACRUZ, MÉXICO. Jesús Gustavo Salazar García.	43
MICROORGANISMOS ASOCIADOS A LA SEMILLA DE TRES ESPECIES DE PINO Y TÉCNICAS DE DESINFECCIÓN. Ignacio Vázquez Collazo.	61
LA UBICACIÓN DE TRAMPAS Y FACTORES CLIMÁTICOS AFECTAN EL MONITOREO DE DESCORTEZADORES EN EL SUR DEL ESTADO DE JALISCO. Jaime Villa Castillo y José Villa Castillo.	87
INVENTARIO DEL ARBOLADO DE ALINEACIÓN DE LA CIUDAD DE MÉXICO. Alicia Chacalo Hilú, Jaime Grabinsky y Alejandro Aldama.	101
SITUACIÓN DEL ARBOLADO DE ALINEACIÓN DE LA CIUDAD DE MÉXICO: DELEGACIONES IZTACALCO E IZTAPALAPA, DISTRITO FEDERAL. Héctor M. Benavides Meza y Celia Segura Bailón	121
COEFICIENTES DE APROVECHAMIENTO DE TROCERÍA DE PINO EN ASERRADEROS BANDA. David Zavala Zavala.	165
HERBIVORY IN THE LIZARD <i>Sceloporus mucronatus mucronatus</i> (SAURIA: PHRYNOSOMATIDAE) IN SIERRA DEL AJUSCO, DISTRITO FEDERAL, MÉXICO. Julio Alberto Lemos Espinal y Royce E. Ballinger.	183
CUERPO CONSULTIVO	193

Handwritten text, possibly a date or reference number, located in the upper right corner of the page.

# LAS PROPIEDADES EDÁFICAS EN LA DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE SITIO PARA DOS ESPECIES DE PINO EN URUAPAN, MICHOACÁN

Madrigal H. Salvador\*  
Ramírez M. Hugo\*\*

## RESUMEN

Con la finalidad de poder relacionar variables edáficas con el Índice de Sitio para *Pinus douglasiana* Martínez y *P. lawsonii* Roetzl; se efectuó un muestreo de suelo en el Campo Experimental Barranca de Cupatitzio, ubicado en las inmediaciones de la ciudad de Uruapan, estado de Michoacán. Las muestras de suelo se tomaron en 28 perfiles de suelo, con dos horizontes A y AC, las cuales son muy variables en su espesor. Se determinaron las siguientes características y propiedades: porcentaje de arena, arcilla y limo, densidad aparente, humedad aprovechable, pH, Fósforo, Nitratos, entre otras, que fueron tomadas como variables independientes. La selección de las variables independientes, se hizo con base en la contribución para explicar la variabilidad del Índice de Sitio (IS); esto es, su aporte en  $R^2$ , por medio del procedimiento STEPWISE del programa de cómputo SAS. Encontrando que para *P. douglasiana* la variabilidad del Índice de Sitio es explicada principalmente por la densidad aparente y la lámina de agua aprovechable de cada horizonte así como por el espacio poroso cuando se obtienen valores promedios por perfil. En cambio, para *P. lawsonii* la variabilidad del Índice de Sitio es explicada únicamente por la densidad aparente en el horizonte A.

**Palabras clave:** Índice de Sitio, *Pinus douglasiana*, *Pinus Lawsonii*, características del suelo, Barranca de Cupatitzio.

---

\* M. C., Investigador del Campo Experimental Barranca de Cupatitzio. CIR-Pacífico Centro, INIFAP, SAGAR.

\*\* Ph.D., Profesor de Tiempo Completo, División de Ciencias Forestales y del Ambiente. UACH.

## ABSTRACT

A soil sampling was made in the Campo Experimental Barranca de Cupatitzio, that is located near Uruapan City, State of Michoacan, Mexico, to relate soil variables with site index for *Pinus douglasiana* Martínez and *P. lawsonii* Roehl. The soil sample was taken from 28 soil profiles with two thickness horizons: A and AC. The properties and characteristics percentage of sand, clay and silt, apparent density, available moisture, pH, phosphorus, nitrates, etc. were taken as independent variables. The independent variables selection was made according as a contribution to explain the site index variability, this is its contribution to  $R^2$ , by means of the STEPWISE procedure of SAS computer package. The results shown that for *P. douglasiana* the site index variability is explainable mainly by the apparent density and the available water lamina, also, by the available water lamina and the porous space with average values by profile. Whereas for *P. lawsonii* only the apparent density in the horizon A explain the Site Index variability.

Key words: Site Index, *Pinus douglasiana*, *Pinus lawsonii*, soil characteristics, Barranca de Cupatitzio.

## INTRODUCCIÓN

Para cumplir con el manejo adecuado de los bosques, es necesario que el profesional forestal cuente con herramientas que le permitan recabar suficientes datos e información sobre las masas arboladas que integran este recurso natural. De esta manera, la administración forestal cumplirá más fácil y satisfactoriamente los objetivos del manejo preestablecido.

Los modelos para estimar la capacidad productiva de los terrenos forestales, son algunas de las herramientas sobresalientes, ya que pueden ser utilizados en el diseño de regímenes silvícolas biológicamente posibles, así como predecir el incremento y rendimiento de árboles y masas forestales, predicciones necesarias para la instrumentación de los esquemas de regulación.

Evaluar la productividad de un sitio significa, generalmente, hacer mediciones de las características de éste y de las variables del rodal. Esta productividad se expresa comúnmente en términos de las propiedades de cada rodal, como la altura a cierta edad, con las que se generan curvas de IS. Estas curvas son la base de un método sencillo y práctico; sin embargo se requiere la presencia de arbolado.

Un problema frecuente es el desconocimiento de los requerimientos fisiográficos, edáficos y climáticos de la mayoría de nuestras especies forestales que son de importancia en el momento de plantar en áreas carentes de bosque.

La variabilidad de las condiciones geológicas, topográficas y climáticas presentes en el estado de Michoacán, han dado origen a diferentes ecotipos forestales; sin embargo, al trabajar en áreas con geología y clima semejantes, las características dasométricas pueden atribuirse a las variaciones topográficas y edáficas. De resultar cierto, sería posible estimar estas características a partir de propiedades físicas y químicas del suelo y viceversa, siempre que la consistencia de las estimaciones evidenciara confiabilidad en las estimaciones.

Por los argumentos anteriores y conociendo que un bosque está integrado por rodales de diferentes características dasométricas, que son un reflejo de las condiciones del lugar, se planteó estudiar las especies *Pinus douglasiana* Martínez y *P. lawsonii* Roezl, que son las más importantes económicamente, con el siguiente objetivo:

- Generar indicadores de calidad de sitio con base en propiedades físicas y químicas del suelo para el Campo Experimental Barranca de Cupatitzio, en la ciudad de Uruapan, Michoacán.

## ANTECEDENTES

Para modelar el crecimiento de árboles y masas forestales, necesariamente debe existir un motivante que en este caso es la administración para la producción maderable, y los medios para lograr su construcción (Ramírez, 1994)<sup>1</sup>. Los medios para la construcción se configuran con base en los conceptos teóricos que sobre el crecimiento se tengan. Actualmente se discierne sobre dos corrientes principales: los modelos empíricos y los modelos de procesos.

Los modelos de Índice de Sitio se clasifican dentro de los modelos empíricos, ya que en estos modelos, los procesos biológicos no son considerados directamente; en cambio el crecimiento se toma como la respuesta de un sistema complejo, sobre el que actúa un gran número de variables, pero pocas de ellas, frecuentemente solo una, la edad, se considera para el modelaje (Ramírez, *op. cit.*).

---

<sup>1</sup> Ramírez M., H. 1994. Construcción de modelos de crecimiento y su aplicación en el diseño de regímenes silvícolas. pp. 25-31.

Estos modelos son producto de la experiencia, tanto del modelador como la derivada de la experimentación, y pueden ser para árboles y para masas forestales, en los primeros los más relevantes son para crecimiento en altura.

El término Calidad de Sitio, se refiere a la capacidad que tiene un terreno forestal para favorecer el crecimiento de los árboles. Por lo tanto, la Calidad del Sitio estará determinada por la suma de los factores que afectan la productividad de un bosque, como son los climáticos, edáficos, topográficos y biológicos (Daniel *et al.*, 1986<sup>2</sup>; Spurr y Barnes, 1982<sup>3</sup>; Musálem *et al.*, 1986<sup>4</sup>; Pritchett, 1986<sup>5</sup>).

En el contexto del manejo forestal, la calidad de Sitio puede definirse como la producción potencial de madera de un sitio para una especie en particular o tipo de bosque. En sí, es un índice relacionado a la máxima cantidad de volumen que el suelo puede producir (Clutter *et al.*, 1983<sup>6</sup>; Davis y Johnson, 1987<sup>7</sup>).

Barnes *et al.* (1982)<sup>8</sup> presentaron un método ecológico de clasificación multifactorial, en el cual se establecieron las interrelaciones entre fisiografía, suelo y vegetación; factores usados para distinguir y cartografiar diferentes unidades de ecosistemas como base para un manejo intensivo de uso múltiple. Por otra parte, señalaron que los factores físicos del medio ambiente son relativamente estables y probablemente mejores predictores del sitio que la vegetación.

Frecuentemente se ha tomado de manera general un número considerable de variables del medio. Para discriminar esas variables a menudo se utiliza la metodología de análisis conocida como STEPWISE del programa de cómputo SAS (Statistical Analysis System). Es decir, una regresión paso a paso, originando una ecuación, que involucra las variables que mejor explican el fenómeno, sustentado por el coeficiente de determinación ( $R^2$ ), asociado al menor valor de la suma de cuadrados del error (Arteaga, 1985)<sup>9</sup>.

---

<sup>2</sup> Daniel P., W.; U. W. Helms y F. S. Baker. 1982. Principios de silvicultura.

<sup>3</sup> Spurry S., H. y B. V. Barnes. 1982. Ecología Forestal.

<sup>4</sup> Musálem S., M.; C. Rodríguez F.; F. Carrillo A. y G. Vera. 1986 (Inédito). Proyecciones de la investigación silvícola en los suelos forestales de México.

<sup>5</sup> Pritchett L., W. 1986. Suelos forestales (propiedades, conservación y mejoramiento).

<sup>6</sup> Clutter J., L.; C. Fortson J.; V. Pienaar L. y L. Bailey R. 1983. Timber management: A quantitative approach.

<sup>7</sup> Davis y N. Johnson K. 1987. Forest management.

<sup>8</sup> Barnes, B. V.; K. S. Pregitzer; T. A. Spies y V. H. Spooner. 1982. Ecological forest site classification. pp. 493-498.

<sup>9</sup> Arteaga M., B. 1985. Índice de Sitio para *Pinus patula* Schl. et Cham., en la región Chignahuapan Zacatlán.

En estudios realizados sobre este tema, utilizando la técnica mencionada, en Venezuela, Panamá, Costa Rica, Puerto Rico y en la parte Sur de México para la especie *P. caribaea* var *hondurensis*, se ha encontrado que la Calidad de Sitio (CS) aumenta con las características topográficas del terreno y las propiedades físicas del suelo, como es el contenido de limo, asnm, profundidad efectiva y microrelieve; en cambio, con las propiedades químicas del suelo regularmente la relación es inversa, como el Manganeso, Sodio y Potasio (Tobar, 1976<sup>10</sup>; Vásquez, 1987<sup>11</sup>; Ortega, 1986<sup>12</sup>; Hussain, 1987<sup>13</sup>; Fierros, 1989<sup>14</sup>; Zamudio y Fierros, 1992<sup>15</sup>).

El Índice de Sitio es una representación gráfica que describe la relación entre la altura y la edad de un rodal o árbol individual, para modelar dicha relación se han utilizado diferentes modelos y técnicas para ajustarlos. La mayoría de estas técnicas, según Clutter *et al.* (op. cit.), se encuadran en: 1) método de la Curva guía. 2) método de la diferencia algebraica y 3) método de la predicción de parámetros.

## MÉTODOS Y RESULTADOS

Como se ha expuesto, el crecimiento en altura de los árboles dominantes y codominantes es considerado como indicador de la Calidad de Sitio; este indicador se deriva de la relación altura-edad, que puede ser obtenida de parcelas permanentes, parcelas temporales o de análisis troncales. Para el presente estudio se optó por la última técnica, seleccionando 20 árboles por cada especie en estudio, *Pinus douglasiana* y *P. lawsonii*, distribuidos en 4 tipos de suelo. Los árboles seleccionados fueron derribados y seleccionados para la obtención de rodajas según la metodología propuesta por Mas (1970)<sup>16</sup>.

---

<sup>10</sup> Tobar, 1976. Evaluación de la Calidad de Sitio de las plantaciones de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* en relación a los factores edáficos en Cachipo, estado de Monagas, Venezuela.

<sup>11</sup> Vásquez C., W. 1987. Desarrollo de Índices de Sitio y selección de un modelo preliminar de rendimiento para *Pinus caribaea* var. *hondurensis* en la Reserva Forestal La Yeguada, Panamá.

<sup>12</sup> Ortega B., H. 1986. Factores edáficos y topográficos que determinan la Calidad de Sitio en plantaciones jóvenes de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* en Pavones, Turrialba, Costa Rica.

<sup>13</sup> Hussain, M. Z. 1987. Growth studies of plantations of *Pinus caribaea* var. *hondurensis* in Puerto Rico.

<sup>14</sup> Fierros G., A. 1989. Site quality, growth and yield. And growing space occupancy by plantations of *Pinus caribaea* var. *hondurensis* in Oaxaca, Mexico.

<sup>15</sup> Zamudio S., F. y A. Fierros G. 1992. Predicción de la Calidad de Sitio para *Pinus caribaea* var. *hondurensis* a través de propiedades edáficas.

<sup>16</sup> Mas P., J. 1970. Instructivo para realizar análisis troncales.

Con base en lo citado, en el presente estudio se probó la bondad de ajuste del modelo de Schumacher, el método de la **Curva guía**.

La dispersión de las mediciones de altura contra edad mostraron una tendencia definida para las dos especies, que sugiere el ajuste del modelo, por medio de un análisis de varianza para regresión no lineal.

Para realizar el ajuste sugerido, se empleó el programa de cómputo SAS, aplicando el procedimiento NLIN con el método DUD. Se consideró para la bondad de ajuste, la menor suma de cuadrados de los residuales, el valor mayor de F calculada, la **Pseudo R<sup>2</sup>**, el menor intervalo de confianza y los coeficientes de variación de los estimadores.

Las variables edáficas, tomadas como independientes, que tienen mayor influencia en el crecimiento en altura, fueron las medidas en el Campo Experimental Barranca de Cupatitzio, por Gómez-Tagle (1985)<sup>17</sup>.

El método de evaluación de la productividad del sitio por medio de las variables edáficas, implica encontrar asociaciones entre las características químicas y físicas del suelo con las dimensiones de los árboles. Estas asociaciones se identifican en un modelo lineal, generalmente seleccionando las variables que han probado tener influencia, también se incluyen otras que pueden tener influencia dada la especificidad señalada antes.

Los datos con que se alimentó el procedimiento fueron los IS determinados para el Campo Experimental Barranca de Cupatitzio; esto es, la altura de los árboles dominantes a la edad base de 50 años. La estimación de IS que se empleó fue la basada en el modelo de Schumacher. Cada árbol que se derribó para determinar el IS se ubicó cerca del lugar donde se excavó un perfil de suelo; de esta manera hubo para cada perfil una o más estimaciones de Índice de Sitio. De esta forma se alimentó al procedimiento con 215 observaciones para *Pinus douglasiana* y 192 para *P. lawsonii* que incluían para cada árbol altura total, edad, estimación del IS y las variables edáficas del perfil correspondiente.

Posteriormente, con la finalidad de determinar las variables que expliquen el comportamiento del IS, se realizaron regresiones múltiples, donde se consideró como variable dependiente el IS y como independientes a las propiedades físicas y químicas del suelo de dos horizontes A y AC, los que son muy variables en su espesor; por ejemplo el horizonte A varía entre 5-218 cm.

---

<sup>17</sup> Gómez-Tagle R., A. 1985. Levantamiento de los suelos forestales del C. E. Barranca de Cupatitzio y sus relaciones con la vegetación de coníferas.

Para *Pinus douglasiana* en las fases de suelo con dos horizontes y el promedio de éstos, los mejores ajustes, que llegaron a  $R^2$  de 0.81 y 0.69 respectivamente, fueron las ecuaciones 1 y 2.

$$IS = -138 + 44.53Dal + 43.89Laa2 \dots\dots\dots (1)$$

$$IS = 49.48 + 0.79Laa - 0.53EP \dots\dots\dots (2)$$

Se consideraron en la primera ecuación (1), los valores edáficos por cada horizonte, en tanto que en la segunda ecuación (2), se tomaron en cuenta los valores promedio de ambos horizontes, excepto el de la lámina de agua aprovechable.

En el primer modelo la densidad aparente (Dal) del suelo en el horizonte A, explica un 70.1% del fenómeno y un 10.1% es explicado por la lámina de agua aprovechable en el horizonte AC (Laa2); las dos variables en el modelo están positivamente asociadas al Índice de Sitio, siendo lógico ya que el valor de la Dal en el área de estudio, se encuentra entre 0.77 y 1.14, según Spurr y Barnes (*op. cit.*) y Pritchett (*op. cit.*), el valor óptimo es de 1.35 gr. por cm<sup>3</sup>. Además, respecto a Laa2, Pritchett (*op. cit.*), señaló que el crecimiento de los árboles está más controlado por la disponibilidad de agua que por cualquier otro factor, en casi todos los lugares.

El segundo modelo es explicado en 64.5% por la lámina de agua aprovechable en el perfil (Laa), que está positivamente asociado al Índice de Sitio. El espacio poroso, (EP) contribuye con un 5%, el cual está negativamente asociado al Índice de Sitio. La explicación de la relación de la lámina de agua aprovechable es la misma que para el párrafo anterior, y queda claro que a mayor cantidad de agua disponible, se obtendrá mayor crecimiento. Sobre el espacio poroso, siendo suelo bastante arenoso, se asocia negativamente a la retención de humedad, esto es, que el espacio poroso permite un drenaje más intenso y una infiltración rápida, que se asocia negativamente al Índice de Sitio.

Para el *Pinus lawsonii* en las fases de suelo con horizontes A y Ac, el mejor ajuste se obtuvo con  $R^2$  de 0.83, quedando el modelo (3).

$$IS = 29.17 + 50.64Dal \dots\dots\dots (3)$$

El Índice de Sitio para *Pinus lawsonii* es explicado en 83% por la densidad aparente del horizonte A, resultado que es congruente con lo expuesto para el caso de *P. douglasiana*,

siendo directamente proporcional, lo que puede ser lógico, ya que el área de estudio presenta valores entre 0.77 y 1.14, siendo el valor óptimo de 1.35; por lo que aun estos valores podrían ser mayores (Spurr y Barnes, *op. cit.*, y Pritchett, *op. cit.*).

Una vez que se determinaron las ecuaciones que explican el comportamiento del Índice de Sitio a través de las variables edáficas, se procedió a probar su eficiencia de ajuste en el modelo de la **Curva guía** seleccionado, sustituyendo el parámetro asintótico en la ecuación obtenida. Con esta operación se logró cambiar positivamente los valores de las pruebas estadísticas de ajuste del modelo seleccionado, por medio de regresión no lineal.

Así se tiene que en la especie *Pinus douglasiana* la pseudo R<sup>2</sup> aumentó de 74.50 a 9,150 al incluir los valores edáficos además de la edad, la suma de cuadros del error disminuyó de 4,596.79 a 57.52, cuando la altura se predice en función de las características edáficas de las fases de suelo considerando dos horizontes, quedando el modelo (4) como se presenta:

$$H = (\beta_3 * Dal + \beta_4 * Laal) * \left( e^{(-\beta_2 E^{-1})} \right) \dots\dots\dots (4)$$

En cambio, cuando la altura se predice en función de las características edáficas de los tipos de suelo, se observó que los valores de las pruebas estadísticas de ajuste disminuyeron en comparación con los de las fases, pero aun son mejores que los obtenidos mediante el modelo original; obteniéndose en este caso un **Pseudo R<sup>2</sup>** de 84.25 y una suma de cuadrados del error de 104.17. Esto es debido a que las predicciones se hacen en función del promedio de los horizontes excepto el valor de la lámina de agua aprovechable, quedando el modelo (5) como se presenta a continuación:

$$H = (\beta_3 * LaaP + \beta_4 * EPP) * \left( e^{(-\beta_2 E^{-1})} \right) \dots\dots\dots (5)$$

Para *Pinus lawsonii*, únicamente se encontró respuesta en las fases de suelo, la mejora al modelo original con respecto a los valores obtenidos en función de las características fue reducida pero se logró mejorar el modelo, pues el **Pseudo R<sup>2</sup>** aumentó de 62.94 a 71.80 y

la suma de cuadrados del error disminuyó considerablemente ya que de 5,469.50 se redujo a 57.62, el modelo (6) quedó constituido de la siguiente forma:

$$H = (\beta_3 * Dal) * \left( e^{(-\beta_2 E^{-1})} \right) \dots\dots\dots (6)$$

Respecto a las características químicas, puede notarse que no fueron determinantes, esto coincide con lo expuesto por la mayoría de los autores que han trabajado estas características. Esos autores señalan que en muchos casos no se han encontrado relaciones entre el crecimiento en altura y que cuando se encuentran regularmente son negativas. Algunas de las explicaciones se dan en términos de las relaciones complejas entre las propiedades químicas del suelo; las relaciones podrían ocasionar la inversión de la correlación positiva que sería de esperarse entre el contenido de nutrientes y el crecimiento de los árboles. Así, por ejemplo, nutrientes como Aluminio, Hierro y Manganeso se convierten en tóxicos a valores bajos de pH; otros como el Fósforo pueden fijarse en compuestos insolubles (Vicent, 1978<sup>18</sup>; Ortega, *op. cit.*; Pritchett, *op. cit.*; Vásquez, *op. cit.* y Hussain, *op. cit.*).

Para el caso particular del Nitrógeno total, que es una de las determinaciones que más comúnmente se realizan en los análisis de suelos, la mayor parte de este elemento está fijado como Nitrógeno orgánico en el humus (Brady, *op. cit.*); este autor reporta que un 8% se puede encontrar en la capa superficial del suelo y hasta un 40% en el subsuelo en forma fija a las arcillas, en donde está relativamente disponible a las plantas. El Amonio soluble y los Nitratos rara vez representan más del 1 ó 2% del Nitrógeno total presente. Por lo mencionado y otros procesos químicos, la relación entre el Nitrógeno y el crecimiento de los árboles podría estar enmascarada.

Con lo anterior podría hipotetizarse que la relación negativa o la no relación es más bien un efecto que una causa, sobre todo en suelos pobres en Nitrógeno fácilmente disponibles a las plantas; lo que significa que, los suelos están más pobres en Nitrógeno, en aquellos lugares en que la combinación de otros factores permite a los árboles su rápida (fácil) utilización.

<sup>18</sup> Vincent L. W. 1978. Site classification for young caribaea pine in grasslands, Venezuela.

Esto parecería confirmarse con los resultados de Liegel (1981)<sup>19</sup>, encontró que el crecimiento en altura de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* se puede predecir más fácilmente a través del contenido de Nitrógeno en el follaje que el existente en el suelo (Zamudio y Fierros, *op. cit.*).

## CONCLUSIONES

- Se determinó que las predicciones del crecimiento en altura, se pueden estimar en forma explícita e implícita con resultados satisfactorios, para este tipo de estudios. En la predicción explícita, se observó que se obtienen mejores resultados en cuanto a la bondad de ajuste, cuando se usan las variables, lámina de agua aprovechable, densidad aparente y espacio poroso, en lugar del asíntota.
- El índice de sitio expresado a través de las características físicas del suelo, ayuda a determinar áreas potencialmente útiles, para plantaciones forestales.

## BIBLIOGRAFÍA

- Arteaga M., B. 1985. Índice de Sitio para *Pinus patula* Schl. et Cham., en la región Chignahuapa-Zacatlán, Puebla. Tesis de Maestría. Colegio de Postgraduados, Programa Académico Forestal. Montecillo, México. 1181 p.
- Barnes, B. V.; K. S. Pregitzer; T. A. Spies y V. H. Spooner. 1982. Ecological forest site classification. Society of American Foresters. Journal of forestry 80: 493-498.
- Brady, N. C. 1984. The nature and properties of soils. New York, Macmillan. 750 p.
- Clutter, J.L.; J. C. Fortson; L. V. Pienaar y R. L. Bailey. 1983. Timber management: A quantitative approach. Wiley. New Yorker. 333 p.
- Daniel, P. W.; U. W. Helms y F. S. Baker. 1982. Principios de silvicultura. McGraw-Hill. México. 492 p.

---

<sup>19</sup> Liegel M., Z. 1987. Seasonal nutrition of 3 and 4 year old *Pinus caribaea foxtalis* and normal branched trees in Puerto Rico.

- Davis, S.L. and K. N. Johnson. 1987. Forest management. 3a. ed. McGraw-Hill. USA. 730 p.
- Fierros G., A. 1989. Site quality, growth and yield. And growing space occupancy by plantations of *Pinus caribaea* var. *hondurensis* in Oaxaca, Mexico. Ph D. Dissertation. Yale University Graduate School. 213 p.
- Gómez-Tagle R., A. 1985. Levantamiento de los suelos forestales del C.E. Barranca de Cupatitzio y sus relaciones con la vegetación de coníferas. Universidad Autónoma de México. Tesis de Maestría. México. 135 p.
- Hussain M., Z. 1987. Growth studies of plantations of *Pinus caribaea* var. *hondurensis* in Puerto Rico. Ph.D. Dissertation. Yale University School of Forestry and Environmental Studies. New Haven, Conn. 118 p.
- Liegel M., Z. 1987. Seasonal mitrition of 3 and 4 year old *Pinus caribaea* foxtails and normal branched trees in Puerto Rico. Ph.D. Thesis. Nort Carolina State University, Raleigh, NC. 141 p.
- Madrigal H., S. 1986. Caracterización dasométrica del Campo Experimental Barranca de Cupatitzio, Mich. Tesis Profesional. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 94 p.
- Mas P., J. 1970. Instructivo para realizar análisis troncales. Boletín Divulgativo N° 23. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales. Mexico. 23 p.
- Musálem S., M.; C. Rodríguez F.; F. Carrillo A. y G. Vera C. 1986 inédito. Proyecciones de la investigación silvícola en los suelos forestales de México. INIFAP México. 25 p.
- Ortega B., H. 1986. Factores edáficos y topográficos que determinan la Calidad de Sitio en plantaciones juvenes de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* en Pavones, Turrialba, Costa Rica. Tesis de Mg. Sc. UCR/CATIE, Tirrialba, Costa Rica 110 p.
- Pritchett L., W. 1986. Suelos forestales (propiedades, conservación y mejoramiento). Ed. Limusas. México. 634 p.
- Ramirez M., H. 1994. Construcción de modelos de crecimiento y su aplicación en el diseño de regimenes silvícolas. In: Memoria Simposio de Manejo y Silvicultura. Colegio de Postgraduados. Montecillo, México. pp. 25-31.

- Spurr, S. H. y B. V. Barnes. 1982. Ecología Forestal. A.G.T. Editor. México. 690 p.
- Tobar. 1976. Evaluación de la Calidad de Sitio de las plantaciones de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* en relación a los factores edáficos en Cachipo, Edo. de Monagas, Venezuela. Tesis de M.Sc. Mérida, Venezuela, Facultad de Ciencias Forestales, Universidad de los Andes. 169 p.
- Vásquez C., W. 1987. Desarrollo de Índices de Sitio y selección de un modelo preliminar de rendimiento para *Pinus caribaea* var. *hodurensis* en la Reserva Forestal La Yeguada, Panama. Tesis de M.Sc. UCR/CATIE, Turrialba, Costa Rica. 113 p.
- Vincent, L. W. 1978. Site classification for young *caribaea* pine in grasslands, Venezuela. Ph. D. Thesis. University of Tennessee, Knoxville. 149 p.
- Zamudio S., F. y A. M. Fierros G. 1992. Predicción de la Calidad de Sitio para *Pinus caribaea* var. *hodurensis* a través de propiedades edáficas. 16 p.

# LA PROPAGACIÓN VEGETATIVA DE PLANTAS FORESTALES

Iglesias Gutiérrez Leonel\*  
Prieto Ruíz José Ángel\*\*  
Alarcón Bustamante Manuel\*\*\*

## RESUMEN

En México, se debe aprovechar al máximo el potencial para obtener mayores ganancias genéticas, mediante el uso del material vegetativo de árboles selectos y huertos semilleros con polinización controlada, combinados con huertos clonales. En algunos árboles de ornato y para plantaciones de protección, el uso de técnicas vegetativas para su propagación se ha practicado desde hace siglos debido a sus numerosas ventajas, entre las que sobresalen los beneficios de importantes reducciones en el tiempo de crecimiento y las ganancias genéticas que con ella se pueden lograr.

Este trabajo se llevó a cabo para apoyar y facilitar las actividades de propagación de plantas, especialmente árboles con fines de producción comercial, mejoramiento genético o para investigación. Se evaluaron las ventajas y desventajas de la propagación vegetativa, así como los métodos más comunes, avanzados y recomendables tales como el enraizado de estacas, injertos, acodos aéreos y propagación por monte bajo. Se plantean las perspectivas de propagación vegetativa y los principales problemas que llegan a presentarse, como son los monocultivos clonales o las conductas de crecimiento del material vegetativo por reproducir.

Palabras clave: Propagación vegetativa, mejoramiento genético, injertos, estacas, forestal.

---

\* M.C., Director de la División Forestal del CIRNOC. INIFAP, SAGAR.

\*\* M.C., Investigador del Prog. Plantaciones Forestales. CEVAG-CIRNOC. INIFAP, SAGAR.

\*\*\* Ing. Agrónomo. Investigador del Prog. Plantaciones Forestales. CESICH-CIRNOC. INIFAP, SAGAR.

## ABSTRACT

The potential forest tree improvement through vegetative propagation techniques like seed orchards, with controlled pollination and clonal propagation, has to be properly used in Mexico. In some ornamental and protectional trees, the use of vegetative techniques, has been carried out for several centuries, due to the several advantages like reduction in growing time, and the genetic gain implied.

This paper was undertaken for backing up all activities related to plant propagation, specially for comercial production, genetic improvement and research. It were described the importance, advantages and disadvantages of vegetative propagation; the most common, advanced and advisable methods as stem rooting, grafts, aerial layer and propagation by low mount; they also deal with the perspectives of vegetative propagation and its main limitating problems, such as clonal monocultures and growth behaving on vegetative material.

Key words: Vegetative propagation, genetic improvement, grafts, stems, forestry.

## INTRODUCCIÓN

En los últimos 20 años se han realizado diversos trabajos orientados a encontrar métodos y técnicas que permitan propagar una gran variedad de especies por medios vegetativos. La **Propagación Vegetativa (PV)** constituye una herramienta importante de apoyo para el desarrollo de programas de mejoramiento genético forestal, encaminados a reproducir individuos de alto valor genético para el establecimiento de huertos semilleros, conservar genotipos de alto valor económico o en peligro de extinción y multiplicar especies de importancia genética, económica o escénica (Prieto, 1992)<sup>1</sup>.

La PV puede efectuarse a través de injertos, estacas, acodos aéreos y cultivo de tejidos; cada técnica tiene características propias y funciona bajo determinadas condiciones, lo que hace que el ser humano las emplee en función de las posibilidades de multiplicación y de uso. Por esta razón, los especialistas han buscado dominar la técnica requerida; sin embargo, la capacidad de respuesta de las especies varía enormemente.

---

<sup>1</sup> Prieto R., J. A. 1992. Estudio de algunos factores que influyen en la propagación por estaquillas de *Cupressus guadalupensis* S. Wats.

La limitante principal de la PV ha sido el bajo porcentaje reproductivo, ya que sólo unas cuantas especies arbóreas se reproducen fácilmente (*Populus* sp., *Salix* sp. *Platanus* sp., *Tamarix* sp. y *Ficus* sp., entre otras). Por ello, es necesario ampliar el número de especies a propagar y mejorar la técnica, ya que las plantas reproducidas vegetativamente tienen muchas ventajas para su cultivo.

En este documento se presentan algunos resultados de investigaciones desarrolladas en otros países y experiencias conocidas por los autores en México. Además se exponen detalles de la importancia, métodos, técnicas, perspectivas y consideraciones generales de la propagación vegetativa de árboles forestales.

## ANTECEDENTES

La reproducción asexual implica la generación de plantas a partir de partes vegetativas como tubérculos, bulbos, estacas, rizomas y ramas; también de partes sexuales como huevos sin fertilizar u otras células del óvulo (Eguiluz, 1988)<sup>2</sup>. El proceso de reproducción asexual implica la duplicación íntegra del sistema cromosómico y del citoplasma asociado de la célula progenitora (Hartmann y Kester, 1990)<sup>3</sup>. La PV esta basada en la capacidad de regeneración de las plantas a partir de células somáticas y en consecuencia reproducen toda la composición genética de la planta progenitora (Patiño y Marín, 1993)<sup>4</sup>.

La agricultura primitiva tuvo avances importantes debido al descubrimiento de plantas que podían propagarse asexualmente, ésto originó que la vid, el olivo, la higuera y plantas que producen bulbos, tubérculos o rizomas como la papa, cebolla, ajo, caña de azúcar, piña y bambú fueran ampliamente utilizadas para obtener alimentos (Hartmann y Kester, *op. cit.*).

La PV se ha utilizado intensamente desde el siglo pasado para multiplicar plantas herbáceas de interés ornamental, como rosas, gladiolas y orquideas, para propagar plantas arbóreas de los géneros *Populus*, *Salix*, *Platanus* y *Ficus*, las cuales son ampliamente utilizadas para forestaciones urbanas y para multiplicar masivamente plantas del género *Eucalyptus*, que se ha convertido en uno de los mas importantes para la industria papelera debido a su crecimiento rápido.

---

<sup>2</sup> Eguiluz P., T. 1988. Glosario de términos de genética y mejoramiento genético forestal.

<sup>3</sup> Hartmann, H. T. y D. E. Kester. 1990. Propagación de plantas: Principios y prácticas.

<sup>4</sup> Patiño, V., F. y Marín, C., J. 1993. Viveros Forestales. Planeación, establecimiento y producción de planta.

## Ventajas de la Propagación Vegetativa

La PV facilita la producción masiva de genotipos seleccionados, conserva la superioridad genética de clones preseleccionados (Carson, 1986)<sup>5</sup> y permite obtener una gran cantidad de plantas de una fuente deseable, aunque existan en cantidades reducidas (Gill, 1983<sup>6</sup>; Baldwin y Mason, 1986<sup>7</sup>).

Con la PV puede capturarse la máxima ganancia genética (Zobel y Talbert, 1988)<sup>8</sup> y ofrece la oportunidad de realizar mejoramiento genético para satisfacer la demanda de planta para reforestaciones, al menos hasta que la producción de semilla se haga en huertos semilleros (John y Webb, 1987)<sup>9</sup>.

En resumen, la PV permite: a) reproducir en forma uniforme y masiva genotipos individuales selectos; b) preservar genotipos a través de bancos clonales; c) multiplicar rápidamente genotipos deseados; d) evaluar la interacción de genotipos con el ambiente a través de pruebas clonales; e) acelerar la madurez de las plantas, al ahorrarse el período de crecimiento juvenil; f) reproducir especies con problemas para propagarse por semilla, y, g) ahorro económico en algunas especies al ser el medio más fácil de propagación.

## Desventajas de la Propagación Vegetativa

La PV es difícil de realizar en todas las especies de interés, especialmente si se trata de árboles maduros, edad en la que es posible apreciar su genotipo. En ciertas especies, especialmente de coníferas, la multiplicación por este medio es costosa; por ejemplo, en el género *Pinus* se requieren equipos y procedimientos especiales para reproducirla vegetativamente, ya sea por medio de estacas, cultivo de tejidos o injertos; por esta razón, todavía es incosteable propagar ese género operativamente y se ha hecho sólo a nivel de investigación. Además, cuando se trata de enraizar estacas o acodos aéreos, llegan a existir problemas de bajo o nulo enraizamiento; por lo tanto, la eficacia de cada método es diferente.

---

<sup>5</sup> Carson, M. J. 1986. Advantages of clonal forestry for *Pinus radiata*. real or imagined?. 16(3):403-415.

<sup>6</sup> Gill, J. G. S. 1983. Comparisons of production costs and genetic benefit of transplants and rooted cuttings of *Picea sitchensis*.

<sup>7</sup> Baldwin, E. and Mason, W. L. 1986. An early trial of sitka spruce cuttings. 4Q:176-184.

<sup>8</sup> Zobel, B. y Talbert, J. 1988. Técnicas de mejoramiento genético de árboles forestales.

<sup>9</sup> John, A. and Webb, K. J. 1987. Sitka spruce (*Picea sitchensis* (Bong) Carr.). Vol. 3:30-41.

Cuando se establecen plantaciones por vía asexual existe mayor riesgo de ataque de plagas y enfermedades, debido a que los genotipos tienen información genética similar.

## MATERIALES Y MÉTODOS

La propagación de plantas forestales por estacas, injertos, acodos aéreos y cultivo de tejidos ha tenido diferente desarrollo y aplicación, el éxito de cada método depende principalmente de la especie, de la edad de la planta, de la época de colecta del material vegetativo y de las condiciones de reproducción.

El método a emplear depende de los objetivos que se persigan y de la facilidad de multiplicación de la especie por el método deseado; por ejemplo, para propagar planta en forma masiva para forestaciones urbanas, el método apropiado es usar estacas, sobre todo para los géneros *Salix*, *Populus*, *Platanus* y *Tamarix*, entre otros, o acodos aéreos para *Ficus* sp.; en cambio, deben usarse injertos para establecer huertos semilleros.

### Enraizado de Estacas

Este método es el más importante para propagar arbustos ornamentales, también se utiliza en la propagación de árboles frutales y plantas de ornato con flores. Las especies fáciles de propagar por este medio tienen la ventaja que de pocas plantas pueden obtenerse una gran cantidad; además es rápido, sencillo y económico.

El enraizado de estacas se ha convertido en el método principal de reproducción clonal en países como Brasil, Sudáfrica, Portugal y el Congo (Simoes *et al.*, 1981)<sup>10</sup>.

Diversos factores influyen en el enraizado de estacas, de ellos destaca la capacidad intrínseca de las especies debido a las propiedades genéticas y fisiológicas (Leakey, 1982)<sup>11</sup>.

---

<sup>10</sup> Simoes, J. W.; Brandi, R. M.; Leite, N. B. and Balloni, E. A. 1981. Formacao, manejo e exploracao de florestas com especies de rapido crescimento.

<sup>11</sup> Leakey, R. R. B. 1982. The capacity for vegetative propagation in trees. pp. 110- 133.

Otros factores importantes son: edad de la planta, posición en la copa del material a propagar, época de colecta, características de las estacas, condiciones ambientales en el enraizado, uso de sustancias promotoras del enraizamiento y propiedades de los medios de enraizamiento (Rauter, 1982<sup>12</sup>; Haissig, 1982<sup>13</sup>; Libby, 1983<sup>14</sup>; Macdonald, 1986<sup>15</sup>).

La posición de la rama lateral esta relacionada con la intensidad de luz que recibe e influye en su enraizamiento (Leakey, 1983)<sup>16</sup>. Asimismo, el grado de enraizamiento y el número de raíces formadas en estacas tiene relación directa con la longitud de las mismas (Mohammed, 1985)<sup>17</sup>, por lo que deben hacerse ensayos pequeños por especie respecto a estos factores.

Se ha demostrado que la edad, después de las propiedades genéticas, es el factor que mas limita el enraizado. Los tejidos maduros tardan más tiempo para enraizar y desarrollan menor número de raíces que los tejidos juveniles. La mayoría de las estacas provenientes de árboles viejos tienen pocas posibilidades de enraizar, esto limita los trabajos de mejoramiento genético debido a que se requiere que los árboles de interés tengan edades adultas para saber si tienen el fenotipo deseado. A mayor tamaño y madurez de la sección de una planta, menor es su habilidad para enraizar; sin embargo, esto puede evitarse al utilizar plantas jóvenes o ramas rejuvenecidas (Zimmemenn, 1976; *cit. pos* Leakey, 1986)<sup>18</sup>.

El rejuvenecimiento de ramas se promueve mediante el establecimiento de jardines con la especie deseada, las cuales se plantan como ceto para ornato, en donde lo útil serán las puntas que resulten de cada poda; de ésta forma los árboles se convierten en proveedores de púas rejuvenecidas con características genéticas constantes. Para garantizar la producción de propagulos de valor genético adecuado, debe establecerse un ceto por clon, lo que puede dar origen a un jardín clonal.

---

<sup>12</sup> Rauter, R. M. 1982. Recent advances in vegetative propagation including biological and economic considerations and future potential.

<sup>13</sup> Haissig, B. E. 1982. The rooting stimulus in pine cuttings. pp.625-638.

<sup>14</sup> Libby, W. J. 1983. Potential of clonal forestry.

<sup>15</sup> Macdonald, B. 1986. Practical woody plant propagation for nursery growers.

<sup>16</sup> Leakey, Fr. R. B. 1983. Stockplant factors affecting root initiation in cutting of *Triplochiton scleroxylon* K. Schum., an indigenous hardwood of West Africa. 581(2):277-290.

<sup>17</sup> Mohammed, H. R. S. 1985. The effects of stem length on root initiation in sequential single-node cuttings of *Triplochiton scleroxylon* K. Schum. 60(3):431-437.

<sup>18</sup> Leakey, R. R. B. 1986. Cloned tropical hardwoods. Quicker Genetic Gain Span 29:35-37.

En estacas de *Picea* el porcentaje de enraizamiento disminuye rápidamente conforme aumenta la edad de árbol (Gill, *op. cit.*), a pesar de estos resultados, Struve *et al.*, 1984 *cit. pos*, Baldwin y Mason, *op. cit.*, reportaron que plantas provenientes de estacas de *Pinus strobus* de 37 años de edad, fueron tan saludables como plantas de estacas originadas de plántulas.

**a) Sustancias promotoras del enraizamiento.-** Las sustancias promotoras del enraizamiento permiten promover la formación de raíces adventicias e incrementar su cantidad y calidad (Wright, 1986)<sup>19</sup>. De las sustancias reguladoras del crecimiento que existen en las plantas, las auxinas son las más eficientes y en consecuencia las más utilizadas (Hartmann y Kester, *op. cit.*).

Las auxinas que han servido para la reproducción vegetativa son: ácido indolbutírico (AIB), ácido indolacético (AIA) y ácido naftalenacético (ANA); de ellas, el AIB ha funcionado mejor ya que carece de toxicidad en un amplio rango de concentraciones, tiene poco desplazamiento y es eficiente en gran variedad de especies (Hartmann y Kester, *op. cit.*), ésto ha propiciado que sea la base de una diversa gama de preparaciones comerciales (Macdonald, *op. cit.*).

La concentración de sustancias promotoras del enraizamiento depende principalmente de la facilidad de enraizamiento de la especie. Macdonald, *op. cit.*, propuso que la concentración de AIB esté en función de las características de las especies, como se indica a continuación: 500-1000 ppm, para especies de madera blanda y en especies fáciles de enraizar sin importar el tipo de madera que tengan; 2000-2500 ppm, en especies con moderada facilidad para enraizar, de madera semidura y dura, tanto en plantas de hojas perennifolias como caducifolias; 5000-7000 ppm, en especies difíciles de enraizar, de madera semidura y dura, sin importar si son de hojas perennes o caducas.

En el mercado existen enraizadores comerciales en polvo compuestos por una mezcla de auxinas y fungicidas. La presentación de enraizadores en solución líquida es poco común. Cuando se utilicen enraizadores en polvo, deberá sumergirse la base de las estacas en el enraizador, las cuales deberán estar húmedas para que se adhiera una capa delgada. En enraizadores líquidos la base de las estacas se sumergirá en la solución durante el tiempo indicado en la etiqueta. Los enraizadores comerciales en polvo más comunes son rootone, radix y raizone-plus.

---

<sup>19</sup> Wright, J. W. 1986. Mejoramiento genético de los árboles forestales.

**b) Medios de enraizamiento.-** Los medios de enraizamiento o sustratos deben proporcionar buena humedad, permitir una adecuada aireación, poseer partículas de tamaño uniforme, carecer de impurezas y que su pH fluctúe entre 5.5 y 6.5 (Macdonald, *op. cit.*).

En invernadero pueden utilizarse como sustratos: arena, musgo turboso, vermiculita, tezontle, perlita y agrolita (carlita); en cambio, a la intemperie es deseable que los medios de enraizamiento sean menos porosos para que retengan mas la humedad. Cuando el estacado se hace en el terreno, el sustrato es el mismo suelo.

Díaz (1991)<sup>20</sup>, utilizó con éxito una cámara rústica de enraizamiento, construida con madera y plástico. En el fondo y a los lados se coloca una hoja de plástico para retener humedad. La base se rellena con capas alternas de piedra y grava, sobre ellas se aplica el medio de enraizamiento, después se satura de agua y se colocan las estacas. Las dimensiones de la cámara dependen de la cantidad de estacas a enraizar.

Una preparación similar, pero más sencilla y de menor costo que la anterior, puede realizarse directamente en terreno, cavando una zanja de 0.4 m de profundidad, 1.2 m de ancho y 10 m largo, o adaptada a las necesidades. La zanja puede llenarse con el sustrato descrito antes o elegirse otro que cumpla con las características descritas en esta misma sección.

**c) Condiciones ambientales.-** La temperatura y humedad relativa desempeñan un papel importante en la propagación de estacas, para su control se requiere contar con un invernadero equipado con sistema de aire acondicionado y riego; esto es indispensable en especies que presentan dificultad para enraizar, como la mayoría de las especies del género *Pinus*.

La humedad relativa en invernadero debe ser mayor al 60%, esto permite reducir el estres en las estacas debido a la transpiración ; sin embargo, la humedad excesiva combinada con temperaturas altas pueden propiciar la aparición de enfermedades fungosas. La mayoría de los viveristas afirman que la temperatura debe fluctuar entre los 18 y 28 °C, si es menor a los 18°C existe poco movimiento de auxinas hacia la base de las estacas y limita su enraizamiento; en cambio, si es demasiado alta, la tasa de transpiración y respiración es excesiva. Rauter (*op. cit.*), indicó que la temperatura idónea debe fluctuar entre 20 y 22 °C.

---

<sup>20</sup> Díaz M., E. R. A. 1991. Técnicas de enraizado de estacas juveniles de *Cedrela odorata* L. y *Gmelina arborea* Linn.

Una variante de éxito en especies difíciles de enraizar, consiste en incrementar la temperatura en el suelo hasta 5° C con respecto a la del ambiente del invernadero, mediante la preparación de la cama de enraizamiento con una resistencia eléctrica que calentará el sustrato.

Cuando se propaga material vegetativo a la intemperie es difícil controlar los factores ambientales; sin embargo, deben procurarse las condiciones más favorables, a través de una elección adecuada de la fecha de estacado con humedad apropiada.

**d) Época de colecta de estacas.-** La época de colecta influye en el enraizamiento debido a que las plantas varían sus condiciones fisiológicas durante el año. En regiones de clima templado-frío la época de estacado con mejores resultados es entre diciembre y febrero, etapa en que las plantas tienen poca actividad metabólica al estar en reposo.

Las estacas de especies caducifolias deben colectarse durante el período de reposo de las plantas, comprendido entre la caída de las hojas y el inicio de la brotación de las yemas (otoño-invierno). Los géneros que pueden ubicarse en este grupo son: *Populus*, *Salix*, *Ulmus* y *Platanus*, además de algunos frutales. Las especies perennifolias pueden propagarse en otras épocas del año, aunque también otoño o invierno suelen ser apropiados. Algunos géneros de este grupo son: *Pinus*, *Juniperus*, *Cupressus*, *Ligustrum*, *Eucalyptus* y *Tamarix*.

Hernández (1977)<sup>21</sup>, evaluó la influencia de fechas de estacado durante el invierno en especies de *Populus* sp. y obtuvo los siguientes resultados: en *Populus alba* el período más apropiado ocurrió entre el 26 de enero y el 15 de febrero; mientras que en *P. balsamifera* la fecha de plantación más adecuada fue el 15 de febrero; en cambio, en *Populus x canadensis* el 5 de febrero y el 6 de marzo fueron las mejores fechas.

**e) Tamaño de las estacas.-** El tamaño de las estacas depende de la especie, en plantas caducifolias varía de 15 a 75 cm y las ornamentales fluctúan entre 15 y 30 cm, mientras que en frutales deben ser mayores a 30 cm; en todo caso el criterio debe basarse en que tengan al menos dos brotes, uno en cada extremo, puesto que el extremo basal dará origen a las raíces mientras que el distal emitirá el follaje. Hernández (*op. cit.*), encontró que estacas de *Populus alba* y *P. balsamifera* enraizaron mejor con cinco brotes, en relación con las que tenían tres y cuatro. El diámetro de las estacas varía de 0.5 a 1.5 cm y para reducir la pérdida de humedad debe eliminarse el follaje.

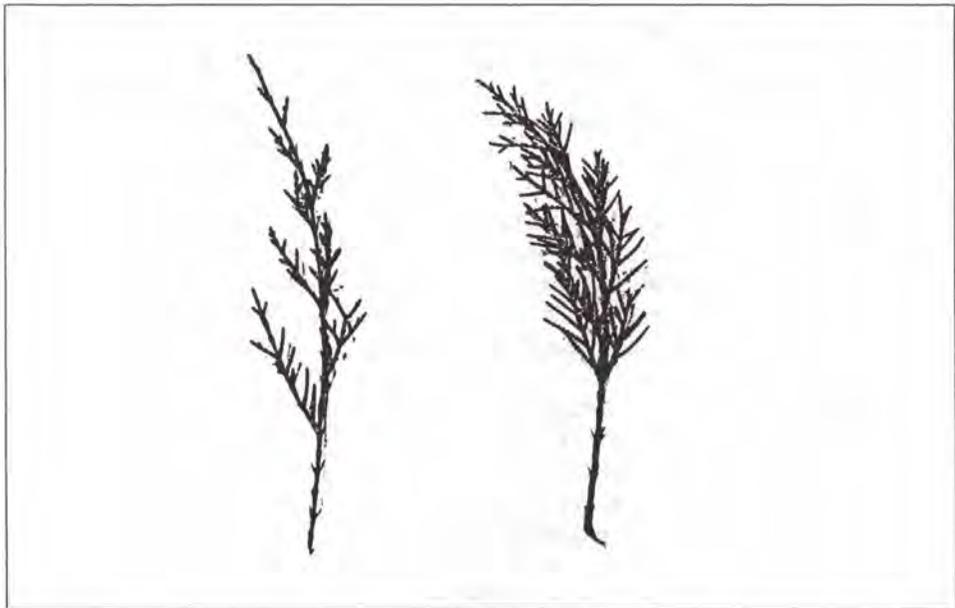
---

<sup>21</sup> Hernández D., J. C. 1977. Estudio de algunos factores que afectan el prendimiento de estacas de *Populus alba* L., *P. balsamifera* Duroi, *P. x canadensis* Moench y *Acer negundo* L.

Prieto (1995)<sup>22</sup>, evaluó en *Populus canadiensis* el efecto del número de yemas (2 a 6) y del diámetro de estacas (1.0, 1.5 y 2.0 cm) en el enraizamiento y crecimiento en altura, los mejores resultados se obtuvieron en las estacas con cinco y seis yemas y con 1.0 cm de diámetro.

Las estacas de *Gmelina arborea* y *Cedrela odorata*, deben prepararse a una longitud de 6 a 8 cm (Díaz, *op. cit.*), mientras que las del género *Eucalyptus* deben tener de 12 a 24 cm y dejar uno o dos pares de hojas (Simoes *et al.*, *op. cit.*).

El diámetro de las estacas en especies de hoja perenne debe ser menor a 1.0 cm, con largo de 7 a 20 cm. A este tipo de estacas se les elimina el follaje de la parte inferior y, para reducir la pérdida de humedad por transpiración, se les recorta o elimina parte del follaje. En este grupo están los géneros *Cupressus*, *Juniperus*, *Pinus* y *Ligustrum*, entre otros, *vid., infra*, Figura N° 1.



**Figura N° 1.** Características de estacas de plantas con follaje perennifolio (*Cupressus* sp.).

<sup>22</sup> Prieto R., J. A. 1995. Pruebas de enraizamiento de *Ulmus* sp. y *Populus* sp., probando diferentes factores.

**f) Estratificación.-** Comunmente la colecta de estacas se realiza cuando las condiciones climáticas son inapropiadas para que enraicen o están inmaduras fisiológicamente, estas circunstancias obligan a que tengan que almacenarse, para lo cual existen dos opciones: 1) poner las estacas en aserrín, musgo turboso o arena ligeramente húmedos y envolverlas en bolsas de polietileno, para posteriormente almacenarlas en un refrigerador entre 0 y 4.5 °C; y, 2) hacer manojos de estacas y enterrarlas en arena o aserrín húmedo en posición invertida en un lugar fresco. Una vez que la temperatura media es agradable (superior a los 12 °C) se ponen a enraizar.

Prieto, *op. cit.*, evaluó en *Ulmus* sp. el efecto de: épocas de colecta (23 de diciembre, 5 de enero, 20 de enero, 5 de febrero y 19 de febrero), condiciones de estratificación (arena húmeda y en refrigerador a 4°C) y aplicación de un enraizador (QF y sin enraizador). Los porcentajes de enraizamiento fueron bajos (3.0 % en promedio) e insuficientes para dar recomendaciones; por ello, lo apropiado es seguir evaluando la especie; sin embargo, cuando se combinaron los factores: fecha de colecta (20 de enero), enraizador (QF) y estratificación (a 4 °C), se logró un 16.6 % de enraizamiento.

**g) Estacado.-** Las estacas pueden ponerse en bolsas, en camas de crecimiento o en el terreno; cuando se ponen en bolsas su tamaño debe de ser grande (diámetro > a 10 cm y largo de 20 a 30 cm), para que el sistema radical tenga espacio suficiente para un desarrollo apropiado; esta alternativa es mas común en rosales o plantas de ornato. El sustrato debe ser el mismo que se utiliza para producir planta por semilla.

El estacado en camas de crecimiento es poco común debido a que requiere bastante espacio; sin embargo, cuando el material a propagar es poco, esta opción es posible; normalmente las estacas van separadas de 10 a 15cm.

El estacado en terreno es el más común y el más práctico, previo a este se trazan surcos de 40 a 80 cm de ancho. Las estacas se plantan en la parte más baja del surco o en el tercio inferior de ambos lados; la separación entre estacas varía de 15 a 30 cm dependiendo del hábito de crecimiento de la especie y del tiempo que duren las estacas.

Las estacas deben enterrarse dos terceras partes y ponerse en posición vertical o un poco inclinadas; después del estacado debe aplicarse un aniego para que se reafirme su contacto con el suelo.

Durante el inicio del estacado el suelo o sustrato debe estar húmedo, esto evita desecación de las estacas y permite que existan condiciones apropiadas para la formación de las raíces adventicias y brotación de las yemas; una vez que las estacas han enraizado, los riegos pueden ser menos frecuentes.

## Injertos

El injerto consiste en unir dos plantas con el propósito de perpetuar una o varias características genéticas de las mismas. Se coloca la parte de la planta que se desea propagar (púa) sobre la parte de la planta que la soportará (patrón, pie o porta-injerto).

La púa es un trozo de rama separada de la planta madre que contiene una o varias yemas en reposo que al ser unida al patrón, crecen de ella el tallo y las ramas de la nueva planta. El patrón es la parte inferior del injerto que se desarrolla para formar el sistema radical de la planta (Hartmann y Kester, *op. cit.*).

De acuerdo con Nienstadet (1988)<sup>23</sup>, las características de un patrón ideal son: diámetro de 0,5 a 1.5 cm en el punto de unión y altura de 30 a 60 cm; mientras que la púa ideal debe ser de crecimiento reciente, vigorosa y con una longitud de 8 a 10 cm. Cuando se trata de árboles de 20 a 60 años, debe ser recolectada de la tercera parte superior de la copa; también deben ser púas dormantes para injertarse a patrones al principio de su crecimiento anual.

Los injertos en árboles forestales son recientes; los primeros ensayos los reportó Mirov en 1940; aunque a la fecha existen grandes avances en especies del género *Pinus* (Ahlgren, 1972)<sup>24</sup>.

**Razones para usar injertos.**- El empleo de injertos permite: a) reproducir rápidamente plantas que no podrían hacerlo por otros medios; b) conservar material vegetativo con ventajas sobre material producido por semilla; c) reproducir especies en peligro de extinción que tienen producción limitada de semillas; d) reproducir características genéticas deseables; e) obtener formas especiales de plantas y acelerar el período de floración; y, f) ejecutar investigación para acortar tiempo de resultados.

**Desventajas de los injertos.**- De acuerdo con Nienstadet (1990)<sup>25</sup>, las principales desventajas del injertado son: a) riesgo de incompatibilidad entre la púa y el patrón, en ocasiones inicialmente los injertos se desarrollan bien y después de meses o años mueren; b) la floración puede ser tardía y escasa en algunas especies, a pesar de que generalmente ocurre en forma temprana y abundante; y, c) los injertos resultan más caros que el enraizado por estacas.

---

<sup>23</sup> Nienstadet, H. 1988. Establecimiento y manejo de plantaciones forestales comerciales. pp. 258-267

<sup>24</sup> Ahlgren, C. E. 1972. Some effects of inter and intraspecific grafting on growth and flowering of some five-needle pines. 21(3-4):122-126.

<sup>25</sup> Nienstadet, H. 1990. Injertado de árboles superiores. pp. 5158.

**Tipos de injertos.-** Existen diversas opciones para propagar plantas por injerto; experiencias en Estados Unidos de América, indicaron que el injerto es el método más práctico para propagar árboles maduros del género *Pinus*, por este método se han establecido diversos huertos semilleros en varias partes del mundo (Carrera y Villaseñor, 1982)<sup>26</sup>.

Barbosa *et al.* (1984)<sup>27</sup>, realizaron en *Pinus pseudostrobus* var. *oaxacana*, injertos de fisura terminal y de enchapado lateral, bajo dos protecciones (bolsa de polietileno más bolsa de papel estraza, cobertizo de tela de ixtle y a la intemperie). El enchapado lateral resultó mejor, recomendándose proteger los injertos algunas semanas en bolsas de polietileno, las cuales a su vez deben estar protegidas con bolsas de papel estraza.

Carrera y Villaseñor, *op. cit.*, evaluaron en *P. pseudostrobus* los injertos terminal y lateral a la intemperie y en invernadero; el injerto terminal fue el mejor en ambas condiciones con 45 % de sobrevivencia a la intemperie y 50 % en invernadero.

Villaseñor y Carrera (1980)<sup>28</sup>, evaluaron la influencia de diferentes factores sobre los injertos de *P. patula*, los resultados principales son los siguientes: el injerto terminal resultó mejor que el lateral, la viabilidad de las púas fue inversa al tiempo de almacenamiento y no existió incompatibilidad cuando se emplearon como patrones *P. douglasiana* y *P. pseudostrobus*. Becerra (1992)<sup>29</sup>, evaluó en *P. greggii* injertos de enchapado lateral y de fisura terminal, y encontró que ambas alternativas son eficientes al tener sobrevivencia total a los 120 días de realizados los injertos.

Como se observa, los mejores resultados con especies forestales son los injertos terminal o inglés y el lateral o de enchapado. A pesar de que en el lateral con frasco no se mencionan experiencias, también se han logrado resultados favorables; sin embargo, esto no limita que puedan utilizarse otros. A continuación se describen los injertos que han prosperado mejor.

**a) Injerto terminal o inglés.-** La púa y el patrón deben tener preferentemente un diámetro similar. La preparación de la púa se hace mediante dos cortes laterales opuestos realizados longitudinalmente, hasta darle forma de cuna.

<sup>26</sup> Carrera G., M. V. S. y Villaseñor R., R. 1982. Ensayo de dos métodos de injerto en *Pinus pseudostrobus* Lindl.

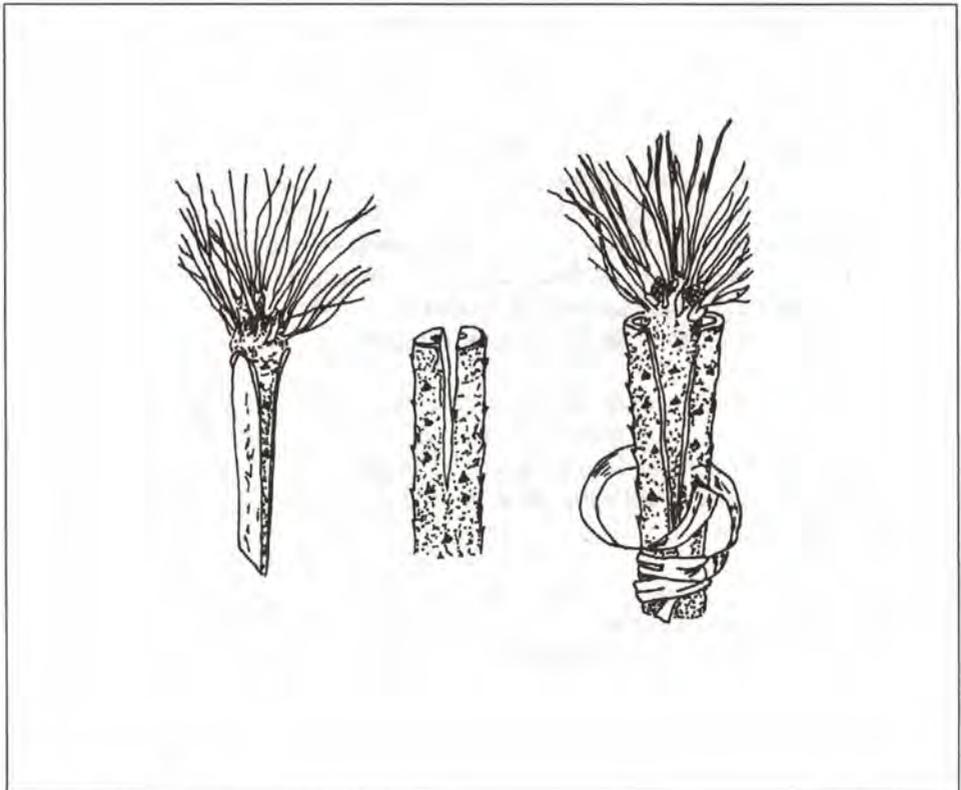
<sup>27</sup> Barbosa G., M. G.; Sánchez A., V. y Velazco F., V. 1984. Pruebas de injertado en *Pinus pseudostrobus* var. *oaxacana* Mtz. en los Altos de Chiapas.

<sup>28</sup> Villaseñor R., R. Carrera G., Ma. V. S. 1980. Tres ensayos de injerto en *Pinus patula* Schl. et Cham. (México) *Ciencia Forestal* 23(5):21-36

<sup>29</sup> Becerra O., E. 1992. Ensayos de propagación de *Pinus greggii* Engelm., por enraizamiento de estacas, injerto y acodo.

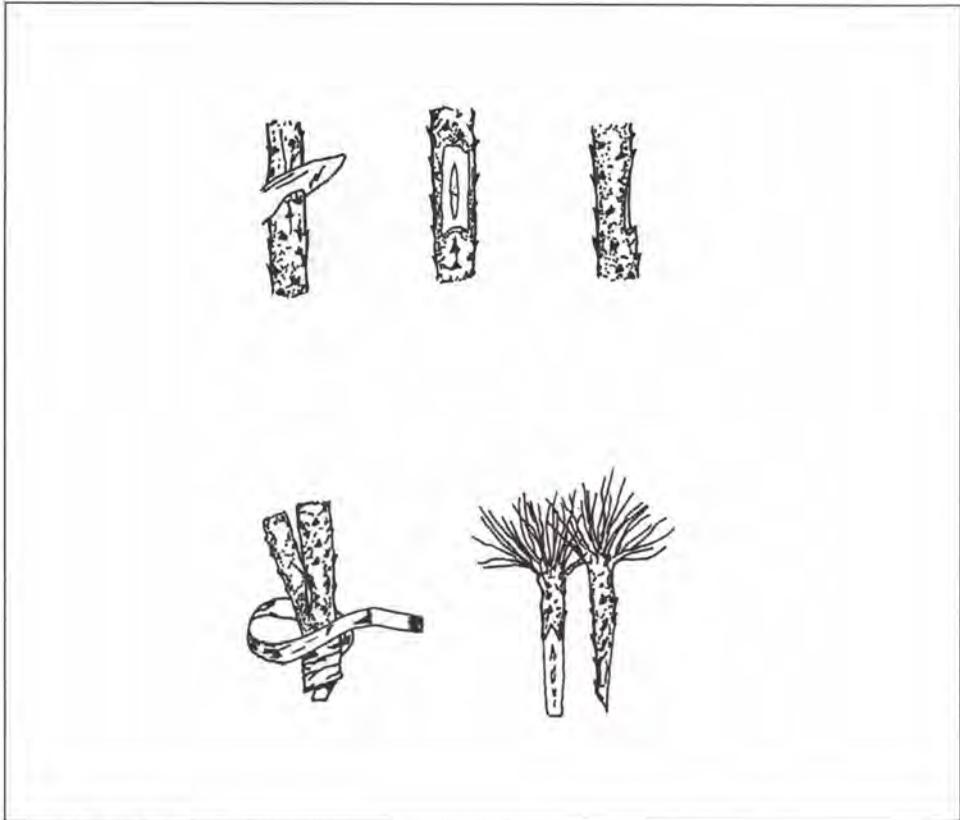
En el patrón se realiza inicialmente un corte transversal, haciendo después una fisura en la parte media con dimensiones iguales a los cortes hechos en la púa, se inserta enseguida esta en la fisura del patrón procurando que quede unida el área del *cambium* vascular de ambas partes, *vid., infra*, Figura N° 2.

**b) Injerto lateral o de enchapado.-** La púa se prepara efectuando un corte longitudinal en un lado y en el lado opuesto se hace un corte basal en forma de semicuna. En el patrón se realiza un corte longitudinal de igual tamaño que el de la púa, al final se hace un corte inclinado hacia adentro para que asiente la púa. Al momento de unir la púa y el patrón, el *cambium* vascular de ambos debe quedar en contacto, *vid., infra*, Figura N° 3.



Fuente: Nienstadet, 1990.

**Figura N° 2.** Pasos a seguir en el injerto de tipo terminal o inglés.



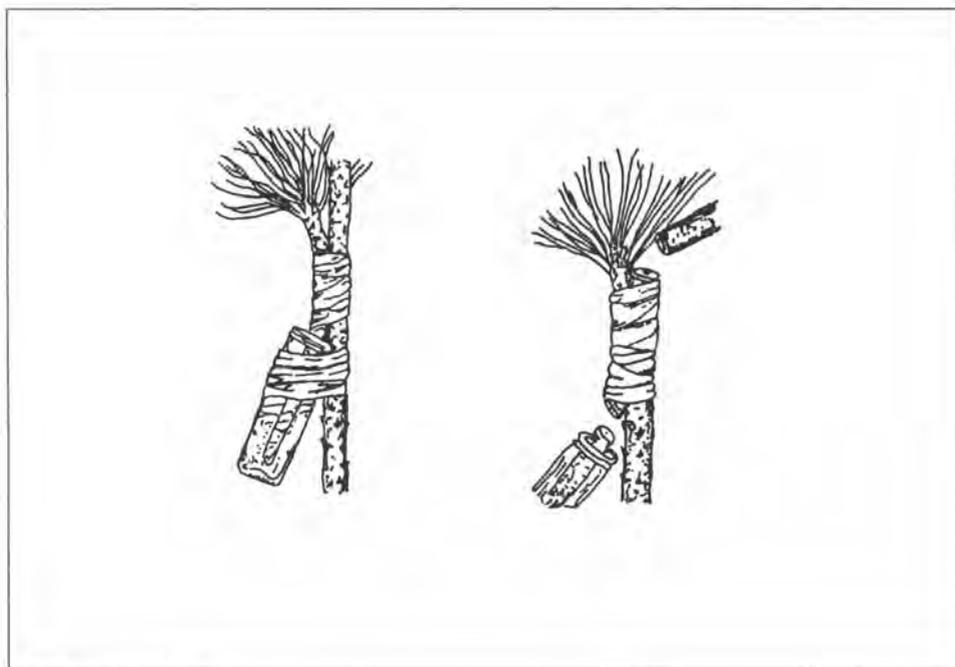
Fuente: Niemstadt, 1990.

**Figura N° 3.** Pasos a seguir en el injerto lateral o de enchapado.

**c) Injerto lateral con frasco.-** A un lado del patrón y la púa se realiza un corte longitudinal I de iguales dimensiones, mismo que al unirlo se hace coincidir el *cambium* vascular de ambas partes. En la parte inferior de la púa se coloca un recipiente con agua para evitar su deshidratación, que se retira cuando el injerto ha prosperado (Figura N° 4).

**Recomendaciones durante el injertado.-** Con el fin de incrementar las posibilidades de éxito del injertado, Zobel *et al.* (1979)<sup>30</sup>, recomendaron tomar en cuenta lo siguiente:

<sup>30</sup> Zobel, B., Jett, J. B. and Pashcke, J. 1979. Methods and techniques in tree improvement. Vegetative propagation. II: 27-39.



Fuente: Nienstadet, 1990.

**Figura N° 4.** Pasos a seguir en el injerto lateral con frasco.

a) hacer el injerto lo más rápido posible para evitar deshidratación de las superficies expuestas; b) las púas siempre deben tener yemas vegetativas; c) antes de injertar las púas, quitarles las estructuras reproductivas; d) al momento de hacer la unión mantener las áreas cortadas libres de resina, desechos y restos indeseables; e) hacer los cortes de un solo movimiento para dejar las caras completamente lisas; f) al hacer los amarres evitar movimientos de las partes para mantener el contacto de las áreas cambiales; g) identificar los injertos para observar su comportamiento; y, h) mantener limpias y ordenadas las herramientas y materiales de injertado.

De acuerdo con Barbosa (1987)<sup>31</sup>, las herramientas y materiales indispensables en el injertado son: tijeras de podar, navajas, piedras de afilado, bandas de caucho, hilo de

<sup>31</sup> Barbosa G., M. G. 1987. Manual de injertos de especies forestales.

algodón, cinta adhesiva, bandas de plástico, rafia, tela y materiales de protección para sellar las uniones, los cuales evitan la pérdida de humedad e impiden la entrada de patógenos. Los materiales más comunes son emulsiones comerciales elaboradas a base de asfalto y agua que pueden contener fungicidas y bactericidas.

## Acodos Aéreos

Los acodos aéreos consisten en hacer heridas o cinchado, preferentemente con aplicación de enraizadores que sirven para estimular la formación de raíces adventicias, en ramas que se encuentran adheridas a la planta madre (Hartmann y Kester; Zobel y Talbert, *op. cit.*). Esta alternativa puede utilizarse en especies difíciles de reproducir a través de injertos o estacas (Rauter, *op. cit.*); el desarrollo de la técnica es complicada ya que se realiza en la posición original de la rama, lo que ha propiciado que sea poco utilizada.

Generalmente los acodos aéreos se realizan durante la primavera, en la madera del año anterior, o en algunos casos, en el verano en ramas parcialmente endurecidas. Las posibilidades de enraizamiento disminuyen cuando se hace en tallos mayores a un año y en caso de que enraicen son más difíciles de manejar (Hartmann y Kester, *op. cit.*).

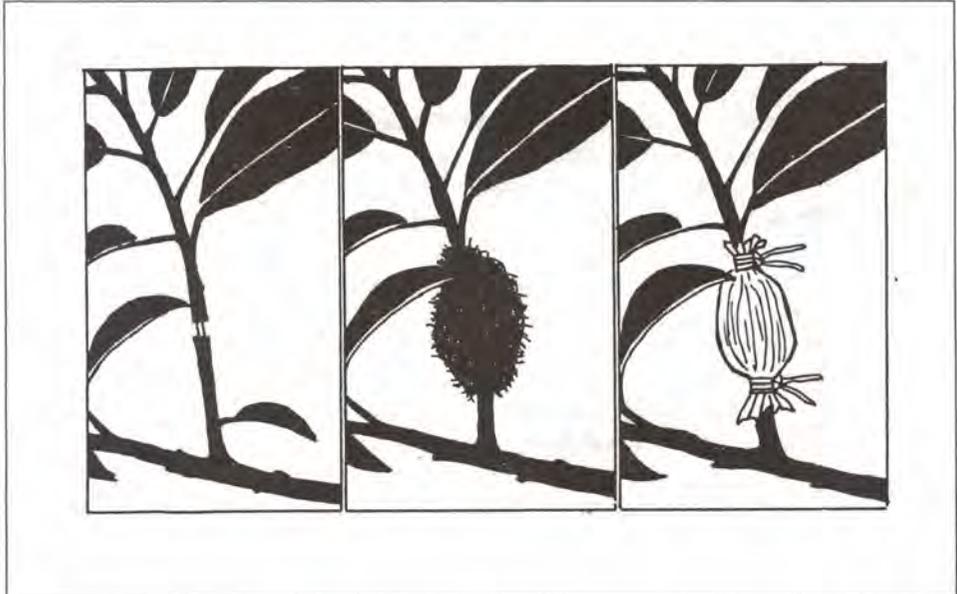
Una etapa crítica del acodo es cuando se hace la separación de la rama enraizada de la planta madre, ya que en muchos casos las plantas mueren debido a que el sistema radical está muy débil; por ello, es recomendable que el trasplante se haga primero en un sustrato blando para que propicie la adaptación de las raíces y posteriormente se ponga en el sustrato definitivo (Quijada, 1984)<sup>32</sup>.

**Proceso de acodo.-** Los pasos a realizarlo son los siguientes: a) eliminar la corteza del tallo en un tramo de aproximadamente 2.0 cm, para retardar la cicatrización es conveniente raspar la superficie para eliminar el floema y el *cambium*; b) aplicar algún enraizador en la herida expuesta; c) poner alrededor de la herida musgo húmedo o algún otro medio que permita conservar la humedad, debe cuidarse que no exista exceso de humedad; d) envolver el musgo con plástico transparente, los extremos del plástico deben amarrarse con cinta adhesiva o cordón para que se conserve la humedad interna del acodo, *vid., infra*, Figura N° 5.

---

<sup>32</sup> Quijada, M. 1984. Métodos de propagación vegetativa, pp. 189-196.

Una vez que el acodo ha enraizado es recomendable podar la rama para reducir su actividad metabólica; después, durante el periodo de menor actividad de las plantas (otoño o invierno), debe separarse la rama de la planta madre y colocarse en un sitio donde exista humedad relativa alta (mayor al 60 %) y sombra.



Fuente: Hartmann y Kester, 1990.

**Figura N° 5.** Pasos a seguir para efectuar el acodo aéreo.

## Propagación por Monte Bajo

La reproducción de plantas por monte bajo es un método de reproducción que puede emplearse en rodales naturales o en plantaciones que son cosechadas por primera vez. Consiste en la reproducción de plantas a partir de brotes vegetativos de yemas latentes o adventicias de las cepas o tocones de árboles que son cortados al final del turno. La mayoría de los árboles que logran rebrotar por cepas pertenecen al grupo de las latifoliadas; en coníferas es poco común esta forma de reproducción (Daniel *et al.*, 1982)<sup>33</sup>. Géneros que pueden ser reproducidos por este medio son: *Populus*, *Eucalyptus* y *Auercus*, entre otros.

<sup>33</sup> Daniel, P. W.; Helms, U. E. y Baker, F. S. 1982. Principios de silvicultura.

La reproducción por monte bajo prospera mejor en tocones pequeños y jóvenes, ya que los de tamaño grande y de edad mayor rebrotan con menor intensidad y crecen con menor vigor. Además, los tocones tienen menos vida útil al descomponerse más rápidamente (Daniel *et al.*, *op. cit.*; Hawley y Smith, 1982)<sup>34</sup>.

Los rebrotes pueden formarse en la parte superior, al lado y en la base de los tocones; los brotes originados a partir del cuello radicular tienen el menor peligro de infección debido a la pudrición de los tocones; por ello, los árboles se cortan lo más cercano al suelo para forzar la producción de este tipo de brotes. Los rebrotes se desarrollan mejor cuando la corta se realiza durante el otoño o el invierno; es decir cuando los árboles están en latencia, si se corta en verano, los brotes resultantes son débiles, los tocones pierden mucha savia y la temporada de crecimiento es muy corta (Daniel *et al.*; Hawley y Smith, *op. cit.*).

Las condiciones necesarias para lograr la reproducción por monte bajo son, según Daniel *et al.*, *op. cit.*: a) el rodal debe estar compuesto por especies capaces de formar brotes a partir de cepas; b) el suelo debe ser fértil y tener humedad abundante, para que las cortas frecuentes no provoquen el deterioro del rodal; y, c) los riesgos de heladas limitan esta forma de reproducción debido a que los brotes de cepas son muy susceptibles a ellas en edades tempranas.

**Ventajas.**- a) se obtiene mayor volumen que en rodales reproducidos por semilla, debido a que evitan retrasos de tiempo para el establecimiento de la masa, y a que tienen vigor alto; b) se reducen riesgos de daños por agentes ambientales adversos debido a que las plantas tienen vigor alto; c) el sistema empleado para propiciar la regeneración es sencillo, además su cultivo requiere cuidados mínimos; d) con una inversión baja para el cultivo del rodal, pueden generarse retornos económicos altos; e) este sistema de reproducción puede adaptarse a métodos de cosecha mecanizados; y, f) las características genéticas de la masa original se transmiten a las siguientes generaciones (Daniel *et al.*; Hawley y Smith, *op. cit.*).

**Desventajas.**- a) se requiere un mercado para materia prima de dimensiones pequeñas; b) su empleo está restringido a especies con alta capacidad de rebrote; c) las heladas afectan los rebrotes en la etapa inicial; y, d) si la calidad genética del arbolado es pobre esta no puede mejorarse (Daniel *et al.*, *op. cit.*).

Como ejemplo de la capacidad de rebrote se tiene una plantación experimental con *Eucalyptus camaldulensis* establecida en 1989 en Ojinaga, Chihuahua, en condiciones de zonas áridas pero con aplicación de cuatro riegos por año.

---

<sup>34</sup> Hawley, R. C. y Smith D. M. 1982. *Silvicultura práctica*.

La planta se cortó a 5 cm del suelo cuando tenía seis meses de haberse plantado, debido a marchitamiento del tallo causado por heladas; esto provocó la brotación de cinco hijuelos por tocón, en promedio, de los cuales se dejó solamente el más vigoroso. Cuatro años después, la plantación tenía 100 m<sup>3</sup> de volumen, lo que equivale a un incremento de 25 m<sup>3</sup>/Ha/año\*.

## RESULTADOS

La PV tiene gran potencial para trasladar las ganancias genéticas a las plantaciones y reproducir genotipos sobresalientes para usos especiales, como huertos semilleros o de investigación. El interés por utilizar la PV en los programas operativos de plantaciones forestales ha aumentado considerablemente (Zobel y Talbert, *op. cit.*).

### Producción de Plantas

La reproducción masiva de plantas por medios vegetativos considera la selección inicial, la propagación y la distribución del material vegetativo. La selección consiste en escoger la planta madre, comúnmente la mejor fuente son plantas en pleno desarrollo y fructificación; después debe inspeccionarse su sanidad y si la planta está infectada debe desecharse o eliminar el agente patógeno con calor, tratamientos químicos o la combinación de ambos. Posteriormente el material debe multiplicarse y mantenerse libre de contaminantes y en observación para descubrir cualquier cambio que pueda ocurrir, ya que debe estar limpio y tener pureza genética. El material genéticamente uniforme y libre de patógenos aumenta su valor (Hartmann y Kester, *op. cit.*).

### Mejoramiento Genético de Árboles Forestales

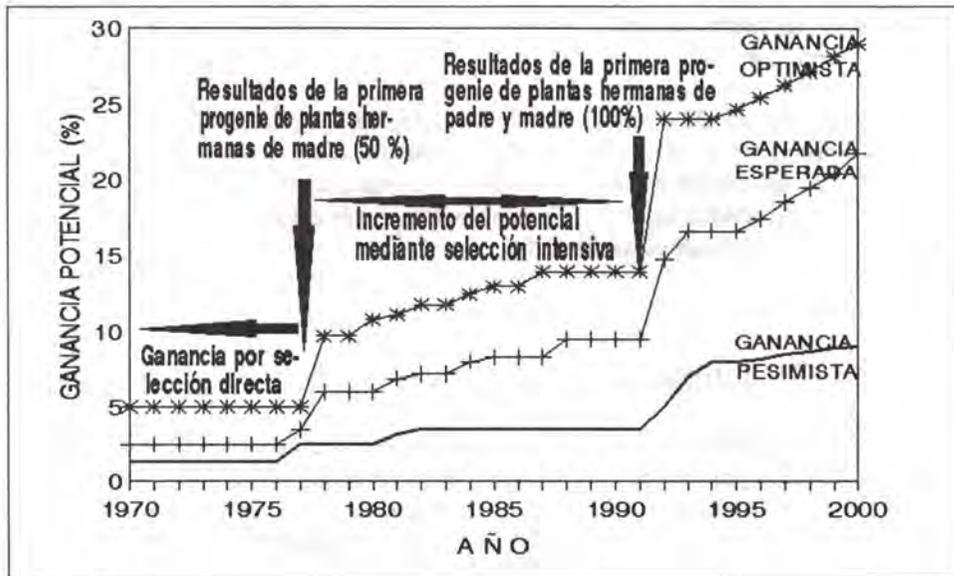
El mejoramiento genético de árboles forestales se ha basado casi exclusivamente en el uso de métodos sexuales, esto ha limitado el avance de estos programas en comparación con los que se emplean en plantas no leñosas; además, la longevidad de los árboles generalmente es mayor a 50 años y en muchos casos es necesario esperar al menos la mitad de su turno para certificar su calidad fenotípica.

---

\* Comunicación personal. Leonel Iglesias G. 1995.

La PV se ha empleado en árboles forestales desde hace más de 100 años; sin embargo, con excepción de *Populus*, *Salix*, *Cryptomeria* y *Eucalyptus*, no se ha usado en programas operativos de plantaciones forestales. La PV permite la producción continua de grandes cantidades de planta con las características genéticas deseables (Leakey, 1986b)<sup>35</sup>. La PV es incipiente en las plantaciones comerciales, casos de excepción lo constituyen la propagación masiva de *Eucalyptus* en America del Sur, la de *Picea sitchensis* en Europa y la de *Cryptomeria* en Japón, entre otras. En la Figura N° 6 se indican los porcentajes de ganancia genética que pueden obtenerse en un programa de mejoramiento genético de *Picea* sp. basado en PV (Gill, *op. cit.*).

En plantaciones clonales de *Pinus radiata* puede obtenerse una mayor ganancia genética debido a la captura de la variación genética aditiva y no aditiva (Carson, *op. cit.*). Esto también lo demostraron Toda (1974)<sup>36</sup> y Burdon y Shelbourne (1974)<sup>37</sup>, quienes indican que la PV permite obtener información más precisa en relación a plántulas obtenidas por semilla, además de que es el camino más rápido para obtener ganancias genéticas.



Fuente: Gill, 1983.

**Figura N° 6.** Predicción de la ganancia genética potencial en *Picea* spp.

<sup>35</sup> Leakey, R. R. B. 1986b. Prediction of branching habit in clonal *Triplochiton scleroxylon*. pp. 71-79.

<sup>36</sup> Toda, R. 1974. Vegetative propagation in relation to Japanese tree improvement. 4:410-417.

<sup>37</sup> Burdon, R. D. y Shelbourne, C. J. A. 1974. The use of vegetative propagules for obtaining genetic information. N.Z. 4:418425.

Las pruebas clonales permiten medir los efectos genéticos dentro de familias, debido a que cada genotipo se replica para medir la variación ambiental; un ejemplo son los resultados de Kolb y Steiner (1989)<sup>38</sup>, quienes encontraron mediante la división de embriones de semilla de encino, que las familias y clones generados de la misma familia eran significativamente diferentes.

Debido al efecto que tiene el ambiente en el desarrollo de las plantas, antes de utilizar clones estos deben ser probados en los ambientes donde se plantarán; una vez conocidos los mejores clones para cada sitio, se determinará la amplitud de la base genética necesaria; esto es, el número de clones que se requiere para que una plantación sobreviva con éxito en un determinado sitio.

El uso de huertos biclonales permite utilizar parte de la variación dominante, pero sólo la PV en forma masiva (varios clones) permite aprovechar toda la variación genética de una población (Gill, *op. cit.*). Sin embargo, pueden existir pérdidas genéticas al hacer un uso intensivo de la selección clonal; un ejemplo es la reducción de diversidad genética que se provocó en *Cryptomeria* en Japón, al propagar por estacas sólo descendencia de ciertos genotipos (Toda, *op. cit.*).

Para evitar lo anterior debe establecerse una plantación con estacas provenientes de los clones que tengan el carácter genético más productivo, pero con el mayor número de clones para evitar exceso de homogeneidad en el material propagado. Es decir, debe encontrarse la diversidad genética más adecuada, a través del óptimo número de clones para garantizar la productividad deseada.

## **Problemas de la Propagación Vegetativa**

**a) Monocultivos clonales.-** Para muchos mejoradores la preocupación principal es el plantar superficies grandes con una base genética reducida; en cambio, para Roulund (1981)<sup>39</sup>, el problema más importante de la propagación por estacas son los bajos porcentajes de enraizamiento que se han logrado. Ambos problemas son restricciones determinantes en la producción masiva de material.

---

<sup>38</sup> Kolb, T. E. and Steiner, K. C. 1989. Genetic variation among and within single-tree progenies of Northern red oak. 35(1):251-256.

<sup>39</sup> Roulund, H. 1981. Problems of clonal forestry in spruce and their influence on breeding strategy. 42(10):457-471.

Los miembros de un clon pueden adaptarse a un amplio rango de condiciones ambientales. Aunque cada miembro de un clon tiene el mismo genotipo, este puede poseer una habilidad considerable para adaptarse a ambientes adversos. El problema de plantar un sólo clon surge cuando muestra inadaptabilidad; sin embargo, debe considerarse que las plantaciones con más de un clon aumentan las posibilidades de disminuir ganancia genética o de perder el carácter deseado (Zobel y Talbert, 1984)<sup>40</sup>.

Para saber cuanto debe restringirse la base genética, deben plantarse clones diferentes en varios sitios de plantación, de manera que se conozca la respuesta debida a la interacción genotipo-ambiente; entre más adverso sea el efecto del ambiente, el número de clones seleccionados deberá ser mayor.

**b) Plagiotropismo y ortotropismo.-** El crecimiento plagiotrópico consiste en que el propagulo asume la forma que tenía cuando fue separado del árbol y mantiene un crecimiento como si fuera rama; en cambio, el crecimiento ortotrópico toma la forma de árbol. Propágulos provenientes de un mismo genotipo pueden tener crecimiento diferente, dependiendo de su origen y de la edad de la planta donadora. El plagiotropismo es común en géneros como *Abies*, *Picea*, *Araucaria* y *Sequoia*, mientras que en pinos y especies latifoliadas de madera dura es poco común. Gill (*op. cit.*) indica que estacas de árboles viejos de *Picea* frecuentemente presentan crecimientos plagiotrópicos.

## CONCLUSIONES

- En la actualidad en México se carece de programas sólidos de mejoramiento genético forestal, que permitan reproducir vegetativamente genotipos de calidad genética superior. Las ganancias genéticas serán mayores conforme los programas de mejoramiento utilicen material vegetativo de árboles selectos y se establezcan huertos semilleros sexuales con polinización controlada, combinados con huertos clonales.
- Se sugiere obtener un árbol o familia de árboles mejorados mediante métodos convencionales de reproducción sexual, para promover posteriormente su multiplicación a través del uso de técnicas vegetativas. La PV para algunas especies de *Picea* y *Eucalyptus* y algunas tropicales y coníferas está muy avanzada, por lo que se recomienda como método rápido para propagar masivamente material

---

<sup>40</sup> Zobel, B. and Talbert, J. 1984. Applied forest tree improvement.

genéticamente mejorado. Sin embargo, la regeneración a través de semilla para la mayoría de los árboles de importancia forestal es más fácil y económica; aunque su proceso de mejoramiento genético puede ser más largo.

- En síntesis, la PV simplifica el potencial para lograr mayores ganancias genéticas, uniformiza el cultivo de árboles y agiliza los resultados en mejoramiento de árboles.

## BIBLIOGRAFÍA

- Ahlgren, C. E. 1972. Some effects of inter and intraspecific grafting on growth and flowering of some five-needle pines. *Silvae Genetica*. 21(3-4):122-126.
- Baldwin, E. and Mason, W. L. 1986. An early trial of sitka spruce cuttings. *Scottish Forestry*. 4Q:176-184.
- Barbosa G., M. G.; Sánchez A., V. y Velazco F., V. 1984. Pruebas de injertado en *Pinus pseudostrabus* var. *oaxacana* Mtz. en los Altos de Chiapas. Bol. Téc. No. 99. INIF. México. 35 p.
- Barbosa G., M. G. 1987. Manual de injertos de especies forestales. Bol. Téc. N° 1. Centro de Genética Forestal, A.C. Chapingo, México.
- Becerra O., E. 1992. Ensayos de propagación de *Pinus greggii* Engelm., por enraizamiento de estacas, injerto y acodo. Tesis de Licenciatura para obtener el título de Biol. Esc. de Estudios Profesionales Zaragoza. UNAM. México. 91 p.
- Burdon, R. D. y Shelbourne, C. J. A. 1974. The use of vegetative propagules for obtaining genetic information. *N.Z. Journal of Forestry Sciences*. 4:418-425.
- Carrera G., M. V. S. y Villaseñor R., R. 1982. Ensayo de dos métodos de injerto en *Pinus pseudostrabus* Lindl. Boletín Técnico No. 75. INIF. México.
- Carson, M. J. 1986. Advantages of clonal forestry for *Pinus radiata*. real or imagined?. *NZ Journal of Forestry Sciences*. 16(3):403-415.
- Daniel, P. W.; Helms, U. E. y Baker, F. S. 1982. Principios de silvicultura. Trad. Ramón Elizondo M. 2a. ed. McGraw Hill. 492 p.

- Díaz M., E. R. A. 1991. Técnicas de enraizado de estacas juveniles de *Cedrela odorata* L. y *Gmelina arborea* Linn. Tesis Mag. Sc. Turrialba. Costa Rica. CATIE. 93 p.
- Eguiluz P., T. 1988. Glosario de términos de genética y mejoramiento genético forestal. Boletín Técnico N° 2. Centro de Genética Forestal, A.C. Chapingo, México.
- Gill, J. G. S. 1983. Comparisons of production costs and genetic benefit of transplants and rooted cuttings of *Picea sitchensis*. *Forestry*. 56(1):61-73.
- Haissig, B. E. 1982. The rooting stimulus in pine cuttings. Reprints. International Plant Propagators Society. Vol. 33. Forest Service-USDA. pp.625-638.
- Hartmann, H. T. y D. E. Kester. 1990. Propagación de plantas; Principios y prácticas. Trad. al español por Antonio Marino. CECSA. 4a. ed. México.
- Hawley, R. C. y Smith D. M. 1982. Silvicultura práctica. Trad. por Jaime Terradas. 2a. ed. Omega. Barcelona, España. 544 p.
- Hernández D., J. C. 1977. Estudio de algunos factores que afectan el prendimiento de estacas de *Populus alba* L., *P. balsamifera* Duroi, *P. \* canadensis* Moench y *Acer negundo* L. Tesis Ing. Agr. esp. en Bosques. Depto. de Enseñanza, Invest. y Servicio en Bosques. Escuela Nac. de Agric. Chapingo, México. 193 p.
- John, A. and Webb, K. J. 1987. Sitka spruce (*Picea sitchensis* (Bong) Carr.). In: Cell and Tissue Culture in Forestry. Bonga, J.M. and Durzan, D.J. eds. Martinus Nijhoff/Kluwer Academic. Vol. 3:30-41.
- Kolb, T. E. and Steiner, K. C. 1989. Genetic variation among and within single-tree progenies of Northern red oak. *Forest Science*. 35(1):251-256.
- Leakey, R. R. B. 1982. The capacity for vegetative propagation in trees. In: Attributes of Trees as Crop Plants. Cannel, M.G.R. & Jackson, E.H. eds. Institute of Terrestrial Ecology. Monks Wood. Abbos Ripton. Hunts. , U. pp. 110- 133.
- Leakey, Fr. R. B. 1983. Stockplant factors affecting root initiation in cutting of *Triplochiton scleroxylon* K. Schum., an indigenous hardwood of West Africa. *Journal of Horticultural Science*. 58I(2):277-290.
- Leakey, R. R. B. 1986. Cloned tropical hardwoods, Quicker Genetic Gain Span 29:35-37.

- Leakey, R. R. B. 1986b. Prediction of branching habit in clonal *Triplochiton scleroxylon*. In: Crop Physiology of Forest Trees. pp. 71-79.
- Libby, W. J. 1983. Potential of clonal forestry. In: Clonal Forestry. Part. 2. Its Impact Proc. on Tree Improvement and Our Future Forests. 19th Meet. Can. Tree Improv. Assoc.
- Macdonald, B. 1986. Practical woody plant propagation for nursery growers. Vol. 1. Timber Press. USA.
- Mohammed, H. R. S. 1985. The effects of stem length on root initiation in sequential single-node cuttings of *Triplochiton scleroxylon* K. Schum. Journal of Horticultural Science. 60(3):431-437.
- Nienstadet, H. 1988. Establecimiento y manejo de plantaciones forestales comerciales. Memoria de curso. Centro de Genética Forestal A.C. Chapingo, México. pp. 258-267.
- Nienstadet, H. 1990. Injertado de árboles superiores. In: Memoria de Mejoramiento Genético y Plantaciones Forestales. Eds. Teobaldo Eguiluz P. y Antonio Plancarte B. Centro de Genética Forestal, A.C.; Lomas de San Juan, Chapingo, México. pp. 5158.
- Patiño, V., F. y Marín, C., J. 1993. Viveros Forestales. Planeación, establecimiento y producción de planta. SARH-INIFAP-Centro de Invest. Regional del Sureste. México. 159 p.
- Prieto R., J. A. 1992. Estudio de algunos factores que influyen en la propagación por estaquillas de *Cupressus guadalupensis* S. Wats. Tesis de Maestría en Ciencias. División de Ciencias Forestales. Univ. Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 99 p.
- Prieto R., J. A. 1995. Pruebas de enraizamiento de *Ulmus sp.* y *Populus sp.*, probando diferentes factores. Informe Técnico 1994. Campo Experimental Valle de Guadiana. CIRNOC-INIFAP. (Inédito).
- Quijada, M. 1984. Métodos de propagación vegetativa. In: Mejora de árboles forestales. FAO. Montes N° 20. Reimpresión. Roma. pp. 189-196.

- Rauter, R. M. 1982. Recent advances in vegetative propagation including biological and economic considerations and future potential. Joint meeting of working parties on genetics about breeding strategies including multiclonal varieties. Ministry of Natural Resources. Ontario, Canada. 26 p.
- Roulund, H. 1981. Problems of clonal forestry in spruce and their influence on breeding strategy. *Forestry Abstracts* 42(10):457-471.
- Simoes, J. W.; Brandi, R. M.; Leite, N. B. and Balloni, E. A. 1981. Formacao, manejo e exploracao de florestas com especies de rapido crescimento. IBDF, Brasil. 131 p.
- Toda, R. 1974. Vegetative propagation in relation to Japanese tree improvement. *N.Z. Journal of Forestry Sciences*. 4:410-417.
- Villaseñor R., R. Carrera G., Ma. V. S. 1980. Tres ensayos de injerto en *Pinus patula* Schl. et Cham. (México) *Ciencia Forestal* 23(5):21-36
- Wright, J. W. 1986. Mejoramiento genético de los árboles forestales. Roma, FAO.
- Zobel, B., Jett, J. B. and Pashcke, J. 1979. Methods and techniques in tree improvement. Vegetative propagation. Syllabus for 591. Section II:27-39.
- Zobel, B. and Talbert, J. 1984. Applied forest tree improvement. Wiley. New York.
- Zobel, B. y Talbert, J. 1988. Técnicas de mejoramiento genético de árboles forestales. LIMUSA. México.

1981. *Journal of Environmental Management*, 2(1), 1-10.

1982. *Journal of Environmental Management*, 3(1), 1-10.

1983. *Journal of Environmental Management*, 4(1), 1-10.

1984. *Journal of Environmental Management*, 5(1), 1-10.

1985. *Journal of Environmental Management*, 6(1), 1-10.

1986. *Journal of Environmental Management*, 7(1), 1-10.

1987. *Journal of Environmental Management*, 8(1), 1-10.

1988. *Journal of Environmental Management*, 9(1), 1-10.

MUSA MUSA

# INFLUENCIA DE DOS CORTINAS ROMPEVIENTOS SOBRE EL CULTIVO DE MAÍZ EN VILLA ALDAMA, VERACRUZ, MÉXICO

Salazar García Jesús Gustavo\*

## RESUMEN

Se investigó el efecto sobre el rendimiento de maíz de dos tipos de cortinas rompevientos las cuales presentan composiciones de especies forestales y características métricas diferentes, además de la relación que guardan con otras cortinas aledañas. Se evaluaron ocho parcelas de productores de maíz, cuatro por cada tipo de cortina, dos a barlovento y dos a sotavento. Los sitios de muestreo de 2 m<sup>2</sup> se localizaron a 8 diferentes distancias (H), perpendiculares a la cortina (1, 3, 6, 9, 12, 15, 18, y 21 veces la altura de la cortina) que representan los tratamientos en el análisis de varianza, repitiéndose la serie de mediciones 4 veces a lo ancho de la parcela agrícola. El análisis se realizó con un diseño experimental completamente al azar. También se realizó un análisis de regresión para conocer la relación del rendimiento de maíz a las diferentes distancias respecto a las cortinas evaluadas. Los análisis de varianza revelaron diferencias estadísticamente significativas en 5 de 8 parcelas de maíz. El análisis de regresión indicó que los rendimientos de maíz se reducen al retirarse el cultivo de la influencia de la cortina, ya sea a barlovento ó a sotavento. En el caso de la cortina que presentó una barrera secundaria a sotavento, se modificó la tendencia de reducir el rendimiento, ya que al acercarse el cultivo a la cortina secundaria la producción aumenta. Al compararse los rendimientos de maíz bajo la influencia de la cortina con un terreno sin influencia y sin pérdida de terreno cultivable, se demostró que el ancho excesivo de la cortina rompevientos no compensa la pérdida de terreno con el aumento en rendimiento de maíz, sin embargo, cuando el ancho se reduce, el aumento del rendimiento sí compensa la pérdida de terreno cultivable.

---

\* Ing. Agrónomo. Investigador del Campo Experimental Jalapa, CIR-Golfo Centro, INIFAP, SAGAR.

**Palabras clave:** Cortina rompevientos, Maíz, barlovento, sotavento, Villa Aldama, Veracruz.

## ABSTRACT

The yield of corn was studied under the effect of two types of shelterbelt which have different forest species and dimensions, and different relationship with other near shelterbelts. Eight different fields of corn were evaluated, four fields by type of shelterbelt, two at windward and two at leeward. The sample plots of 2 m<sup>2</sup> were located at eight different perpendicular distances (H) from the shelterbelt (1,3,6,9,12,15,18 y 21 times the height of the shelterbelt), which represent the treatments of the analysis of variance, each series is repeated four times on the width of the corn field. The experimental design was at random. An analysis of regression was done to recognize the **relationship** between the corn yield and the distance from the shelterbelt. Statistical difference was found in 5 of 8 corn fields. The analysis of regression proved that the yield is reduced when it is separated of the influence of the shelterbelt at lee and windward. **In shelterbelt** that presented a secondary shelterbelt, the corn yield increased again. The field of corn was compared with and without the influence of the shelterbelt, including the loss of land to cultivate, and it was shown that the excessive width of the shelterbelt do not compensate the loss of land to cultivate in spite of the increase of corn yield, although, when the width is reduced, the increase of corn yield do compensate the loss of land to cultivate.

**Key words:** Shelterbelt, corn, windward, leeward, Villa Aldama, Veracruz.

## INTRODUCCIÓN

La asociación de árboles y arbustos con cultivos y/o ganado, es una práctica que ha prevalecido a través del tiempo en varias regiones del mundo. Actualmente estas prácticas representan una de las opciones más viables para la conservación del suelo y agua, así como de los recursos genéticos silvestres de bosques, desiertos y selvas. Estas prácticas han sido ordenadas y sistematizadas bajo la denominación de Sistemas Agroforestales, debido a la importancia que representan en la mayor parte del mundo.

Uno de los componentes más importantes de algunos de los sistemas agroforestales son las cortinas rompevientos, cuya importancia radica en las funciones de protección al

suelo, cultivos, ganado y en el amplio potencial productivo para la obtención de diferentes productos como: madera, postes, leña, frutos, forraje y plantas medicinales.

En México existen regiones donde la incidencia de vientos fuertes y la carencia de cubierta vegetal, se combinan y provocan problemas de erosión eólica en los suelos y reducción en la productividad de los cultivos. Cabe resaltar regiones como el Valle de Tehuacán, Puebla; la Ventosa en el Istmo de Tehuantepec, Oaxaca; el Valle de San Fernando, Tamaulipas y el Valle de Perote en Veracruz, como algunos de los ejemplos representativos. Las extensas zonas del norte y noroeste de México, no son muy ventosas pero pueden sufrir los efectos de tempestades de tipo desértico con alguna frecuencia (Rzedowski, 1978)<sup>1</sup>. Si observamos que el 52.64 % del país presenta clima seco y muy seco y 31.96 % es considerado semiseco, según Blanco y Ramírez, citado por Bassols (1975)<sup>2</sup>; con el objeto de contener la erosión eólica y beneficiar a los cultivos, el potencial benéfico que representan las cortinas rompevientos para el país es enorme. Además hay que considerar que en general la erosión del suelo se presenta en grandes proporciones en regiones con marcadas temporadas de sequía anual.

En el caso particular del Valle de Perote, Ver., la producción agrícola se ve afectada por precipitaciones bajas y erráticas, alta incidencia de heladas e índices elevados de evapotranspiración, por causa de los vientos fuertes que se presentan durante el año, de tal manera que la problemática del Valle presenta dos aspectos principales:

- Alto riesgo de erosión (3 cm de suelo por año).
- Producción agrícola por abajo del potencial óptimo.

Una estrategia agroforestal que reduce la erosión y mejora las condiciones microclimáticas para los cultivos agrícolas, el ganado y los habitantes de la región son las cortinas rompevientos.

Con la finalidad de coadyuvar a estructurar en el futuro los programas de encortinamiento del Valle de Perote, se planificaron actividades de investigación dirigidas a alcanzar los siguientes objetivos:

- Evaluar el efecto de dos tipos de cortinas rompevientos sobre el rendimiento del cultivo de maíz.

---

<sup>1</sup> Rzedowski, J. 1978. Vegetación de México.

<sup>2</sup> Bassols B, A. 1975. Geografía económica de México.

- Determinar la relación entre el rendimiento del cultivo de maíz y la distancia respecto a dos tipos de cortinas rompevientos.
- Comparar los rendimientos del cultivo de maíz con y sin protección por cada tipo de cortina.

## REVISIÓN DE LITERATURA

En México la investigación de los beneficios de las cortinas rompevientos es casi nula, sin embargo, la literatura sobre este tema es muy abundante en otras partes del mundo. En el Campo Experimental de Perote, Veracruz, se evaluó el efecto de una cortina rompevientos artificial sobre los rendimientos de maíz, lográndose aumentar los rendimientos de 4,508 Kg/Ha a 5,246 Kg/Ha, en las parcelas protegidas contra el viento, lo que significó un incremento de 14.1% en la productividad (García, 1983)<sup>3</sup>.

Las cortinas rompevientos correctamente ubicadas pueden mejorar las condiciones microclimáticas que requiere la producción agrícola, debido a los siguientes factores: 1) Reducen la velocidad del viento y la erosión eólica; 2) Modifican las temperaturas del aire y del suelo; 3) Reducen la evaporación y la transpiración; 4) Mejoran la distribución del agua cuando hay riego por aspersión; 5) Reducen el marchitamiento de los cultivos; y 6) Protegen cultivos maduros contra el acame. En los ranchos, se puede: 1) Reducir los requerimientos de combustible con fines energéticos para calentar la casa; 2) Reducir los costos de mantenimiento de las casas; 3) Proveer de espacios de trabajo confortables; 4) Proteger las aves de corral; 5) Proteger los jardines y cultivos hortícolas; y 6) Reducir el ruido procedente de las carreteras. Para el ganado, para las aéreas de pastoreo y comederos, las cortinas rompevientos pueden: 1) Reducir los requerimientos de alimentación durante el invierno; 2) Mantener la productividad y reducir la mortandad en ganado joven; 3) Mejorar la producción de forraje y su calidad; y 4) Proporcionar sombra. Además, proveen: 1) Belleza escénica; 2) Alimento y hábitat a la fauna silvestre; y 3) Productos de madera, tales como postes y leña (Read, 1964)<sup>4</sup>.

En las evaluaciones realizadas en cultivos agrícolas con influencia de cortinas rompevientos, en varias partes del mundo se ha probado que en climas cálidos, secos y con presencia de fuertes vientos, los rendimientos se incrementan en las zonas

---

<sup>3</sup> García C., H. M. 1983. Estudios sobre cortinas rompevientos en el Valle de Perote, Ver.

<sup>4</sup> Read, R. A. 1964. Tree Windbreak for the Central Plains Agriculture Handbook.

protegidas, en comparación a las no protegidas. Los beneficios son mínimos en climas húmedos y templados, o en temporadas que presentan baja intensidad en los vientos (Read, *op. cit.*).

La mayoría de los autores coinciden en que la distancia horizontal protegida a sotavento, fluctúa la altura (H) entre 10 y 30 veces y de 1 a 10 a barlovento, siempre que el viento sopla perpendicularmente contra la cortina (Van Eimern *et al.*, 1964)<sup>5</sup>. La comparación se realiza con base a los múltiplos de altura de la cortina rompevientos porque la protección es proporcional a la altura (H) de ésta.

Debido a los diversos requerimientos ambientales, de nutrientes y de humedad, las especies reaccionan con diferentes grados a la protección contra el viento (Bates, 1937 *cit. pos.* Van Eimern *et al.*, *op. cit.*). Por ejemplo, en los cultivos hortícolas y frutícolas, la protección tiene particular importancia; las plantaciones de mandarina bajan sus rendimientos cuando se les retiran las cortinas rompevientos de ciprés (Paulin, 1935; *cit. pos.* Van Eimern *et al.*, *op. cit.*). En frutales como los cítricos, disminuye el número de frutas caídas y aumenta su calidad, (Karschon y Heth, 1958; *cit. pos.* Van Eimern *et al.*, *op. cit.*), por lo tanto el retorno de la inversión es mayor cuando se tienen rompevientos (Blanchard, 1938; *cit. pos.* Van Eimern *et al.*, *op. cit.*). Carbon (1957; *cit. pos.* Van Eimern *et al.*, *op. cit.*), menciona que la presencia de cortinas rompevientos ha hecho posible el cultivo en años secos, cuando en las áreas expuestas han sido un fracaso total, sobre todo en cultivos sensibles a los vientos como la cebolla y la papa. Bagley y Gowen (1960, *cit. pos.* Van Eimern *et al.*, *op. cit.*) obtuvieron buenos resultados en jitomate y frijol. En el cultivo de fresa, no se encontraron diferencias en la producción, pero si se produjo fruta madura con algunos días de anticipación, que aseguro un mejor precio en el mercado (Van Rhee, 1959. *cit. pos.* Van Eimern *et al.*, *op. cit.*).

Los cultivos que han probado ser afectados positivamente por las cortinas rompevientos son: maíz (Read, *op. cit.*), centeno, avena, trigo, remolacha, nabo, papa, pastos con trébol, alfalfa, mijo (Andersen, 1943; Jensen, 1954; Blender, 1995; Aleksandro, 1955; Van Rhee, 1959; Staple, 1961; *cit. pos.* Van Eimern *et al.*, *op. cit.*); trigo (Pelton, 1976)<sup>6</sup>, y algodón (Puri *et al.*, 1992)<sup>7</sup>.

---

<sup>5</sup> Van Eimern, S.; R. Karschon, L. A. y G. W. Robertson. 1964. *Windbreaks and Shelterbelts*.

<sup>6</sup> Pelton, W. L. 1976. *Windbreak Studies on the Canadian Prairi. Shelterbelts on Great Plains*. pp. 64-68.

<sup>7</sup> Puri, S.; S. Singh y A. Khara. 1992. *Effect of windbreak on the yield of cotton crop in semiarid regions of Haryana*. pp. 183-195.

Skidmore (1974)<sup>8</sup>, menciona que no encontró diferencias significativas del rendimiento de trigo. En el caso de Macmartin, (1974)<sup>9</sup> a pesar de encontrar aumento de rendimiento de trigo en las zonas protegidas, cuando compara los resultados y considera la pérdida de terreno cultivable, establece que el rendimiento en las zonas protegidas es igual que en las zonas sin protección.

Rosenberg (1976)<sup>10</sup>, afirmó que aún bajo riego, las cortinas rompevientos proveen beneficios mayores en los rendimientos de los cultivos agrícolas. Aunque la influencia es más notoria en climas áridos o semi-áridos, el efecto que estabiliza la planta cuando es sometida a un déficit de humedad, es valioso también en otros climas.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Localización

El Valle de Perote se localiza en la región centro occidetal del estado de Veracruz, entre los paralelos 19°30' y 19°37' y los meridianos 96°50' y 97°30'. La altitud es de 2,400 msnm. La superficie estimada del Valle de Perote es de 23,502 Ha, de las cuales 20,739 Ha se dedican a la agricultura.

La temperatura media anual de la localidad es de 12°C. La precipitación presenta un rango comprendido entre 350 a 550 mm por año. El viento dominante corre de noreste a suroeste, a una velocidad de 40 a 60 Km por hora con rachas que llegan a superar los 90 Km por hora. Los vientos de febrero a abril cambian de dirección y es cuando provienen del suroeste, convirtiéndose en corrientes de aire cálidas y secas, provocando grandes tolvaneras que originan erosión en los suelos de la región.

En el municipio de Villa Aldama, Valle de Perote, Veracruz, se establecieron varias cortinas rompevientos, con el objeto de conocer el efecto de éstas sobre el rendimiento del cultivo de maíz.

---

<sup>8</sup> Skidmore, E. L.; L. J. Hage, D. G. Naylor, y Y. D. Teare. 1974. Economic of Shelterbelt Influence on Wheat Yield in North Dakota. pp. 87-91. Winter Wheat Response to Barrier-Induce Microclimate. pp. 501-505.

<sup>9</sup> Macmartin, W.; A. B. Frank; y R. H. Heintz. 1974. Economic of Shelterbelt Influence on Wheat Yield in North Dakota. pp. 87-91.

<sup>10</sup> Rosenberg, N. J. 1976. Effect of windbreaks on the microclimate, energy balance and water use efficiency of crops growing on the great plains. pp. 49-56.

La cortina rompevientos principal se localiza a 1.5 Km al este de Villa Aldama, formando una barrera de 1,223 m de longitud, orientada de este a oeste, donde el viento corre predominantemente de noreste a suroeste con una inclinación respecto a la cortina de 0 a 35 grados.

En esta barrera principal se distinguen 2 tipos de cortinas rompevientos, debido a su amplitud, composición de especies forestales y la relación con otras cortinas. En el Cuadro N° 1 se presentan las características principales de las cortinas rompevientos de Villa Aldama, Veracruz. La primera constituye un sistema de cortinas rompevientos. La cortina principal tiene 24 hileras de *Pinus rudis* Endl. plantadas a 3 m entre árboles y a 1.5 y 4.5 m alternadamente entre hileras, con una disposición a tres bolillo; 12 hileras se encuentran a cada lado de un camino que pasa por el centro de la barrera.

TIPO DE CORTINA	ESPECIE	LONGITUD (m)	ANCHO (m)	HILERAS (No.)	ALTURA (m)	POROSIDAD (%)
PRINCIPAL	<i>Pinus rudis</i>	420	67	24	8.4	34
SECUNDARIA	<i>Populus balsamifera</i>	420	—	1	8.6	60
PRINCIPAL	<i>Cupressus</i> sp. <i>Pinus pseudostrobus</i> subesp. <i>apulcensis</i> , <i>P. rudis</i> y <i>P. patula</i>	813	37	24	3.6-7.8	30

**Cuadro N° 1.** Características de las cortinas rompevientos de Villa Aldama, Veracruz, México.

A sotavento se encuentra una cortina secundaria de *Populus balsamifera* L. de una hilera, con una separación de 230 m respecto a la cortina principal. Los árboles de esta cortina fueron plantados a 2 m de separación (Figura N° 1).

El segundo tipo de cortina rompevientos tiene 24 hileras, 12 a cada lado del camino. La separación entre árboles es de 3 m y de 1.5 m entre hileras, plantadas a tres bolillo. Las especies plantadas fueron: *Cupressus* sp en la parte central y exterior de la cortina, *Pinus pseudostrobus* var. *apulcensis* Martínez, *P. rudis* y *P. patula* en las hileras interiores (Figura N° 2).

## Muestreo del Rendimiento del Cultivo de Maíz

Para calcular el efecto de las cortinas sobre el rendimiento del cultivo de maíz, se seleccionaron 8 parcelas de productores de la región, cuatro por cada tipo de cortina (2 a barlovento y 2 a sotavento). Todas las parcelas fueron sembradas con maíz y cada productor empleó sus propios recursos e insumos, por lo tanto, estadísticamente cada parcela es considerada como una unidad independiente.

En cada parcela se muestreó en 8 sitios a diferentes distancias perpendiculares a la cortina (H) (1, 3, 6, 9, 12, 15, 18 y 21 veces la altura de la cortina), repitiéndose la serie de mediciones 4 veces a lo ancho de la parcela. Algunas parcelas no fueron sembradas en su totalidad por el productor, por lo tanto, no todas las parcelas tienen los 8 sitios mencionados. El sitio de muestreo fue de 2 m<sup>2</sup> (2X1 m), el lado mayor se colocó paralelo a la cortina (Figura N° 3).

## Análisis Estadístico

**Análisis de varianza.-** Las parcelas estudiadas se analizaron en forma independiente unas de otras, en consecuencia el análisis se realizó en forma individual para captar estadísticamente el efecto de las cortinas rompevientos sobre los rendimientos del cultivo de maíz. El diseño experimental empleado fue completamente al azar con 8 tratamientos (distancias respecto a la cortina en la que se tomó la muestra de rendimiento de maíz) y 4 repeticiones. El muestreo se llevó a cabo en noviembre de 1989 y se realizó en una población normalmente distribuida.

**Análisis de regresión.-** Con el propósito de conocer la relación presente en cada tipo de cortina entre el rendimiento de maíz y las diversas distancias a las que se tomó la muestra, se aplicó un análisis de regresión, generándose 4 ecuaciones, cuyos datos son los promedios de rendimiento del cultivo de maíz por cada distancia, de las dos parcelas correspondientes a cada lado y tipo de cortina rompevientos. Se comprobó su ajuste y significancias con el número total de muestras (Martínez y Castillo, 1987)<sup>11</sup>.

**Comparación de rendimientos.-** Los rendimientos a diferentes distancias se calcularon con las ecuaciones de regresión, y se determinaron los rendimientos promedios ponderados, tomando como factor de ponderación el ancho de parcela que representa cada muestra. Se compararon los rendimientos bajo protección y sin protección, también se considera la pérdida del terreno en la comparación.

---

<sup>11</sup> Martínez G., A. y A. Castillo M. 1987. Teoría de la regresión con aplicaciones agronómicas.

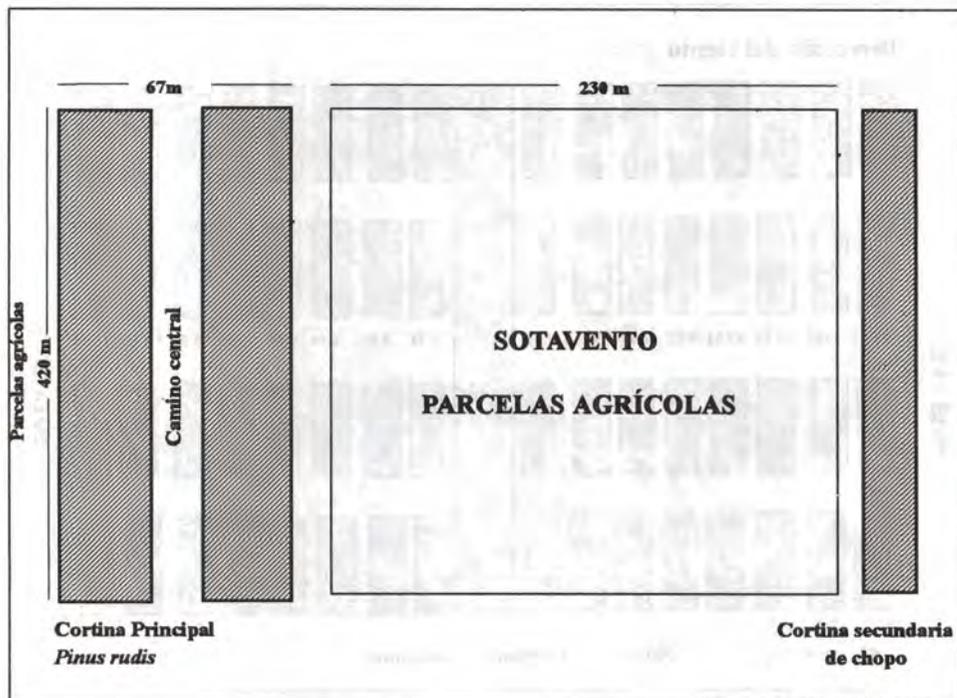


Figura N° 1. Esquema del sistema de cortinas rompevientos.

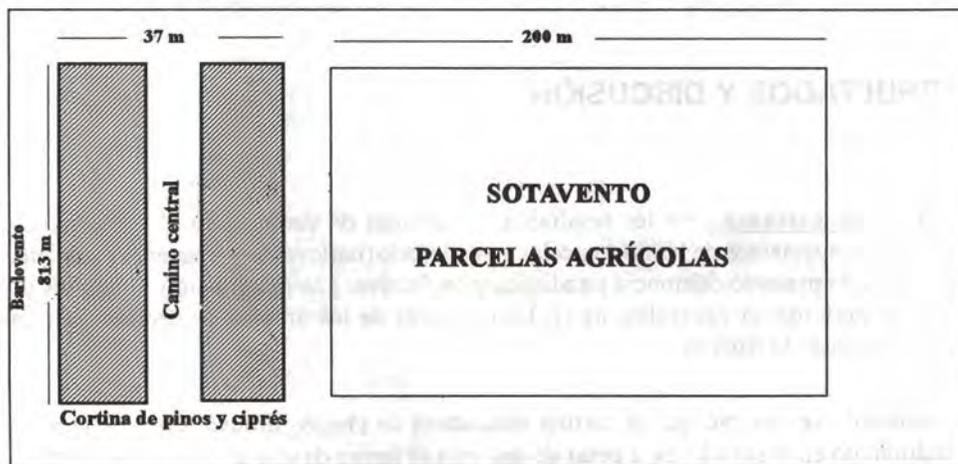
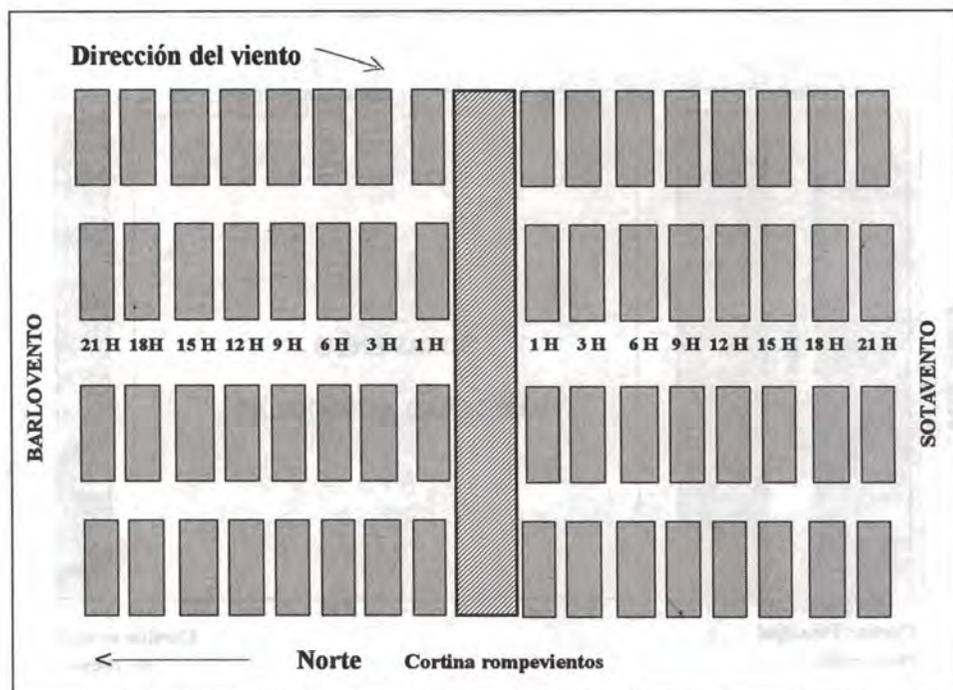


Figura N° 2. Esquema de la cortina rompevientos sencilla.



**Figura N° 3.** Esquema de la localización de las muestras tomadas por parcela.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

**Análisis de varianza.-** En los resultados del análisis de varianza en el sistema de cortinas rompevientos de las dos parcelas en cada lado (barlovento y sotavento), sólo una de cada lado presentó diferencia estadística significativa. Los rendimientos más altos de maíz se presentaron generalmente en las cercanías de los árboles, es decir a 3 H, en ambos lados de la barrera.

A sotavento se observó que la cortina secundaria de chopo influyó aumentando el rendimiento en el sitio 21 H, a pesar de que ésta se forma de una sola hilera de árboles; sin embargo, posterior a la cortina secundaria se encuentra ubicada una huerta frutal, la

cual pudo tener un incremento de rendimiento en el lado de barlovento de la cortina secundaria ( Cuadro N° 2).

En la cortina sencilla, en barlovento una parcela presentó diferencias; en contraste, las dos parcelas de sotavento si presentaron diferencias. Los rendimientos más altos de maíz se presentaron en ambos lados de la barrera, en los sitios 1 y 3 H; los rendimientos más bajos se presentaron lejos de los árboles. (Cuadro N° 3).

		DISTANCIA EN MÚLTIPLOS DE ALTURA							
BARLOVENTO		1	3	6	9	12	15	18	21
PARCELA 1	N.S.			2.9	2.6	1.7	2.5		
PARCELA 2	*	5.3	7.1	4.6	4.8	5.4	3.8	3.4	
SOTAVENTO		1	3	6	9	12	15	18	21
PARCELA 1	N.S.	3.4	3.2	2.5	1.7	2.7	2.6	3.1	2.9
PARCELA 2	*	4.3	4.9	3.1	3.1	3.2	3.1	3.0	3.9

\* Diferencia estadística significativa al 0.5 % de probabilidad.

N.S.= No existe diferencia significativa.

**Cuadro N°2.** Rendimiento de maíz (Ton/Ha) en las parcelas a Barlovento y Sotavento en el sistema de cortinas rompevientos de Villa Aldama, Veracruz, México.

		DISTANCIA EN MÚLTIPLOS DE ALTURA							
BARLOVENTO		1	3	6	9	12	15	18	21
PARCELA 1	N.S.	4.3	2.9	2.9	3.3	2.3	2.7	2.6	
PARCELA 2	*	2.3	2.1	0.8	1.6	0.8	1.0	0.7	1.4
SOTAVENTO		1	3	6	9	12	15	18	21
PARCELA 1	*	4.0	3.8	2.6	2.7	2.3			
PARCELA 2	*	4.5	2.8	2.4	1.0	1.7	0.7		

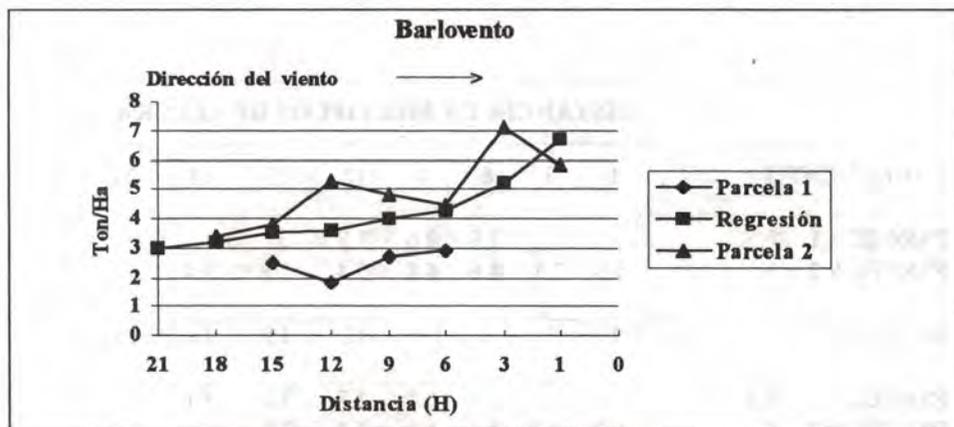
\* Diferencia estadística significativa al 0.5 % de probabilidad.

N.S.= No existe diferencia significativa.

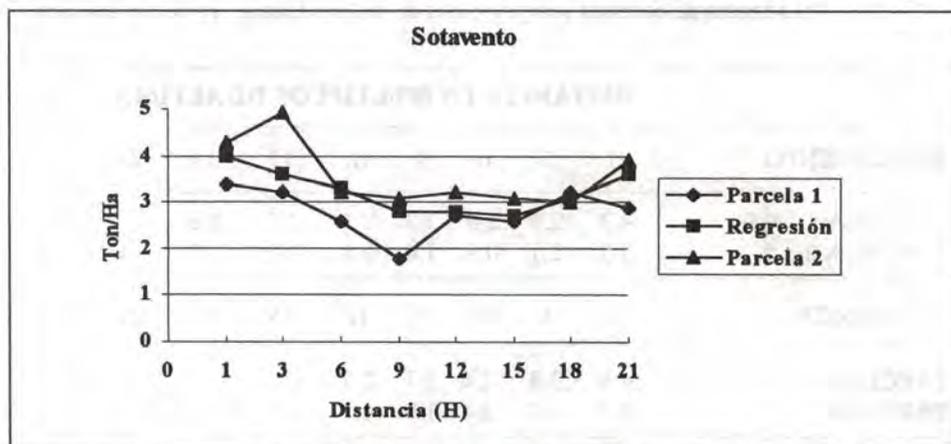
**Cuadro N° 3.** Rendimiento de maíz (Ton/Ha) en las parcelas a Barlovento y Sotavento en una cortina rompevientos en Villa Aldama, Veracruz, México.

A sotavento donde se esperaba el mayor efecto de protección contra el viento, en 3 de 4 parcelas se presentaron diferencias estadísticas, y en barlovento, se presentaron diferencias en 2 de 4 parcelas.

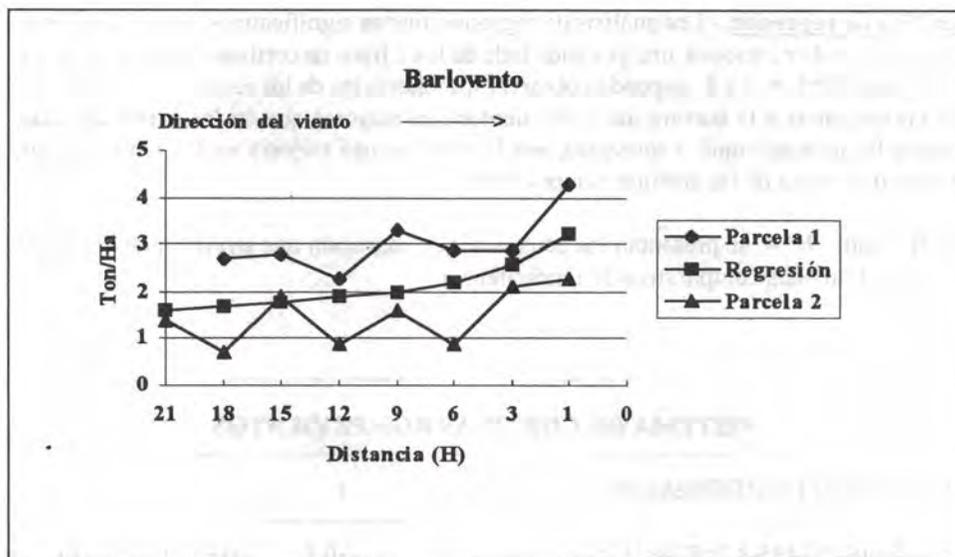
En general, se manifestó una mejoría del rendimiento por la influencia de la cortina rompevientos en un 62.5 %, estadísticamente comprobada.



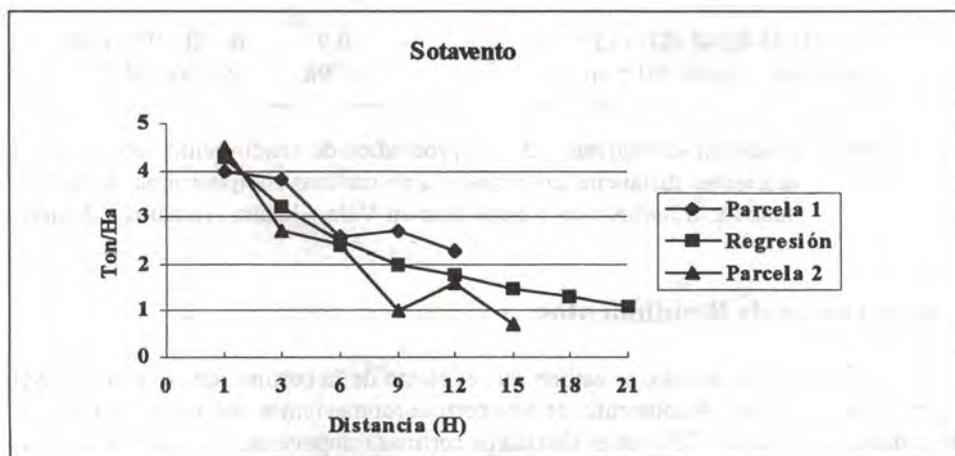
**Figura N° 5.** Curvas de rendimiento de maíz a barlovento, del sistema de cortinas rompevientos, Villa Aldama, Veracruz, México.



**Figura N° 6.** Curvas de rendimiento de maíz a sotavento, del sistema de cortinas rompevientos, Villa Aldama, Veracruz, México.



**Figura N° 7.** Curvas de rendimiento de maíz a barlovento de la cortina rompevientos simple, Villa Aldama, Veracruz, México.



**Figura N° 8.** Curvas de rendimiento de maíz a sotavento de la cortina rompevientos simple, Villa Aldama, Veracruz, México.

**Análisis de regresión.**- Los análisis de regresión fueron significativos estadísticamente, generándose 4 ecuaciones, una por cada lado de los 2 tipos de cortinas rompevientos. En las Figuras N° 5, 6, 7 y 8, se pueden observar las tendencias de los rendimientos de maíz. En las cercanías a la barrera los rendimientos son mayores que en las partes alejadas, tanto a barlovento como a sotavento, por lo tanto, existe mejoría en los rendimientos, bajo la influencia de las cortinas rompevientos.

En el Cuadro N° 4, se presentan las ecuaciones de regresión que sirvieron de base para realizar el análisis comparativo de rendimientos.

<b>SISTEMA DE CORTINAS ROMPEVIENTOS</b>		
ECUACIÓN DE REGRESIÓN	r	
$Y = 6.600097495 - 1.16874821 X \ln$	-0.8	BARLOVENTO
$Y = 4.327826329 - 0.270511509 X + 0.0112389852 X^2$	0.87	SOTAVENTO
<b>CORTINA ROMPEVIENTOS SENCILLA</b>		
ECUACIÓN DE REGRESIÓN	r	
$Y = 3.216801923 - 0.5480871215 * \ln X$	-0.91	BARLOVENTO
$Y = 4.36462963 - 1.05088391 * \ln X$	-0.98	SOTAVENTO

**Cuadro N° 4.** Ecuación de regresión de los promedios de rendimiento de maíz a diferentes distancias en el sistema de cortinas rompevientos y cortina sencilla, a Barlovento y Sotavento en Villa Aldama, Veracruz, México.

### Comparación de Rendimientos

En las parcelas a barlovento, se estimó que el efecto de la cortina rompevientos llega hasta la distancia 8 H. A sotavento, en una cortina rompevientos sencilla se estimó que llega hasta la distancia 10 H y en el sistema de cortinas rompevientos la distancia 12 H se considero sin protección, sin embargo es muy probable que toda la parcela se encuentre bajo la influencia de las cortinas rompevientos, según Vysock (1938), *cit. pos.* Van Eimern *et al.*, (*op. cit.*).

TIPO DE CORTINA		DISTANCIA (H)		PRODUCCIÓN MEDIA (Ton/Ha)		INCREMENTO DE PRODUCCIÓN (%)	
		BAR.	SOT.	BAR.	SOT.	BAR.	SOT.
Sistema de cortinas	c/prot.	1 a 8	1 a 11	4.912	3.145	41.39	16.48
	s/prot.	9 a 21	12 a 21	3.474	2.700		
cortina sencilla	c/prot.	1 a 8	1 a 10	2.489	2.776	42.2	88.71
	s/prot.	9 a 21	11 a 21	1.750	1.471		

c/prot=con protección. s/prot=sin protección BAR.= barlovento. SOT.= sotavento.

**Cuadro N° 5.** Influencia de 2 tipos de cortinas rompevientos en el rendimiento de maíz en Villa Aldama, Veracruz, México.

SISTEMA DE CORTINAS ROMPEVIENTOS				
PARCELA	BARLOVENTO		SOTAVENTO	
	CON BARRERA	SIN BARRERA	CON BARRERA	SIN BARRERA
Superficie (Ha)	1.764	2.079	1.764	2.079
Producción total (Ton)	7.094	7.222	5.508	5.613
CORTINA ROMPEVIENTOS SENCILLA				
PARCELA	BARLOVENTO		SOTAVENTO	
	CON BARRERA	SIN BARRERA	CON BARRERA	SIN BARRERA
Superficie (Ha)	1.2915	1.4515	1.2915	1.4515
Producción total (Ton)	2.623	2.540	2.703	2.135

**Cuadro N° 6.** Comparación de la producción de maíz en parcelas con y sin protección considerando la pérdida de terreno cultivable en el sistema de cortinas y la cortina sencilla, en Villa Aldama, Veracruz, México.

Como se observa en el Cuadro N° 5, los rendimientos bajo la influencia de las cortinas rompevientos son mayores que las consideradas sin protección. Sin embargo, para realizar una comparación de la producción en parcelas similares, debe tenerse en consideración la pérdida de terreno cultivable y los aumentos en rendimiento cuando se tiene una barrera rompevientos.

Como se puede observar en el Cuadro N° 6, la pérdida de terreno en el sistema de cortinas rompevientos no se compensa con el aumento en el rendimiento de maíz, tanto a barlovento como a sotavento, por lo tanto, se está perdiendo producción. La característica que influye en este resultado es el ancho de la cortina rompevientos que resultó excesiva; sin embargo, si observamos los resultados de la cortina sencilla nos damos cuenta que en las parcelas con barreras rompevientos, la producción es mayor que en las parcelas no protegidas con árboles, pero el ancho de esta barrera es menor que la barrera principal del sistema de cortinas rompevientos.

Por lo tanto no se recomienda el establecimiento de cortinas rompevientos mayores de 36 m de ancho, en parcelas de 200 m de longitud (perpendicular a la barrera) y cuyo objetivo sea la protección de cultivos agrícolas como el maíz.

Las cortinas moderadamente densas, reducen significativamente la velocidad del viento. El efecto no se determina por el número de hileras, sino por el tipo de especie y la separación entre árboles dentro de hileras (Finch, 1988)<sup>12</sup>. Entonces, el ancho de una cortina rompevientos es importante solamente cuando se ejerce influencia sobre la densidad. Lo anterior debe tomarse en cuenta para el establecimiento de un sistema de cortinas rompevientos.

## CONCLUSIONES

- Las parcelas de maíz aumentaron sus rendimientos con el establecimiento de dos tipos de cortinas rompevientos, tanto a barlovento como a sotavento, en comparación con las partes no protegidas.
- En el sistema de cortinas rompevientos, los rendimientos de maíz disminuyeron en la medida en que los sitios de muestreo se alejaron de la cortina a sotavento, esta tendencia continuó, alcanzándose el rendimiento mínimo a la distancia 12 H y a

---

<sup>12</sup> Finch, S. J. 1988. Field Winbreaks: Design Criteria. pp. 215-228.

partir de esta distancia los rendimientos vuelven a incrementarse como producto del efecto aditivo de la cortina secundaria de *Populus balsamifera* a barlovento.

- En la cortina rompevientos simple a sotavento, la tendencia del rendimiento de maíz respecto a la distancia a partir de la barrera de árboles, es de disminuir bruscamente al principio y después en forma lenta, confirmándose un efecto hasta de 10 H a sotavento.
- En las parcelas a barlovento en el sistemas de cortina y en la cortina simple, también se presenta la tendencia a disminuir los rendimientos de maíz en la medida en que los sitios de muestreo se alejan de la barrera; al principio, el rendimiento desciende bruscamente, después lo hace en forma lenta, obteniéndose un efecto de protección hasta de 8 H aproximadamente.
- El ancho de la cortina rompevientos influye en forma determinante en la producción de maíz, puesto que si el ancho de la cortina rompevientos crece, entonces se pierde más terreno cultivable. Por lo tanto, existe un límite en el ancho de una cortina rompevientos a partir del cual ya no se beneficia al productor.

## RECOMENDACIONES

- Se debe continuar investigando sobre diferentes estructuras y mezclas de especies en cortinas rompevientos.
- En un programa de cortinas rompevientos para el Valle de Perote, se recomienda el emplazamiento de barreras con 3 a 12 hileras de árboles y arbustos, que no alcancen un ancho mayor de 36 m, proyectándose a futuro una cortina con densidad media, lo cual dependerá de las distancias entre árboles dentro de hileras y de las especies utilizadas.

## BIBLIOGRAFÍA

Bassols B., A. 1975. Geografía económica de México. Ed. Trillas. México. 440 p.

- García C., H. M. 1983. Estudios sobre cortinas rompevientos en el Valle de Perote, Ver. Tesis profesional. Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad Veracruzana. Jalapa, Ver. 37 p.
- Finch, S. J. 1988. Field Winbreaks: Design Criteria. *In*: Windbreak Technology. Proceedings of an International Symposium on Windbreak Technology, Lincoln, Nebraska, June 23-27, 1986. reimpresso de Agriculture, Ecosystems and Environment. Holanda. Vols 22-23:215-228.
- Macmartin; W.; A. B. Frank y R. H. Heintz. 1974. Economic of Shelterbelt Influence on Wheat Yield in North Dakota. Journal of Soil and Water Conservation. 28:87-91.
- Martínez G., A. y A. Castillo M. 1987. Teoría de la regresión con aplicaciones agronómicas. Colegio de Postgraduados. Chapingo, Edo. de México. 490 p.
- Pelton, W. L. 1976. Windbreak Studies on the Canadian Prairie. Shelterbelts on the Great Plains. *In*: Proceedings of the Symposium. Denver, Colorado. Great Plains Agricultural Council Publication No.78 p. 64-68.
- Puri, S.; S. Singh y A. Khara. 1992. Effect of windbreak on the yield of cotton crop in semiarid regions of Haryana. Agroforestry Systems. 18:183-195.
- Read, R.A. 1964. Tree Windbreak for the Central Great Plains Agriculture. Handbook No. 250. USDA, Forest Service. 68p.
- Rzedowski, J. 1978. Vegetación de México. Ed. Limusa. México. 432 p.
- Rosenberg, N. J. 1976. Effects of windbreaks on the microclimate, energy balance and water use efficiency of crops growing on the great plains. Shelterbelts on the Great Plains. *In*: Proceedings of the Symposium. Denver, Colorado. Great Plains Agricultural Council Publication No.78 p. 49-56.
- Skidmore, E. L.; L. J. Hagen; D. G. Naylor y I. D. Teare. 1974. Winter Wheat Response to Barrier-Induced Microclimate. Agronomy Journal. 66:501-505.
- Stoekeler, J. H. 1962. Shelterbelts Influence on Great Plains Field Environment and Crops. USDA, Forest Service. Production Research Report No. 62. 26 p.
- Van Eimern, S., R. Karschon, L.A. Razumova y G.W. Robertson. 1964. Windbreaks and shelterbelts. World Meteorol. Org. Technical Note No 59. 188 p.

# MICROORGANISMOS ASOCIADOS A LA SEMILLA DE TRES ESPECIES DE PINO Y TÉCNICAS DE DESINFECCIÓN

Vázquez Collazo Ignacio \*

## RESUMEN

Los objetivos de este estudio fueron identificar los contaminantes externos e internos de la semilla al momento de la recolección, así como probar algunos desinfectantes y el uso de promotores de la germinación en tres especies de pino (*Pinus michoacana* Martínez., *P. pseudostrobus* Lindl. y *P. douglasiana* Martínez.). Las semillas fueron colectadas en el Campo Experimental Barranca de Cupatitzio, Michoacán, México. Para detectar los contaminantes de la semilla, se llevaron a cabo rutinas de laboratorio con la finalidad de obtener cultivos puros de los microorganismos y posteriormente identificarlos; también se realizaron varios experimentos, bajo un diseño completamente al azar, donde se aplicaron los desinfectantes Peróxido de Hidrógeno e Hipoclorito de Sodio y por último, se estableció un experimento con semilla de *Pinus pseudostrobus* para probar la eficiencia de diferentes tiempos de inmersión en Peróxido de Hidrógeno, como promotor de la germinación.

Los resultados mostraron la existencia de contaminantes epibióticos y endobióticos en la semilla de las tres especies de pino; *Pinus michoacana* fue la especie con más grado de contaminación y *P. douglasiana* la menos contaminada; los géneros de hongos identificados en la semilla fueron: *Botrytis*, *Pestalotia*, *Rhizopus*, *Penicillium* y *Aspergillus*; también se encontró una bacteria del género *Xanthomonas* como contaminante se la semilla de *Pinus michoacana* y *P. pseudostrobus*. El Peróxido de Hidrógeno no es un buen desinfectante de la semilla de pino, aunque a tiempos de exposición de 40 y 60 minutos, redujo la presencia de microorganismos epibióticos en 8 y 15 % respectivamente.

---

\* M.C., Investigador del Campo Experimental Uruapan, CIR-Pacífico Centro. INIFAP, SAGAR.

Con la inmersión de la semilla de las tres especies de pino en Hipoclorito de Sodio al 1 %, durante 4 y 6 minutos, se obtuvo un 100 % de control de los contaminantes epibióticos. Por último, la inmersión de la semilla de *P. pseudostrobus* en Peróxido de Hidrógeno durante 5, 10 y 20 minutos, incrementó el porcentaje de germinación en 18.6, 15.9 y 12.6 % respectivamente.

Palabras clave: Microorganismos, semillas forestales, técnicas de desinfección, germinación.

## ABSTRACT

The objectives of this study were the intern and extern contaminants identification on seed recollection, and test several promoters and disinfectants of germination on three pine species (*Pinus michoacana* Martínez., *P. pseudostrobus* Lindl. and *P. douglasiana* Martínez.). The seeds were collected at Barranca de Cupatitzio Experimental Station, located on Michoacan state, Mexico. For seed contaminant detection, there were carried out laboratory tests with the focus to obtain pure cultivations of microorganisms and identify them. Also were carried out several experiments, under a randomized desing, they were applied the disinfectants Hidrogen Peroxide and Sodium Hipoclorite. Finally a seed experiment with *Pinus pseudostrobus* was conducted to prove the efficiency on different inmersion times, using Hidrogen Peroxide as germination promoter.

The results showed the existence of endobiotic and epibiotic contaminants on the three pine species. *Pinus michoacana* was the specie with highest contamination and *P. douglasiana* was the less contaminated. The contaminant agents genus identified on the seeds were: *Botrytis*, *Pestalotia*, *Rhizopus*, *Penicillum* and *Aspergillus*: a bacteriy of *Xanthomas* genus was founded as contaminating material on *Pinus michoacana* and *P. pseudostrobus* seeds. It was comproved that Hidrogen Peroxide wasn't a good pine seed disinfectant, however with 40 and 60 minutes exposition times with Sodium Hipoclorite at 1 percent, reduced 8 and 15 percent microorganisms presence on the three pine species, respectively. The seed inmersion showed a 100 percent epibiotic contaminants control using Sodium Hipoclorite at 1 percent, applied with 4 and 6 minutes. The inmersion of *P. pseudostrobus* seed on Hidrogen Peroxide with 5, 10 and 20 minutes, increased the germination on 18.6, 15.9 and 12.6 percent, respectively.

Key words: Microorganisms, forest seeds, disinfection technics, germination.

## INTRODUCCIÓN

De acuerdo con el Inventario Nacional Forestal de gran visión realizado por la SARH (1991-1992)<sup>1</sup>, en la República Mexicana existe un total de 21.6 millones de Ha de áreas forestales perturbadas, lo que representa el 11% de la superficie total del país. La tasa anual de deforestación se calculó para el año de 1990, en 0.71%, que correspondió a una superficie de 365,000 Ha. Con base en esta proyección, se estima que para el año 2000, la tasa de deforestación sea del 0.55% que equivale a 283,000 Ha.

El estado de Michoacán, cuenta con una superficie perturbada de más de 1 millón de Ha, de las cuales 23,732 son consideradas como gravemente afectadas. Para abatir esta situación, es necesario llevar a cabo intensas campañas de reforestación, con planta de buena calidad genética, libre de plagas y enfermedades.

Uno de los principales problemas sanitarios que se presentan en la producción de planta, es la enfermedad conocida como mal de semilleros o *Damping off*, causada por un gran número de agentes infecciosos que pueden estar presentes sobre o dentro de la semilla desde el momento de la cosecha y que provoca pérdidas por arriba del 25%; a pesar de esto, no existen en el país estudios sobre la cantidad de semillas infectadas desde el momento de la recolección, géneros de patógenos epibióticos y endobióticos más frecuentes en la simiente así como de algunas formas o técnicas de desinfección y uso de promotores de la germinación. Con este propósito se desarrolló el presente trabajo, mediante el análisis de semilla recolectada de las siguientes especies de pino: *Pinus michoacana*, *P. douglasiana* y *P. pseudostrobus*.

## ANTECEDENTES

Los organismos que originan muchas de las enfermedades de las plantas pueden estar dentro o fuera de la semilla, por lo que la identificación de los mismos y la desinfección de la semilla es un proceso importante para reducir las enfermedades presentes durante la germinación y su estado de plántula. Los hongos y bacterias atacan generalmente a las partes florales y conos, aunque las semillas no son directamente infectadas (Patiño *et al.*, 1983)<sup>2</sup>; sin embargo, se han reportado algunos géneros de hongos (*Chaetomium*,

---

<sup>1</sup> SARH. 1991-1992. Inventario Nacional Forestal de gran visión.

<sup>2</sup> Patiño V., F.; P. De la Garza; Y. Villa G.; I. Talavera y F. Camacho. 1983. Guía para la recolección y manejo de semillas de especies forestales.

*Tricoderma*, *Botrydiploia*, *Fusarium*) en la testa, que pueden invadir tejido vegetal y causar la muerte de la plántula a los pocos días de nacida (Parker y Rees, 1983)<sup>3</sup>.

Las semillas no sólo son víctimas de los microorganismos patógenos (hongos, bacterias y virus), sino que también actúan como vectores (agentes pasivos) de los mismos y que pueden ser peligrosos para otros vegetales; se reportan dos géneros de bacterias (*Xanthomonas* y *Pseudomonas*) como agentes patógenos de semillas y varios géneros de hongos: *Fusarium*, *Botrytis*, *Ciboria*, *Sclerotinia*, *Phomopsis*, *Valsa*, *Gloeosporium*, *Schizophyllum*, *Mucor* y *Ustilago*.

Los patógenos de la semilla se pueden reducir mediante diversas prácticas tales como: establecer los huertos semilleros en áreas con bajo riesgo, remover los hospedantes alternantes de los mismos huertos, destruir árboles infectados, aplicación de fungicidas, usar buenos procedimientos de obtención de semilla, esterilizar la semilla con Peróxido de Hidrógeno, Hipoclorito de Sodio, etanol, aplicación de fungicidas a la semilla e inmersión en agua caliente (Bonner *et al.*, 1994)<sup>4</sup>.

Los trabajos realizados con *Pseudotsuga menziesii* Kentza. han demostrado que los conos colectados contienen gran cantidad de hongos comunes; de 4,564 conos examinados, se aislaron 7,293 hongos, de los cuales pocos fueron identificados. Uno de los géneros identificados fue *Fusarium*, pero se sugiere que la invasión a la semilla ocurre después de la cosecha de los conos y no mientras los mismos se desarrollan en el árbol (Nelson *et al.*, 1986)<sup>5</sup>.

La cantidad de semilla perdida debido a las plagas y enfermedades es considerable; por ejemplo, en *Abies* se estiman pérdidas entre el 9 y 75 %, y en *Picea* entre el 24 y 65 %. Se han identificado 26 especies de hongos pertenecientes a 13 géneros, tres de ellos (*Aspergillus*, *Penicillium* y *Rhizopus*) reducen la germinación en *Cedrus* (Bonner, 1986)<sup>6</sup>.

El tratamiento a la semilla con objeto de reducir la incidencia de enfermedades no es nuevo; se menciona que el primer tratamiento a la semilla para siembra fue intentado en el año 50 A. de C., por Julius Cellumela (Vélez, 1977)<sup>7</sup>.

---

<sup>3</sup> Parker, E. J. y Rees, A. A. 1983. Examen fitosanitario de semillas de especies forestales.

<sup>4</sup> Bonner, F. T.; J. A. Vozzo; W. W. Elam and S. B. Land. 1994. Tree Seed Technology Training Course.

<sup>5</sup> Nelson, E.E.; W.G. Thies and C. Y. Li. 1986. Are Seed and Cone Pathogens Causing Significant Losses in Pacific Northwest Seed Orchards.

<sup>6</sup> Bonner, F. T. 1986. Seeds of woody plants. pp. 81-112.

<sup>7</sup> Vélez L., E. 1977. Notas del curso de parasiticidas agrícolas.

Investigaciones recientes mencionan que con el tratamiento a la semilla con fungicidas sistémicos (Bayleton) se protege a la plántula de *Pinus elliottii* Engelm. de la roya (*Cronartium quercum*). En algunos viveros forestales del este de los Estados Unidos de América (EUA), la semilla de pino se trata con el fungicida Thiram en dosis de 1.5 a 2 onzas de producto por una libra de semilla (Yoder, 1992)<sup>8</sup>.

La semilla de *Pinus taeda* Linn. se ha expuesto a radiación electromagnética y se han evaluado sus efectos en la germinación de la misma, desarrollo de la plántula, resistencia a enfermedades y comportamiento de la plántula en el campo; los resultados no muestran una diferencia significativa con relación al testigo (Barnett y Krugman, 1989)<sup>9</sup>. El Oxido Cuproso, el Oxido de Zinc y el sulfato de zinc han demostrado ser valiosos protectores para cierto tipo de semilla (Charles, 1973)<sup>10</sup>; por otro lado, se ha demostrado que el tratamiento con fungicidas, principalmente el Benomyl, no tiene un efecto negativo en la germinación de la semilla de *Pinus palustris* Mill. aún después de 20 años (Barnett y Jones, 1993)<sup>11</sup>.

Algunas semillas de especies de áreas riparias (*Prunus virginiana* Linn.) han sido tratadas con blanqueador (Hipoclorito de Sodio) por períodos de 8 minutos, para reducir los patógenos de la superficie; posteriormente se aplica un lavado con agua fría por 48 horas y una estratificación de 90 a 120 días (Atthowe, 1992)<sup>12</sup>. Para eliminar algunos inhibidores de la cubierta de la semilla se ha empleado el ácido sulfúrico, nítrico o clorhídrico; también se utiliza el agua oxigenada, el alcohol y la acetona (García y Muñoz, 1993)<sup>13</sup>.

La esterilización química se logra con el empleo de sustancias químicas diversas; en muchos casos pueden considerarse como desinfectantes, que consiste en la remoción selectiva de organismos capaces de causar infección a partir de tejidos o materiales diversos.

---

<sup>8</sup> Yoder, B. 1992. Pre-sowing Seed Treatments Used at the George O. White State Forest Nursery-Missouri. pp. 42-44.

<sup>9</sup> Barnett, J. P. and S. L. Krugman. 1989. Electromagnetic Treatment of Loblolly Pine Seeds.

<sup>10</sup> Charles, W. J. 1973. Patología Vegetal. Ed. Omega. Barcelona, España. pp. 770-773.

<sup>11</sup> Barnett, J. P. and J. P. Jones. 1993. Response of Longleaf Pine Seeds to Storage Conditions and Pregermination Treatments. South J. Appl. For. 17 (4): 174-179.

<sup>12</sup> Atthowe, H. 1992. Propagation of Riparian and Wetland Plants. pp. 78-82.

<sup>13</sup> García M., J. J. y F. H. Muñoz J. 1993. Guía para la producción de planta forestal en envases.

Existen diferentes tipos de sustancias para esterilizar o desinfectar: 1) agentes oxidantes (Permanganato de Potasio, Peróxido de Hidrógeno, Perborato de Sodio, entre otros); 2) halógenos (Cloro y Bromo); 3) ácidos inorgánicos y alcalis; 4) sales de metales pesados (Cloruro de Mercurio, Sulfato de Cobre, Nitrato de Plata); 5) compuestos fenólicos; 6) alcoholes (etilico e isopropílico ) y; 7) gases (Bromuro de Metilo, Vapam, Oxido de Propileno y Oxido de Etileno ), (López, 1981)<sup>14</sup>.

Las soluciones de Hipoclorito de Sodio (NaClO) a diferente concentración se emplean como desinfectantes de tejidos; se preparan mezclando cinco partes de agua destilada y una parte de Hipoclorito de Sodio al 5 %, también se pueden preparar mezclando cinco partes de agua destilada con una parte de blanqueador de ropa (Cloralex u otra marca comercial). Normalmente en la desinfección de tejidos se utiliza la concentración del 1% y el tiempo necesario para este proceso varía entre 30 y 90 segundos; material con mayor grado de contaminación requiere de 2 a 3 minutos de exposición (López, *op. cit.*). Este producto también se utiliza como desinfectante de semilla de varias especies de pino en concentración del 10% (Bonner *et al.*, *op. cit.*) y 5.25 % (García y Muñoz, *op. cit.*).

Existen otros compuestos que se emplean como promotores de germinación, entre los más utilizados se puede mencionar al Nitrato de Potasio, Thiourea, Etileno, Cinetina, Agua Oxigenada, Ácido Giberélico, Cloro e inmersión en agua; todas las sustancias se emplean a diferente concentración y los tiempos de remojo varían según la especie (García y Muñoz, *op. cit.*; Bonner *et al.*, *op. cit.*; USDA Y SFF, 1994<sup>15</sup>).

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Localización de Sitios de Colecta

***Pinus michoacana* y *P. douglasiana*.** Estas especies fueron colectadas en el Campo Experimental Barranca de Cupatitzio, ubicado a 5 Km al oeste de la ciudad de Ururapan, Mich.; el arbolado se encuentra a una altitud promedio de 1,950 msnm, su posición geográfica corresponde a los 19° 28' de latitud norte y 102° 05' de longitud oeste.

---

<sup>14</sup> López A., G. F. 1981. Manejo de hongos fitopatógenos.

<sup>15</sup> USDA y SFF, 1994. Viveros y reforestación en México.

El clima es del tipo Cw2 ( W ), que se describe como el más húmedo de los subhúmedos, con régimen de lluvias en verano, con una oscilación térmica menor de 5°C y la temperatura del mes más caliente es antes de junio; la temperatura media anual es de 16.3°C y la precipitación media anual es de 1,335 mm (Prado, 1981, *cf*: Ciencia Forestal N° 3)<sup>16</sup>.

**Pinus pseudostrobus.**- Esta especie se colectó en el paraje denominado Los Lobos, ubicado dentro del municipio de San Juan Nuevo, Mich., aproximadamente 15 Km al sur de esta población; a una altitud media de 2,100 msnm y la posición geográfica del paraje se ubica en los 19° 24' de latitud norte y los 102° 11' de longitud oeste, con clima templado y lluvias en verano (Cw) (Carta topográfica de INEGI número E13B39, 1987).

## Obtención de la Semilla

Los conos colectados de las 3 especies de pino, fueron procesados para su beneficio y obtención de la semilla, con la metodología descrita por Patiño y Marín (1993)<sup>17</sup>; la semilla, una vez homogeneizada, se almacenó y se tomó una muestra de 1 Kg de cada especie, para realizar las diversas pruebas de laboratorio.

## Pruebas de Laboratorio

**Pruebas de germinación.**- Una vez extraída la semilla se realizaron pruebas de germinación para cada especie; se utilizaron 400 semillas por especie (100 simientes por cada caja de Petri) y se colocaron a 28°C en estufa de germinación. Los datos de plántula germinada se tomaron a los 7, 14, 21 y 28 días, posteriores a la siembra.

---

<sup>16</sup> Prado O., A. 1981. Los campos experimentales forestales. Ciencia Forestal Núm. 3 (1): 39-49. 2a. edición.

<sup>17</sup> Patiño V., F. y C. J. Marín. 1993. Viveros Forestales. Planeación, establecimiento y producción de planta.

## Contaminantes de Campo

**Contaminantes epibióticos.-** Para determinar los microorganismos asociados de manera externa a la semilla de las 3 especies de pino, se llevó a cabo el siguiente procedimiento: se separaron 100 semillas de cada especie, se establecieron 4 bloques de 25 semillas cada uno, se colocaron en cajas de Petri con medio de cultivo PDA (Papa-Dextrosa-Agar), posteriormente se incubaron a 28°C en estufa de germinación. Una vez obtenidas las colonias de contaminantes, se procedió a resembrar los diferentes microorganismos con el propósito de obtener los cultivos puros esporulados e identificarlos con las claves de Barnett y Hunter (1972)<sup>18</sup>.

**Contaminantes endobióticos.-** La determinación de los organismos presentes en el interior de la semilla se realizó de la siguiente manera: se tomaron 50 semillas de cada especie y se eliminó la testa; después se colocaron las semillas desnudas en cajas de Petri con PDA (25 semillas por caja) y se incubaron a 28°C hasta la aparición de las colonias de microorganismos; posteriormente se resembraron para obtener los cultivos puros con células reproductivas y proceder a su identificación.

## Pruebas de Patogenicidad

De los organismos identificados y reportados como fitopatógenos, se realizó una prueba de patogenicidad para comprobar los postulados de Koch (Bauer, 1984<sup>19</sup> y Romero, 1988<sup>20</sup>); primero se obtuvieron cultivos puros de los géneros de hongos fitopatógenos: *Pestalotia* y *Botrytis*, se incrementó su población en PDA a 28°C durante 5 días, hasta obtener su esporulación. Posteriormente, se tomaron 600 semillas de cada especie y se desinfectaron con Hipoclorito de Sodio al 1 % por 4 minutos; después se sembraron en un sustrato (suelo franco y migajón arcillo arenoso 2:1) previamente esterilizado con bromuro de metilo (1 lb. por m<sup>3</sup> de suelo). Se utilizaron las tres especies de pino (*Pinus pseudostrobus*, *P. michoacana* y *P. douglasiana*), con los hongos fitopatógenos.

Una vez sembrada la semilla en el suelo esterilizado, se aplicó el inóculo en el agua de riego y se efectuaron dos evaluaciones (15 y 21 días) después de la inoculación.

---

<sup>18</sup> Barnett, H. L. and B. B. Hunter. 1972. Illustrated genera of imperfect fungi.

<sup>19</sup> De la I de Bauer M., L. 1984. Fitopatología.

<sup>20</sup> Romero C., S. 1988. Hongos fitopatógenos.

## Desinfección de la Semilla

Con la finalidad de eliminar todos los microorganismos presentes en la testa de la semilla, se probaron dos productos desinfectantes; uno de ellos fue el agua oxigenada o Peróxido de Hidrógeno (10.5 volúmenes de oxígeno), para lo cual se estableció un experimento bajo un diseño completamente al azar con la especie *Pinus pseudostrubus*, evaluando 7 tratamientos (0, 5, 10, 20, 30, 40 y 60 minutos), con 4 repeticiones (25 semillas por caja de Petri), con un total de 100 semillas por tratamiento; una vez efectuado el tratamiento se lavaron las semillas con agua corriente, se eliminó el exceso de agua con papel secante y se sembraron en cajas de Petri con PDA, posteriormente se incubaron a 28°C hasta el desarrollo de las colonias; mismas que se contabilizaron y analizaron mediante un análisis de varianza (ANVA) con una probabilidad del 95 % .

Se realizó otro experimento con *P. pseudostrubus*, bajo un diseño completamente al azar, con 4 tratamientos que se efectuaron con diferentes tiempos de exposición de la semilla en Hipoclorito de Sodio (0, 2, 4 y 6 minutos), con 4 repeticiones (25 semillas por caja de Petri) y una parcela útil de 100 semillas por tratamiento. Una vez aplicado el tratamiento, la semilla se lavó con agua corriente de manera abundante, se eliminó el exceso de agua con papel secante, se sembró la semilla en las cajas de Petri y se incubaron a una temperatura de 28°C. Se cuantificó el número de colonias por caja de Petri y los datos se analizaron mediante un ANVA (95 % de probabilidad).

Con los resultados obtenidos en el experimento anterior, se llevó a cabo una evaluación del tratamiento con Hipoclorito de Sodio al 1% en las especies *Pinus michoacana* y *P. douglasiana*, se sumergieron las semillas por un tiempo de 4 minutos, con 100 semillas por especie así como 50 semillas de cada especie como testigo.

## Promotores de la Germinación

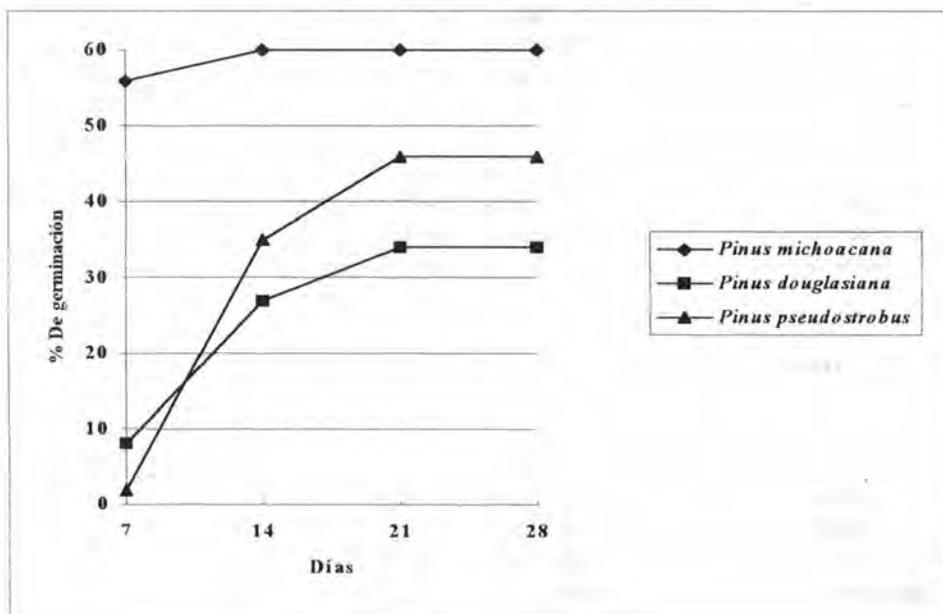
Con la finalidad de conocer el efecto que tiene el Peróxido de Hidrógeno como promotor de la germinación, se realizó un trabajo con *Pinus pseudostrubus*, bajo un diseño al azar, sumergiendo la semilla en 4 tratamientos (0, 5, 10 y 20 minutos), 4 repeticiones (100 semillas por caja). Antes de sumergir la semilla en el agua oxigenada, se desinfectó con Hipoclorito de Sodio al 1% durante 4 minutos; después del tratamiento, se eliminó el exceso de agua de la semilla con papel secante, se sembró en las cajas de Petri y se incubó a 28°C; los datos de semillas germinadas se tomaron a los 7, 14, 21 y 28 días del tratamiento. Los resultados se analizaron mediante un análisis de varianza por cada

fecha de observación (7, 14, 21 y 28 días) y la agrupación de medias se realizó de igual manera.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Pruebas de Germinación

Los resultados de las pruebas de germinación de las tres especies de pino señalaron que el mayor porcentaje de germinación se presentó a los 14 días para las especies *Pinus pseudostrobus* y *P. douglasiana*, mientras que para *P. michoacana* este valor se presentó a los 7 días; el porcentaje de germinación disminuyó hasta cero a los 28 días en las tres especies. La especie *Pinus douglasiana* fue la que tuvo el porcentaje de germinación más bajo (34%), *P. pseudostrobus* presentó una germinación intermedia (46%) y la especie *P. michoacana* alcanzó el valor de germinación más alto (60%) *vid., infra*, Figura N° 1.

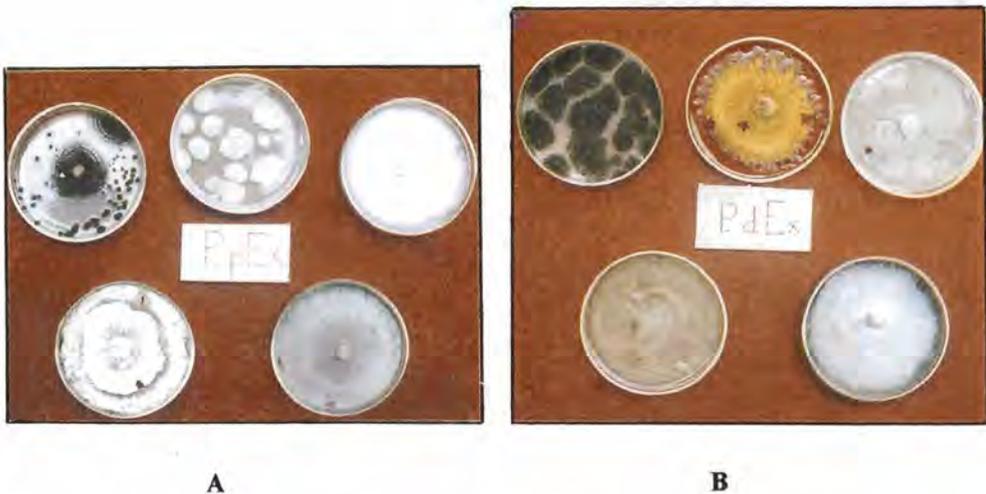


**Figura N° 1.** Prueba de germinación de las tres especies de pino.

## Contaminantes de Campo

**Contaminantes epibióticos.-** Como contaminantes externos se presentaron hongos y bacterias; en *Pinus michoacana* se identificaron los siguientes géneros: *Botrytis*, *Pestalotia*, *Rhizopus*, *Penicillium* y *Xanthomonas*; en *P. pseudostrobus* se presentaron los siguientes microorganismos: *Pestalotia*, *Rhizopus*, *Botrytis* y una bacteria Gram (+); por último, en *P. douglasiana* se identificaron a *Rhizopus*, *Penicillium* y una bacteria Gram (+).

Se pudo observar que la especie menos contaminada externamente es *P. douglasiana* y *P. michoacana* es la que mayor cantidad de contaminantes presentó; los microorganismos externos en la semilla de las tres especies de pino son similares, ya que se encontraron géneros que son comunes (*Rhizopus*) para todas las especies y géneros (*Botrytis*, *Penicillium* y *Pestalotia*) que estuvieron presentes en cuando menos dos especies. Por lo que se refiere a las bacterias, estas sólo se presentaron en dos especies de pino (*P. michoacana* y *P. pseudostrobus*) y es *P. douglasiana* la que no mostró este tipo de microorganismo de manera externa, *vid., infra*, Figura N° 2.



**Figura N° 2.** Microorganismos epibióticos en dos especies de pino: A) *Pinus pseudostrobus* (Pp) y B) *Pinus douglasiana* (Pd).

De los géneros de microorganismos identificados en la testa de la semilla, dos de ellos están reportados como fitopatógenos (*Botrytis* y *Pestalotia*), mientras que los demás (*Rhizopus* y *Penicillium*) se reportan como contaminantes de almacén (Alexopoulos, 1976<sup>21</sup>; Bauer, *op. cit.*; Webster, 1980<sup>22</sup>; Romero, *op. cit.*; Bonner *et al.*, *op. cit.*). El género *Botrytis* produce el ahogamiento de plántula en semilleros, donde la humedad es alta y la temperatura fresca, pero también se presenta en el campo si la semilla esta contaminada con esclerocios o se encuentra en el suelo con ellos o con micelio (Romero, *op. cit.*).

La literatura sobre este tema menciona varias especies del género *Pestalotia*, como causantes de manchas foliares o lesiones cancerosas en frutos de plantas tropicales; los hospedantes más dañados son la palma de coco, la planta del té, la guayaba y la azalea (Romero, *op. cit.*); sin embargo, se menciona a *Pinus funerea* como causante del *Damping off* en varias especies forestales (Boyce, 1961)<sup>23</sup>.

**Contaminantes endobióticos.**- Se identificaron contaminantes (hongos y bacterias) dentro de la semilla de las tres especies de pino; en las especies *Pinus michoacana* y *P. pseudostrobus* se encontraron los siguientes géneros de hongos: *Penicillium*, *Botrytis*, *Aspergillus* y *Pestalotia* (Figura N° 3); además, de las semillas de *P. pseudostrobus* se aisló una bacteria con las características generales del género *Xanthomonas*.

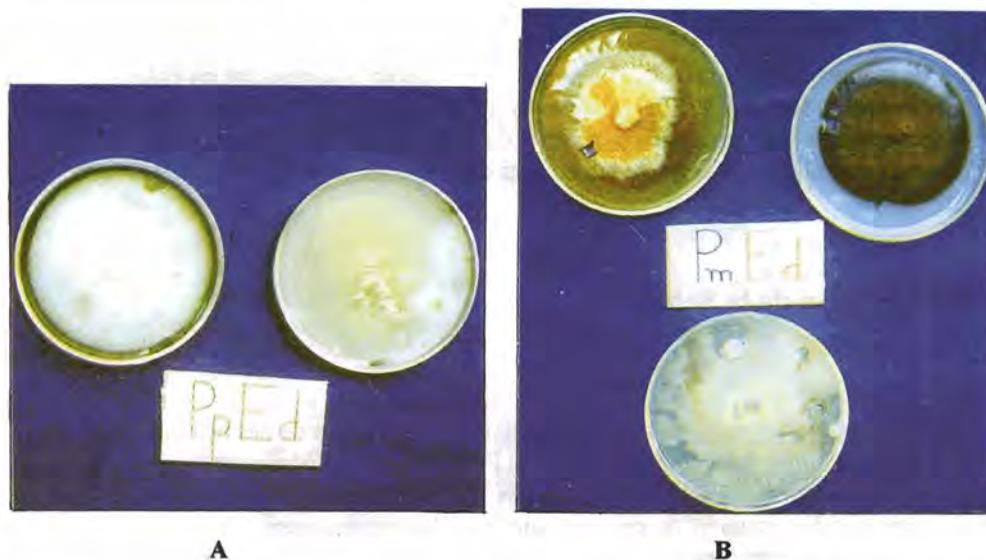
La especie menos contaminada fue *P. douglasiana*, ya que no se presentaron hongos en la semilla de esta especie y solamente se cultivó una bacteria Gram (+), pero no fue posible catalogarla por falta de equipo especializado para la identificación de microorganismos. Este es el primer intento en el país, por identificar los diversos microorganismos endobióticos que contaminan las semillas de pino, por lo que no existen experiencias previas con las que se puedan comparar y discutir los resultados; sin embargo, el género *Xanthomonas* y *Botrytis* se mencionan como causantes de problemas fitosanitarios en semillas forestales (Bonner *et al.*, *op. cit.*).

---

<sup>21</sup> Alexopoulos C., J. 1976. Introducción a la Micología.

<sup>22</sup> Webster, J. 1980. Introduction to Fungi.

<sup>23</sup> Boyce, J. S. 1961. Forest Pathology.



**Figura N° 3.** Contaminantes endobióticos de la semilla de dos especies de pino: A) *Pinus michoacana* y B) *Pinus pseudostrobus*.

### Pruebas de Patogenicidad

De las semillas inoculadas con los hongos de los géneros *Botrytis* y *Pestalotia*, se observó que el porcentaje de plantas con síntoma de *Damping off* es muy bajo en las tres especies; en las semillas inoculadas con el género *Pestalotia*, la especie *Pinus pseudostrobus* es la que presenta el número más alto de plantas con síntoma (seis) y *P. douglasiana* es la especie con menor número de plantas enfermas (solamente una); los resultados de las semillas inoculadas con *Botrytis*, muestran que solo *P. michoacana* presentó una plántula con síntomas de la enfermedad. Estos resultados discrepan de los reportados por Vázquez (1992)<sup>24</sup> quien en un trabajo realizado en cuatro viveros ubicados en el área de influencia del campo experimental Uruapan, encontró que la especie más susceptible a esta enfermedad es *P. michoacana* con un porcentaje de incidencia del 47.1, mientras que *P. pseudostrobus* solamente presentó una incidencia media del 12.2%; por otro lado, se identificaron como los únicos agentes fitopatógenos a *Rhizoctonia solani* y *Fusarium oxysporum* (Cuadro N° 1).

<sup>24</sup> Vázquez C., I. 1992. Identificación y evaluación del *Damping off* en cuatro viveros forestales del área de influencia de Uruapan.

De las plantas con sintoma de *Damping off* se hicieron aislamientos en PDA y se aisló nuevamente a *Botrytis* de *P. michoacana* y a *Pestalotia* de *P. pseudostrobus*, con lo cual se comprobaron los postulados de Koch y determinándose que estos organismos son los agentes causantes de la enfermedad en esas dos especies.

## Desinfección de la Semilla

**Peróxido de Hidrógeno.-** Los resultados de los tratamientos de desinfección de semilla en *Pinus pseudostrobus*, donde se utilizó el Peróxido de Hidrógeno mostraron que a bajo tiempo de inmersión (5 y 10 minutos) no existió diferencia en relación con el testigo; se observó una disminución de contaminantes en los tratamientos de 20, 30, 40 y 60 minutos, aunque esta disminución no fue importante, ya que representó solamente entre el 1, 4, 8 y 15% respectivamente.

Los resultados del análisis de varianza indicaron que existió una diferencia estadística entre los tratamientos y la separación de medias, se formaron dos grupos de tratamientos donde el de 60 minutos indicó una significancia mayor que los tratamientos de 5, 10, 20 y 30 minutos, asimismo los tratamientos de 40 y 60 minutos no resultaron significativamente diferentes; finalmente los tratamientos de 40, 30, 20, 10, 5 y el testigo, no fueron significativamente diferentes entre sí, *vid., infra*, Cuadros N° 2 y N° 3.

Cuando se analizaron las colonias de hongos desarrolladas en los diferentes tratamientos, se observó que en el tratamiento de 20 minutos no creció el género *Pestalotia*; en el tratamiento de 30 minutos se desarrolló principalmente el género *Rhizopus*; en el tratamiento de 40 minutos. Se desarrollaron los géneros *Penicillium* y *Pestalotia* y por último, en el tratamiento de 60 minutos se presentó *Rhizopus*, *Penicillium* y *Pestalotia*.

Se pudo observar que no existió una selectividad del producto hacia un género de hongo en particular, ya que se presentaron el total de los géneros en todos los tratamientos, aún en el de 60 minutos. Por otro lado, estos resultados se contraponen con lo mencionado por Bonner *et al. op. cit.* quien recomendó el uso del Peróxido de Hidrógeno al 30% por 20 minutos.

Hongo	Esp.*	Semillas germinadas	Semillas no germinadas	Total semillas	Plantas enfermas	% de daño
<i>Botrytis</i>	1	115	85	200	1	0.86
	2	125	75	200	0	0.00
	3	55	145	200	0	0.00
<i>Pestalotia</i>	1	109	91	200	4	3.66
	2	103	97	200	6	5.80
	3	61	139	200	1	1.60

\* Especie: 1= *Pinus michoacana*; 2= *P. pseudostrobus*, 3= *P. douglasiana*

**Cuadro N° 1.** Resultados de la prueba de patogenicidad en semillas de 3 especies de pino con los hongos *Botrytis* y *Pestalotia*.

Tratamiento	BLOQUES				Total	Media
	I	II	III	IV		
Testigo	25	25	25	25	100	25.00
5 minutos	25	25	25	25	100	25.00
10 minutos	25	25	25	25	100	25.00
20 minutos	25	24	25	25	99	24.75
30 minutos	24	23	25	24	96	24.00
40 minutos	22	24	24	23	92	23.00
60 minutos	23	18	23	21	85	21.25

**Cuadro N° 2.** Número de semillas de *Pinus pseudostrobus*, contaminadas con microorganismos, después del tratamiento con Peróxido de Hidrógeno.

Tratamiento	Media*	Agrupación
60 minutos	21.25	a
40 minutos	23.00	ab
30 minutos	24.00	b
20 minutos	24.75	b
10 minutos	25.00	b
5 minutos	25.00	b
Testigo	25.00	b

\* Colonias de microorganismos por caja de Petri.

**Cuadro N° 3.** Separación de medias por la prueba de rango múltiple de Tukey a un nivel de significancia del 95 %.

**Hipoclorito de Sodio.-** Los resultados de esta prueba muestran que el tratamiento de inmersión de la semilla por 2 minutos con respecto al testigo, tiene una reducción en el número de contaminantes del 29%; los tratamientos de 4 y 6 minutos de inmersión con Hipoclorito de Sodio tienen un efecto altamente desinfectante, ya que eliminan casi en su totalidad (Cuadro N° 4) los microorganismos epibióticos de la semilla de *P. pseudostrobis*.

Desde el punto de vista estadístico, se encontró diferencia altamente significativa entre los tratamientos (Cuadro N° 5) y con la separación de medias se formaron tres grupos, donde el tratamiento de 4 minutos fue significativamente mayor de los demás tratamientos; el tratamiento de 6 minutos resultó significativamente menor que el tratamiento de 4 minutos pero significativamente mayor que los otros dos tratamientos;

por último, los tratamientos de 2 minutos y el testigo fueron significativamente menores que los tratamientos de 4 y 6 minutos (Cuadro N° 6).

Tratamiento	REPETICIONES				Total	Media
	I	II	III	IV		
Testigo	25*	25	25	25	100	25.00
2 minutos	16	14	20	21	71	17.75
4 minutos	1	2	1	0	4	1.00
6 minutos	2	2	1	1	6	1.50

\* Número de semillas contaminadas por caja de Petri.

**Cuadro N° 4.** Número de colonias en las semillas de *Pinus pseudostrobus* tratadas con Hipoclorito de sodio.

F.C.	S.C. <sup>1</sup>	G.L. <sup>2</sup>	C.M. <sup>3</sup>	F calculada
Tratamiento	1725.69	3	575.23	193.0949
Error	35.75	12	2.98	
Total	1761.44	15		

C.V.= 15.2577 1= Suma de cuadrados 2= Grado de libertad 3= Cuadrado medio.

**Cuadro N° 5.** ANVA de los datos del experimento con Hipoclorito de sodio.

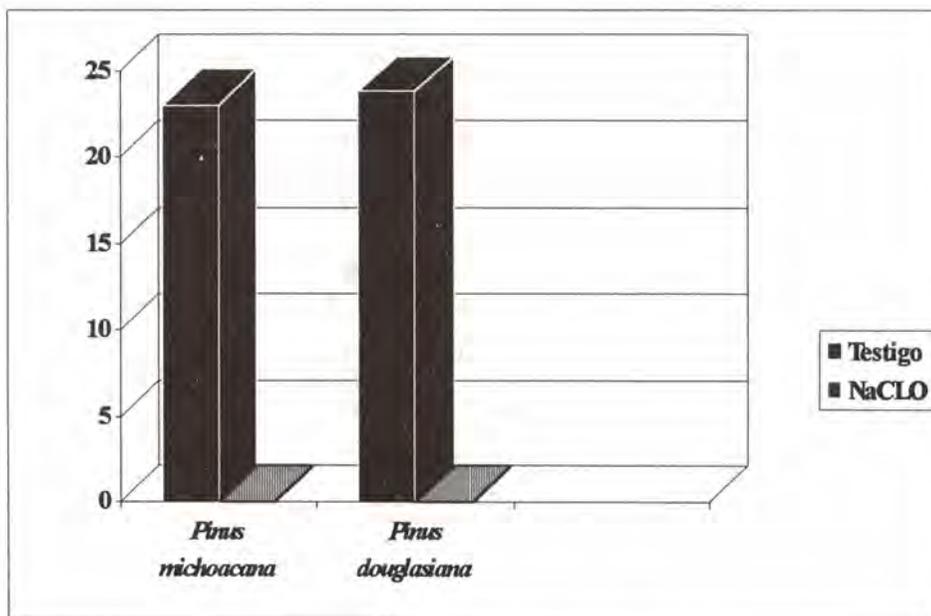
Tratamiento	Media	Grupo
4 minutos	1.0	a*
6 minutos	1.5	b
2 minutos	17.75	c
Testigo	25.00	c

\* Nivel de significancia al 1 %

**Cuadro N° 6.** Agrupación de los tratamientos mediante la prueba de Tukey.

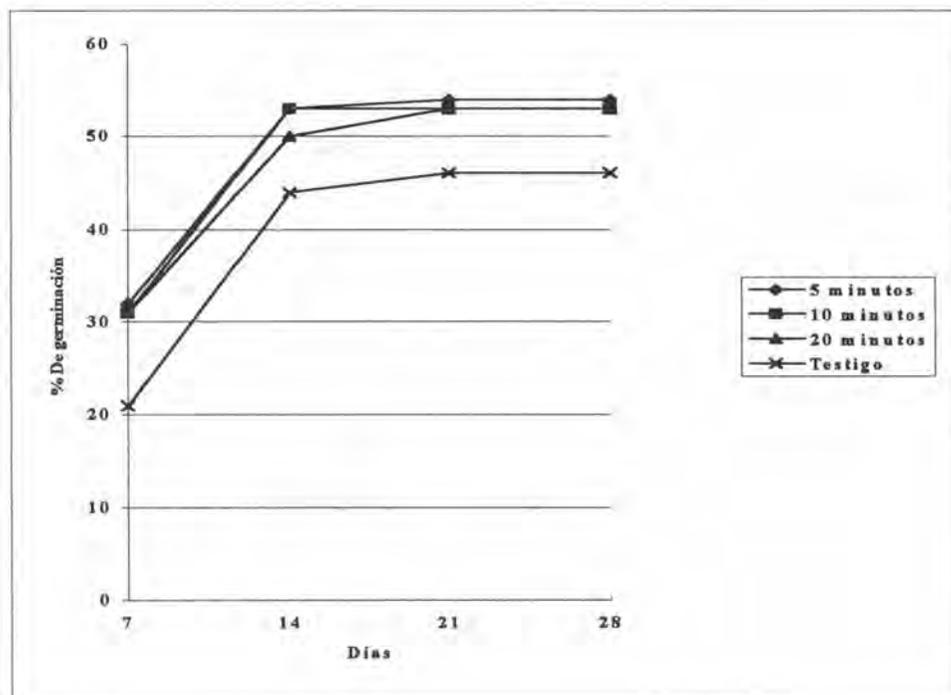
Estos resultados mostraron que el hipoclorito de sodio es un excelente desinfectante de la semilla de *Pinus pseudostròbus*, sin embargo, García y Muñoz, *op. cit.*, recomendaron la inmersión en este producto durante 5 minutos, tiempo superior al que se encontró en esta prueba como mejor tratamiento.

Los resultados después de aplicar el tratamiento con Hipoclorito de Sodio al 1 % por un período de 4 minutos en semilla de *Pinus michoacana* y *P. douglasiana*, fueron los siguientes: *P. michoacana* tuvo una excelente desinfección con el producto, ya que se eliminaron al 100% los contaminantes epibióticos de la semilla; resultados similares ocurrieron con *P. douglasiana*, donde sólo se desarrolló una colonia procedente de una semilla de esta especie, por lo que el control también fue cercano al 100%. En esta prueba no se llevó a cabo un análisis estadístico de los resultados, ya que los datos obtenidos mostraron claramente una alta diferencia del tratamiento de inmersión de la semilla en las dos especies, con lo cual se logró un 100% de control de los microorganismos epibióticos, (López, *op. cit.*), *vid., infra*, Figura N° 4.



**Figura N° 4.** Número de colonias desarrolladas en semilla de dos especies de pino, tratadas con Hipoclorito de Sodio.

**Promotor de la germinación.**- Los resultados de la prueba para promover la germinación de la semilla de *Pinus pseudostrabus*, en la cual se utilizó el Peróxido de Hidrógeno ( $H_2O_2$ ) indicaron que existió una diferencia significativa entre tratamientos en todas las fechas de evaluación; en el resultado final se observó que los tratamientos de 5, 10 y 20 minutos superaron al testigo; con el tratamiento de 5 minutos se incrementó la germinación en un 18.6%; con el de 10 minutos aumentó en un 15.9% y con el tratamiento de 20 minutos alcanzó un 12.6%, esto significa que con el primer tratamiento se obtuvo el más alto porcentaje de incremento. Por otro lado, la semilla de esta especie tuvo su máxima germinación en los primeros 14 días y fue en la observación de los 7 días cuando se reflejó la diferencia entre los tratamientos, lo cual se mantuvo durante toda la prueba, *vid, infra*, Cuadro N° 7 y Figura N° 5.



**Figura N° 5.** Prueba de germinación de la semilla de *Pinus pseudostrabus* tratada con Peróxido de Hidrógeno.

Días Tratamiento	7				14				21			
	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV
Testigo	20	21	22	20	45	41	48	40	45	43	52	40
5 minutos	32	34	30	32	52	55	52	54	53	55	53	54
10 minutos	28	31	30	34	46	55	55	54	46	55	55	54
20 minutos	27	30	35	31	44	50	54	53	45	52	54	54

continúa...

Días Tratamiento	28				Suma	Media
	I	II	III	IV		
Testigo	47	43	52	40	182	45.50
5 minutos	53	55	54	54	216	54.00
10 minutos	46	55	55	55	211	52.75
20 minutos	45	52	54	54	205	51.25

**Cuadro N° 7.** Número de plantas germinadas (acumuladas) por tratamiento en todas las fechas de evaluación.

El análisis de varianza nos indicó que en las evaluaciones de los 7, 14 y 21 días existió diferencia entre tratamientos, no así en la última evaluación (28 días) (Cuadros N° 8, 9, 10 y 11), donde no existió esta diferencia y mostró que todos los tratamientos son iguales estadísticamente y que para esta especie de pino (*Pinus pseudostrobus*) no es necesario realizar pruebas de germinación mayores de 21 días.

F.V.	G.L. <sup>1</sup>	S.C. <sup>2</sup>	C.M. <sup>3</sup>	F calculada	Probabilidad
Tratamientos	3	329.6875	109.90	21.18	0.000
Error	12	62.2500	5.19		
Total	15	391.9375			

C.V.= 7.97 % 1= Grado de libertad 2= Suma de cuadrados 3= Cuadrado medio.

**Cuadro N° 8.** ANVA de los resultados de 7 días.

F.V.	G.L. <sup>1</sup>	S.C. <sup>2</sup>	C.M. <sup>3</sup>	F calculada	Probabilidad
Tratamientos	3	236.2500	78.75	5.71	0.011
Error	12	165.5000	13.79		
Total	15	401.7500			

C.V.= 7.45 % 1= Grado de libertad 2= Suma de cuadrados 3= Cuadrado medio.

**Cuadro N° 9.** ANVA de los resultados los 14 días.

F.V.	G.L. <sup>1</sup>	S.C. <sup>2</sup>	C.M. <sup>3</sup>	F calculada	Probabilidad
Tratamientos	3	181.2500	60.42	3.77	0.40
Error	12	192.5000	16.04		
Total	15	373.7500			

C.V.= 7.91 % 1= Grado de libertad 2= Suma de cuadrados 3= Cuadrado medio.

**Cuadro N° 10.** ANVA de los resultados a los 21 días.

F.V.	G.L. <sup>1</sup>	S.C. <sup>2</sup>	C.M. <sup>3</sup>	F calculada	Probabilidad
Tratamientos	3	169.2500	56.42	3.41	0.053
Error	12	198.5000	16.54		
Total	15	367.7500			

C.V.= 7.99 %

**Cuadro N° 11.** ANVA de los resultados a los 28 días.

Cuando se realizó la agrupación de medias por fecha de evaluación (Cuadro N° 12), se pudo observar que a los 7 días se formaron dos grupos, donde se estableció que los tratamientos de inmersión de la semilla de *P. pseudostrobus* en Peróxido de Hidrógeno durante tiempos de 5, 10 y 20 minutos fueron significativamente superiores al testigo, pero iguales entre sí. La misma prueba en la evaluación de 14 días formó dos grupos que se interpretaron de la siguiente manera: los tratamientos de 5 y 10 minutos fueron significativamente mayores que el testigo, pero los tratamientos de 5, 10 y 20 minutos no fueron significativamente diferentes entre sí y el testigo fue significativamente menor que los demás tratamientos.

Por último, en la evaluación de 21 días se formaron dos grupos que indicaron que el tratamiento de 5 minutos fue significativamente mayor que el testigo; los tratamientos de 5, 10 y 20 minutos fueron iguales entre sí y el testigo se mostró significativamente menor que los otros tratamientos.

Tratamientos	Media 7 días	Media 14 días	Media 21 días
5 minutos	32.00 a	53.25 a	53.75 a
10 minutos	30.75 a	52.50 a	52.50 ab
20 minutos	30.75 a	50.25 ab	51.25 ab
Testigo	20.75 b	43.50 b	45.00 b

**Cuadro N° 12.** Orden arreglado y acumulado de las medias de las evaluaciones de 7, 14 y 21 días.

De los datos obtenidos en la prueba de medias, a los 7 días, cualquiera de los tratamientos con Peróxido de Hidrógeno, mostró mejores resultados en las pruebas de germinación con *Pinus pseudostrubus*; en la evaluación de 14 días se determinó que los tratamientos de 5 y 10 minutos fueron los mejores y por último, a los 21 días el tratamiento de 5 minutos fue el más eficiente, ya que fue el tratamiento que obtuvo el porcentaje de germinación más alto en todas las fechas, lo que significó la obtención de planta para trasplante, en menor tiempo.

Aunque se obtuvieron buenos resultados con el Peróxido de Hidrógeno para promover la germinación, existen otros productos como el Etephon, ACC, Gibberelinas (Kepczynski y Bialecka, 1994)<sup>25</sup>, Nitrato de Potasio, Thiourea, Etileno, Cinetina (García y Muñoz, *op. cit.*) y algunos extractos de plantas (Baxter y Vanstaden, 1994)<sup>26</sup> que estimulan o inhiben dependiendo de la concentración y la germinación de la semilla en diferentes especies de vegetales.

## CONCLUSIONES

Del presente trabajo se desprenden las siguientes conclusiones:

- Existieron contaminantes epibióticos y endobióticos en las semillas recién colectadas de tres especies de pino (*Pinus pseudostrubus*, *P. michoacana* y *P. douglasiana*).
- Los hongos contaminantes de la semilla de las tres especies de pino, correspondieron a los géneros *Pestalotia*, *Botrytis*, *Rhizopus*, *Penicillium* y *Aspergillus*.
- Los hongos de los géneros *Botrytis* y *Pestalotia* son agentes causantes del *Damping off* en *Pinus michoacana* y *P. pseudostrubus*.
- El Peróxido de Hidrógeno no es un buen desinfectante de la semilla de *Pinus pseudostrubus*; sin embargo, los tratamientos de 40 y 60 minutos, redujeron la presencia de microorganismos entre un 8 y 15% respectivamente.

---

<sup>25</sup> Kepczynski, J. and Bialecka, B. 1994. Stimulatory effect of ethephon, ACC, gibberellin A (3) and A (4+7) on germination of methylamonate inhibited *Amaranthus caudatus* L. seeds.

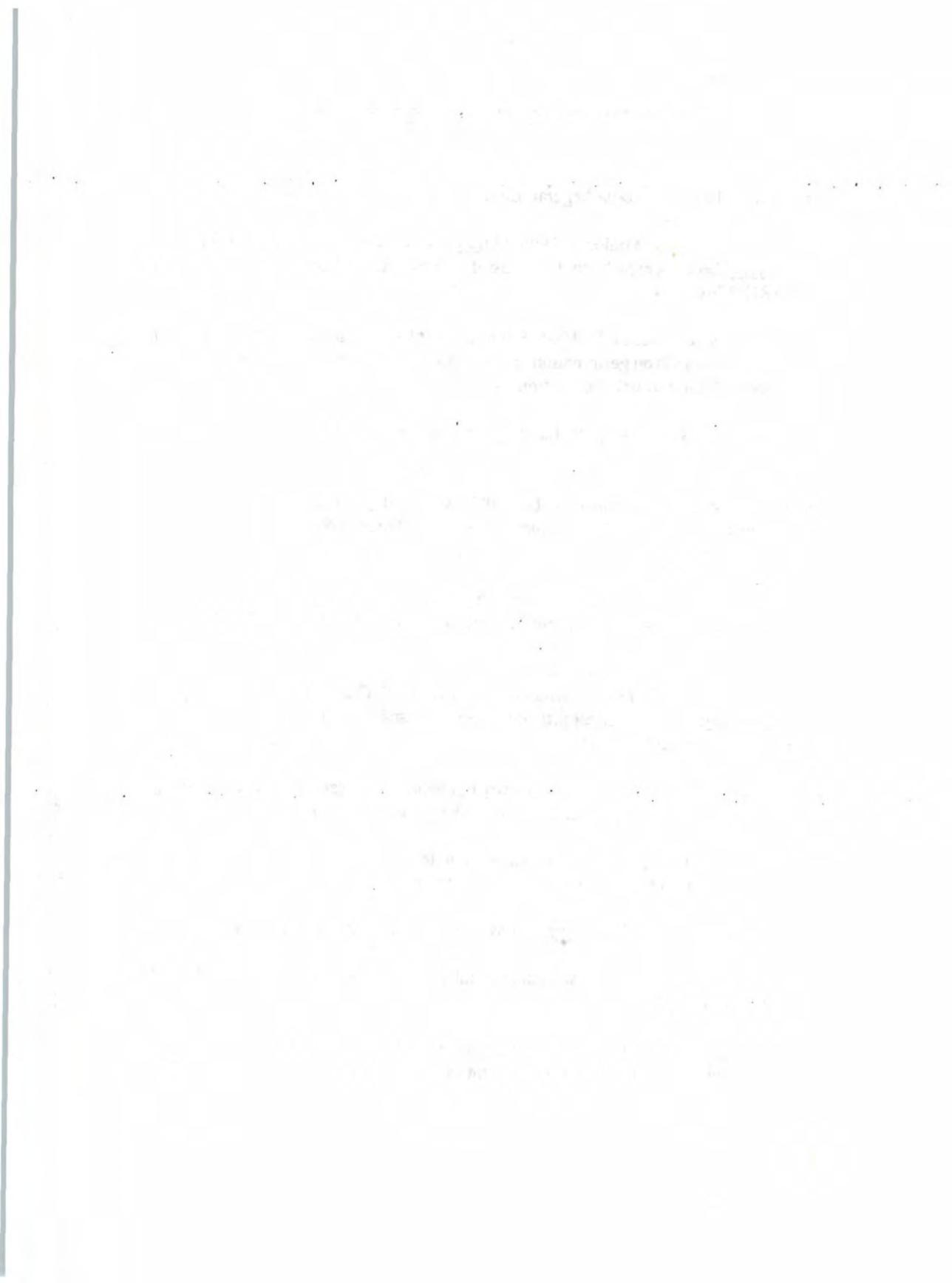
<sup>26</sup> Baxter, B. J. M. and J. Vanstaden. 1994. Plant-derived smoke: An effective seed pre-treatment. *Plant Growth Regulation* 14: 3.

- Con el tratamiento a la semilla de las tres especies de pino con Hipoclorito de Sodio al 1% durante 4 y 6 minutos, se obtuvieron un 100% de control de los microorganismos contaminantes epibióticos.
- La inmersión de la semilla de *Pinus pseudostrabus* en Peróxido de Hidrógeno durante 5, 10 y 20 minutos, incrementó el porcentaje de germinación en 18.6, 15.9 y 12.6% respectivamente.

## BIBLIOGRAFÍA

- Alexopoulos C., J. 1976. Introducción a la Micología. Ed. Universitaria de Buenos Aires. 2a. Edición. Buenos Aires, Argentina. 615 p.
- Atthowe, H. 1992. Propagation of Riparian and Wetland Plants. USDA. FS. Report RM-221. Proc. Western Forest Nursery Assc. pp. 78-82.
- Barnett, H. L. and B. B. Hunter. 1972. Illustrated genera of imperfect fungi. Burgess Pub. Co. Third edition. Minneapolis, MI. USA. 241 p.
- Barnett, J. P. and S. L. Krugman. 1989. Electromagnetic Treatment of Loblolly Pine Seeds. USDA. FS. Research Note SO-356. 7 p.
- Barnett, J. P. and J. P. Jones. Response of Longleaf Pine Seeds to Storage Conditions and Pregermination Treatments. South J. Appl. For. 17 ( 4 ): 174- 179.
- De la I de Bauer M., L. 1984. Fitopatología. Centro de Fitopatología. Colegio de Postgraduados. Chapingo, México. 377 p.
- Baxter, B. J. M. and J. Vanstaden. 1994. Plant-derived smoke: An efective seed pre-treatment. Plant Growth Regulation 14: 3.
- Bonner, F. T. 1986. Seeds of woody plants. In: Advances in Research and Technology of seeds. Part II: pp. 81-112.
- Bonner, F. T.; J. A. Vozzo; W. W. Elam and S. B. Land. 1994. Tree Seed Technology Training Course. Instructors Manual. USDA, FS. General Tec. Rep. SO- 106.
- Boyce, J. S. 1961. Forest Pathology. Third Edition. McGraw-Hill Book Co. New York. USA. 572 p.

- Charles, W. J. 1973. *Patología Vegetal*. Ed. Omega. Barcelona, España. pp. 770-773.
- García M., J. J. y F. H. Muñoz J. 1993. Guía para la producción de planta forestal en envases. Guía técnica Núm.3. Centro de Investigación Pacífico Centro. INIFAP, SARH. México 47 p.
- Kepczynski, J. and Bialecka, B. 1994. Stimulatory effect of ethephon, ACC, gibberellin A (3) and A (4+7) on germination of methyljamonte inhibited *Amaranthus caudatus* L. seeds. *Plant Growth Regulation* 14: 3.
- López A., G. F. 1981. Manejo de hongos fitopatógenos. UACH. Chapingo, México. 135 p.
- Nelson, E.E.; W.G. Thies and C.Y. Li. 1986. Are Seed and Cone Pathogens Causing Significant Losses in Pacific Northwest Seed Orchards. USDA. FS. Research note PNW. 436 p.
- Parker, E. J. y Rees, A. A. 1983. Examen fitosanitario de semillas de especies forestales. Reunión sobre problemas en semillas forestales tropicales. SARH. SFF. INIF. Tomo II. 105 p.
- Patiño V., F.; P. De la Garza; Y. Villa G.; I. Talavera y F. Camacho. 1983. Guía para la recolección y manejo de semillas de especies forestales. SARH. SFF. INIF. México. Bol. Divulgativo Núm. 63.
- Patiño V., F. y C. J. Marín. 1993. Viveros Forestales. Planeación, establecimiento y producción de planta. CIRS. INIFAP, SARH. México. 159 p.
- Prado O., A. 1981. Los campos experimentales forestales. INIF-SFF, SARH. *Ciencia Forestal* Núm. 3 (1): 39-49. 2a. edición. México.
- Romero C., S. 1988. Hongos fitopatógenos. UACH. Chapingo, México. 347 p.
- SARH. 1991-1992. Inventario Nacional Forestal de gran visión. Reporte principal. SARH. SFF. México. 53 p.
- USDA y SFF, 1994. Viveros y reforestación en México. Curso Internacional de entrenamiento. Centro para forestación de las Américas. Univ. Estatal de Nuevo México



# LA UBICACIÓN DE TRAMPAS Y FACTORES CLIMÁTICOS AFECTAN EL MONITOREO DE DESCORTEZADORES EN EL SUR DEL ESTADO DE JALISCO

Villa Castillo Jaime\*  
Villa Castillo José\*\*

## RESUMEN

El presente trabajo tuvo como finalidad dar respuesta a preguntas como: 1) ¿La ubicación de trampas dentro del brote afecta el número de insectos capturados?; 2) ¿Cómo factores climáticos pueden afectar el registro de escarabajos descortezadores en trampas cebadas con feromonas? y 3) ¿Cómo el número de insectos capturados puede estar correlacionado con el nivel de la infestación? El trabajo consistió en registrar el número de insectos atraídos hacia trampas cebadas con frontalure. En el sitio de estudio, se registraron la precipitación, las temperaturas máximas y mínimas, así como el número acumulativo de árboles plagados en tres fechas. La trampa ubicada cercana al frente de avance atrajo significativamente mayor número de insectos que las cuatro restantes; por lo tanto los registros de esa trampa fueron usados para determinar los efectos de factores climáticos en el número de insectos capturados. Al respecto, la temperatura máxima y la precipitación explicaron el 89% de la variación del número de insectos capturados. Al principio de la infestación la proporción de insectos capturados por árbol atacado fue 5:1, mientras que a mediados y al final del estudio, dicha proporción fue 3:1.

Palabras clave: *Dendroctonus mexicanus*, feromonas, muestreo.

---

\* Ing. Agrónomo. Investigador del Campo Experimental Clavellinas, CIR Pacífico Centro, INIFAP, SAGAR.

\*\* Tesista de Licenciatura, Facultad de Biología, UMSNH.

## ABSTRACT

This study was carried out to fulfill the following questions: 1) If the position of traps within the bark-beetle spot would affect the number of trapped insects?, 2) How climatic factors can affect the number of insects trapped in pheromone-baited traps?, and 3) How the number of gathered insects is related to the infestation level?. This experiment consisted on recording the number of bark-beetle adults attracted toward frontalure-baited traps, from late april to middle december of 1992. Maximum and minimum temperatures and rainfall were recorded. Also, the number of infested trees was registered on three dates. The trap located near to recently infested trees attracted significantly more insects than other traps. Therefore, records of that trap were used to determine climatic factors affecting the number of gathered insects. On this regard, maximum temperature and rainfall explained 89% of the variability on the number of insects. To the beginning of the study, the ratio of trapped insects:infested trees was 5:1, whereas on both the middle and the end of the experiment such a ratio was 3:1. A discussion about the interpretation of data on a monitoring approach is provided.

Key words: *Dendroctonus mexicanus*, pheromones, monitoring.

## INTRODUCCIÓN

El monitoreo de población adulta de escarabajos descortezadores es una línea de investigación reciente, en México. Diferentes atrayentes químicos, sintetizados para monitorear especies de descortezadores en Canadá y los Estados Unidos de América, han sido evaluados para especies de descortezadores en México (Miller *et al.* 1989<sup>1</sup>, Villa 1992<sup>2</sup>).

---

<sup>1</sup> Miller, M. C. *et al.* 1989. Responses of Insect Associates of Allied Species to *Dendroctonus* and *Ips* (Coleoptera: Scolytidae) Aggregation Pheromones: A Search for Biological Control Agents. pp. 213-227.

<sup>2</sup> Villa C., J. 1992. Atrayentes químicos en escarabajos Descortezadores *Dendroctonus mexicanus* y *D. adjunctus*. pp. 103-121.

Wall (1983)<sup>3</sup>, indicó que las feromonas son una alternativa para la detección y el muestreo de insectos y mencionó que las trampas de feromonas son muy adecuadas para determinar las primeras llegadas de una población inmigrante y/o los primeros adultos emergentes de una población residente. Por ejemplo, estimaciones de tendencias poblacionales de descortezadores son críticas para el manejo efectivo de la plaga (Raffa *et al.* 1993)<sup>4</sup>.

Wall (*op. cit.*) consideró que la mayor limitación para el uso eficiente de las trampas cebadas con feromonas con fines de muestreo de insectos es la carencia de información sobre: 1) rango de atracción y rango efectivo de muestreo de la trampa, 2) interpretación de los datos sobre dosis-respuesta, 3) cambios en el tipo de respuesta de los machos (corto o largo plazo) y 4) métodos de análisis de datos e interpretación. Por lo tanto, en el presente trabajo se plantearon las preguntas: 1) ¿Si la ubicación de la trampa dentro de un brote de escarabajos descortezadores influye en el número de insectos capturados en trampas cebadas y esto a su vez en los objetivos del monitoreo? 2) ¿Cómo factores climáticos pueden afectar el registro de insectos en trampas cebadas? y 3) ¿Cómo el número de insectos capturados puede estar correlacionado con el nivel de la infestación? El responder a estas preguntas fue con la finalidad de aportar información para el uso eficiente de trampas cebadas con feromonas, en cuanto a rango efectivo de muestreo de la trampa y la interpretación dosis-respuesta, en bosques de pino del sur del estado de Jalisco.

## ANTECEDENTES

En México, los estudios sobre el uso de feromonas para monitorear escarabajos descortezadores son notoriamente escasos. Cibrián (1981)<sup>5</sup>, indicó que la frontalina ejerce un alto poder de agregación sobre *Dendroctonus adjunctus* Blandford. Villa (*op. cit.*) concluyó que de las feromonas sintéticas utilizadas para atraer cuatro especies de descortezadores en los Estados Unidos de América, la frontalina fue la que mejor efecto de atracción tuvo hacia *Dendroctonus mexicanus* y *Dendroctonus adjunctus*; Ambos estudios fueron realizados en el estado de Jalisco. Miller y colaboradores (*op. cit.*), determinaron que de 30 especies capturadas en Amecameca estado de México, por medio

<sup>3</sup> Wall, C. 1983. The exploitation of insect communication by man fact or fantasy. pp. 379-396.

<sup>4</sup> Raffa, K. F. *et al.* 1993. Strategies and mechanisms of host colonization by bark beetles. pp. 103-128.

<sup>5</sup> Cibrián T., D. 1981. *Dendroctonus adjunctus* Blandford.

de trampas cebadas con feromonas, solamente *Dendroctonus mexicanus* mostró atracción consistente y significativa a la feromona de *Dendroctonus frontalis*. Villa (*op. cit.*) indicó que el escarabajo descortezador *Dendroctonus mexicanus* presentó un pico de captura en un período de dos meses, entre enero y junio, al ser capturado en trampas cebadas con frontalina en el sur del estado de Jalisco, México.

En cuanto al efecto de factores climáticos sobre la actividad de escarabajos descortezadores, Rodríguez (1990)<sup>6</sup>, comentó que el régimen pluviométrico influye en forma muy definida en la abundancia de *Dendroctonus mexicanus* en los bosques de pino del centro del país. Al retiro de las lluvias se empiezan a incrementar los brotes del descortezador hasta alcanzar su máxima fuerza en el mes de mayo del año siguiente. Dicho incremento es favorecido por el aumento de la temperatura ambiental en primavera-verano. A fines de verano, la presencia de lluvias va eliminando la condición propicia, hasta reducirse al mínimo en octubre. Coulson y Witter (1990)<sup>7</sup>, determinaron que las condiciones meteorológicas adversas o extremas son los factores más frecuentemente relacionados con cambios importantes en la abundancia de las poblaciones de insectos forestales. Safranyik y colaboradores (1974)<sup>8</sup>, encontraron que la relación entre las variables climáticas y las poblaciones de *Dendroctonus ponderosae* Hopkins, resultaron constantes, permitiendo el desarrollo de un procedimiento para identificar los riesgos de ataque en el occidente de Canadá. Al respecto, Moser y Dell (1979)<sup>9</sup> encontraron que la proporción de escarabajos de la especie *D. frontalis* que llegó hacia trampas cebadas con frontalure, se incrementó debido a máximas temperaturas y decreció con la lluvia en el este de los Estados Unidos de América. Fatzinger (1985)<sup>10</sup> indicó que el máximo número de insectos descortezadores de varias especies, fueron capturados durante los meses más fríos del año en el estado de Florida, Estados Unidos de América. El número de insectos capturados fluctuó a lo largo del año pero hubo de dos a tres diferentes picos en el período de vuelo. En 1993, Rieske y Raffa (1993)<sup>11</sup> discutieron el uso potencial de trampas cebadas con etanol y trementina para el muestreo de un complejo de insectos que limitan la producción de pinos para árboles de navidad.

---

<sup>6</sup> Rodríguez L., R. 1990. Plagas forestales y su control en México.

<sup>7</sup> Coulson, N. R. y J. A. Witter. 1990. Entomología Forestal: Ecología y Control.

<sup>8</sup> Safranyik, L.; D. M. Schrimpton y H. S. Whitney. 1974. Management of Lodgepole Pine to Reduce Losses from the Mountain Pine Beetle. pp. 1-83

<sup>9</sup> Moser, J. C. and T. R. Dell. 1979. Predictors of Souther Pine Beetle Flight Activity. pp. 217-227.

<sup>10</sup> Fatzinger, C. W. 1985. Attraction of the Black Turpentine Beetle (Coleoptera: Scolytidae) and Other Forest Coleoptera to turpentine-baited Traps. pp.768-775.

<sup>11</sup> Rieske, L. K. and K. F. Raffa. 1993. Potential Use of Baited Pitfall Traps in Monitoring Pine Root Weevil, *Hylobius pales*, *Pachylobius picivorus*, and *Hylobius radialis* (Coleoptera: Curculionidae) Populations and Infestation Levels. pp. 475-485.

Ellos encontraron que el trapeo del gorgojo pálido *Hylobius pales* Herbst, el gorgojo picador *Pachylobius picivorus* Germar y el gorgojo del collar de la raíz *Hylobius radicis* Buchanan, estuvo positivamente correlacionado con el nivel y la severidad de la infestación.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Descripción del Área de Estudio

El estudio se llevo a cabo en el predio «II-10-13, El durazno» (microcuenca 053, rodal 24.01) del municipio de Gómez Farías, estado de Jalisco. El rodal está ubicado a una altitud de 1,600 msnm. El sitio tuvo una área basal total de 6.0 m<sup>2</sup>/ha. El área basal correspondiente a pino fue de 5.26 m<sup>2</sup>/ha mientras que el área basal de *Pinus leiophylla* fue de 4.99 m<sup>2</sup>/ha. El área basal de *P. leiophylla* equivalió al 83 % del total, por lo que se consideró un rodal casi puro de la citada especie (CIDASA, 1989)<sup>12</sup>.

### Descripción del Experimento

Del 22 de abril al 11 de diciembre de 1992 se llevó a cabo un trapeo de escarabajos descortezadores en el sitio descrito arriba. Cinco trampas tipo «lindgren» (Lindgren 1983)<sup>13</sup> de ocho embudos (PHERO TECH INC.) se colocaron 20 m separada una de la otra. Cada trampa se colgó a una altura de 2 m, entre dos árboles contiguos. Las trampas se cebaron con la feromona «frontalure» (marca PHERO TECH INC.) contenida en un dispositivo especial de liberación. El atrayente está compuesto por una proporción 1:9 de frontalina y alfa-pineno. La tasa de liberación es de 10 mg/día a 20°C aproximadamente (Miller *et al.*, *op. cit.*). Mensualmente, 300 mg de frontalure se adicionaron a los dispositivos de liberación.

---

<sup>12</sup> CIDASA. 1989. Plan de Manejo Integral Forestal de la Región de Atenquique.

<sup>13</sup> Lindgren, B. S. 1983. A Multiple Funnel Trap For Scolytid Beetles (Coleoptera). pp. 299-302.

## **Posición de la Trampa**

La distribución de trampas dentro del brote se desplegó para buscar que cada una de ellas representara una condición dentro del comportamiento típico de un brote de descortezadores. La trampa 1 se ubicó en el área inactiva del brote que presentó árboles muertos y abandonados por el insecto con el follaje rojizo. La trampa 2, en el flanco izquierdo del brote, se ubicó junto a árboles amarillentos con adultos del descortezador en emergencia. La trampa 3, al centro del brote con la misma situación que la trampa 2; la trampa 4, al flanco derecho del brote, también con arbolado amarillento, y la trampa 5, en el frente de avance activo del brote, cuyo arbolado verde se encontraba recientemente atacado por los insectos emergentes provenientes del arbolado amarillento adyacente. Este arreglo de trampas permaneció en el desarrollo del proyecto lo que significó que se movieran las trampas de manera que el número de trampa descrito arriba siempre correspondiera a la condición de arbolado especificado.

## **Factores Climáticos**

Dentro del sitio de estudio, se colgó de un árbol, a una altura de 2 m, un termómetro con memoria para temperaturas máximas y mínimas; el termómetro se ubicó de manera que recibiera la mayor sombra posible. Se tomaron datos de temperaturas máximas y mínimas quincenalmente. Los datos de precipitación, se obtuvieron de registros de la Comisión Nacional del Agua, con base a los propios registros de la estación meteorológica San Gregorio. Dicha estación está ubicada aproximadamente a 500 m al noroeste de la infestación.

## **Nivel de la Infestación**

El avance de la infestación en el sitio experimental descrito anteriormente fue registrado en tres períodos: 22 de abril, 15 de septiembre y 11 de diciembre. Al período inicial, le fueron sumados el número de árboles atacados por el descortezador en las dos sucesivas fechas, de manera que el período final constó del número acumulado de árboles plagados desde el inicio del experimento.

## **Análisis Estadístico**

Pruebas de significación estadística se desarrollaron para evaluar el efecto de la posición de trampas y para determinar la influencia de factores ambientales en la captura de

insectos. Los datos de captura fueron transformados por raíz cuadrada para cumplir con las condiciones del análisis de varianza de normalidad y homogeneidad de varianzas.

La distribución de trampas dentro del brote permitió realizar un análisis de varianza de una entrada. El número de trampa se consideró como tratamiento con cinco niveles (cinco trampas). Se consideraron catorce fechas de trampeo como repeticiones. Diferencias atribuidas a un efecto de tratamiento se declararon estadísticamente significativas si  $P < 0.05$ . La separación de medias de tratamientos se realizó por medio del método de comparación múltiple de Tukey ( $\alpha = 0.05$ ).

El efecto de factores climáticos fue analizado por medio del número de insectos capturados en trampas significativamente diferentes, como variable de respuesta. Las variables para tratar de explicar diferencias en el número de insectos capturados durante 14 fechas, fueron la temperatura máxima, la temperatura mínima y la precipitación. El grupo de datos se analizó por medio del método de regresión múltiple por pasos hacia atrás (STSC, 1991)<sup>14</sup>. El modelo usado para ajustar la regresión fue:

$$y = b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_3$$

donde:

$y$  = valor esperado de insectos capturados,  
 $x_1$  = temperatura máxima,  
 $x_2$  = precipitación,  
 $x_3$  = temperatura mínima.

## RESULTADOS

### Posición de la Trampa y Nivel de la Infestación.

El análisis de varianza (Cuadro N° 1) mostró que diferencias en el promedio de capturas de insectos están asociadas significativamente con la posición de la trampa ( $P < 0.05$ ). El promedio de capturas en la trampa 5 fue significativamente mayor ( $P < 0.05$ ) que el promedio de capturas en las trampas 1, 2, 3 y 4 (Cuadro N° 2). La comparación múltiple entre estas cuatro últimas trampas mostró diferencias no significativas ( $P > 0.05$ ) en el promedio de sus capturas.

<sup>14</sup> STSC Inc. 1991. *Statgraphics User's Guide*.

El nivel de la infestación inicialmente registrado fue de 81 árboles. A partir de esta fecha, el número de árboles atacados por el descortezador se incremento notablemente en septiembre (588) y para diciembre el número acumulado de árboles plagados fue de 950. Como se puede observar en la Figura N° 1, por el número acumulado de insectos capturados, la trampa 5 es la que mejor representa el comportamiento del nivel de la infestación. En este sentido, nuestros resultados indican, que el número de insectos capturados en esa trampa por árbol infestado, al inicio del experimento, correspondió a una proporción 5:1; mientras que cuatro meses después (15 de septiembre) dicha proporción fue de 3:1. Esta última proporción de insectos capturados por árbol (3:1) fue encontrada también al final del experimento.

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	F	P
Ubicación de trampas	841.584	4	24.823	.0000
Error	550.933	65		
Total	1392.518	69		

**Cuadro N° 1.** Análisis de varianza de una entrada para el número de *Dendroctonus mexicanus* capturados por trampa.

Trampa	Número de trampeos	Promedio de insectos capturados	Grupos homogéneos
2	14	22.47	a
1	14	24.70	a
3	14	38.69	a
4	14	50.13	a
5	14	200.51	b

Promedios seguidos por una misma letra no son significativamente diferentes (Tukey,  $\alpha = 0.05$ ).

**Cuadro N° 2.** Separación de medias de tratamientos para el número de insectos capturados por trampa.

### Influencia de Temperatura y Precipitación en la Captura de *Dendroctonus mexicanus*

Como la separación de medias por el método Tukey descrito arriba mostró que la trampa cinco es diferente a las restantes, el análisis de regresión se basó en dicha trampa. De las variables utilizadas, la temperatura mínima se eliminó por carecer de significación estadística ( $P > 0.05$ ). De esta manera, las variables que explicaron la variabilidad en la captura de insectos fueron temperatura máxima y precipitación (Cuadro N° 3).

Variable	Coefficiente estandar	Error	t	P
Temp. mínima	-0.083	6.068	-0.128	.900
Temp. máxima	10.620	1.179	9.007	.000
Precipitación	-1.9784	0.550	-3.593	.003

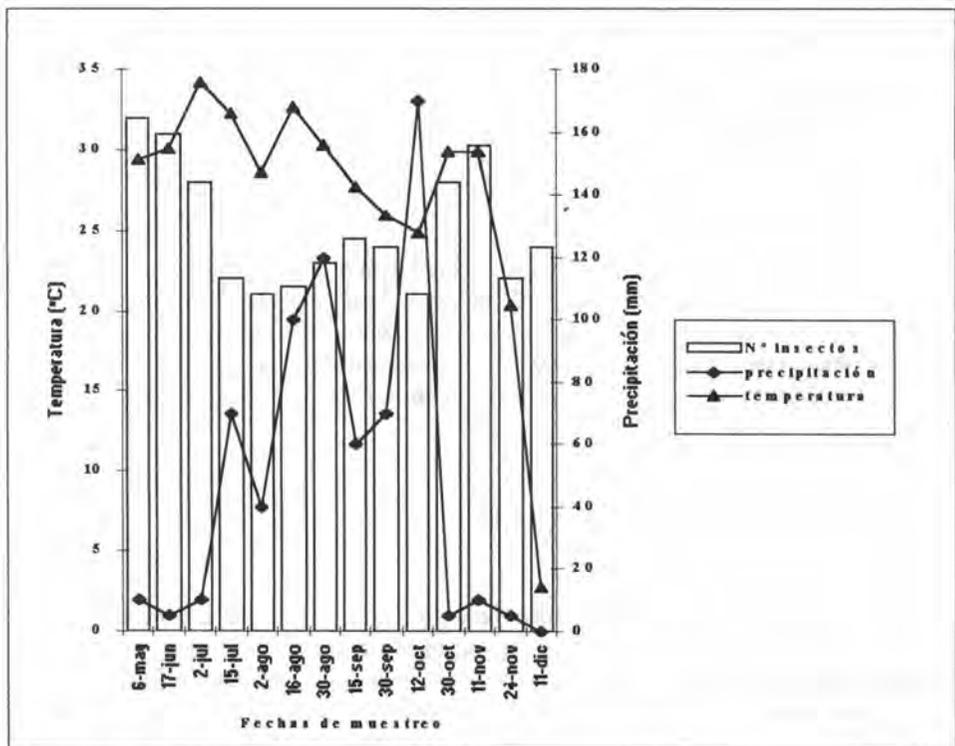
**Cuadro 3.** Análisis de regresión para determinar las variables asociadas con la captura de escarabajos descortezadores en trampas cebadas con frontalure

En este punto es importante destacar que, debido a que la variabilidad atribuida a la posición de la trampa ha sido eliminada, la variabilidad del modelo formado por las variables explicativas temperatura máxima y precipitación (89 %) es solamente producto de la fluctuación de las capturas de insectos. Un análisis detallado de la influencia que tiene la temperatura máxima y la precipitación en la captura de los insectos puede ser alcanzado a través de la ecuación obtenida :

$$y = 10.62 x_1 - 1.97 x_2.$$

Como se puede observar, la temperatura tiene un signo positivo, lo cual indica que la captura de insectos esta positivamente relacionada con dicho factor. Es decir que a mayor temperatura máxima, mayor será el número de insectos capturados, dentro de los límites de temperatura máxima registrados. Por el contrario, la precipitación tiene signo negativo. Entonces la captura de insectos está negativamente relacionada con dicho factor. A mayor precipitación, menor número de insectos capturados, dentro del rango de precipitación usado. El comportamiento de los insectos está claramente asociado con los factores citados, ya que en mayo y junio se presentaron elevadas temperaturas que junto

con la reducida precipitación explicó el elevado número de insectos que se capturó en la trampa 5. Entre junio 17 y julio 15 aunque la temperatura llegó a su máximo, en ese preciso período la precipitación subió drásticamente de 4 mm a 72.6 mm, por eso se explica el descenso en la captura de insectos. Entre julio 15 y hasta octubre 12 es evidente que al aumentar la cantidad de lluvia, la captura disminuyó a pesar de que la temperatura se mantuvo templada. Del 30 de septiembre al 11 de noviembre, la lluvia comenzó a descender y los insectos igualmente incrementaron el vuelo, ayudados por la elevada temperatura que se mantuvo en 29°C. Del 24 de noviembre al 11 de diciembre se podría predecir un incremento en insectos debido a la carencia de lluvia, si es que la lluvia fuera el único factor determinante; sin embargo en este caso, como la temperatura estuvo descendiendo en ese período (21°C), a esto puede atribuirse la disminución en el número de insectos capturados en esa fecha. Como se puede ver, ninguno de los dos factores aislados explicó el comportamiento del insecto, *vid, infra.*, Figura N° 1.



**Figura N° 1.** Número de insectos capturados en relación a temperatura máxima y precipitación por fechas de muestreo.

## DISCUSIÓN

El número de escarabajos descortezadores capturados en trampas cebadas con frontalure puede variar debido tanto a la ubicación de la trampa, como a factores climáticos. Las trampas separadas 20 m entre sí, tuvieron capturas significativamente diferentes. Coulson *et al.* (*op. cit.*) indicaron que a pesar de la gran distancia a la que pueden dispersarse los escarabajos descortezadores, en general, si la fuente de atracción está cercana a los sitios de emergencia, la mayoría de los insectos se dispersará a corta distancia. Nuestros resultados indican, que a pesar de que existió una fuente de atracción muy cercana a los sitios de emergencia, la fuente de atracción formada en el frente de avance fue mayor que la proveniente de la mezcla de atrayente utilizada en el experimento. El ataque inicial de descortezadores a los árboles ubicados en el frente de avance probablemente desencadenó la producción de compuestos que incrementaron la capacidad agregación, como trans-verbenol y verbenona en baja proporción, los cuales son producto de la oxidación de trepenos del hospedante (Raffa *et al. op. cit.*); de manera que el poder de la fuente de atracción instalada en las trampas fue notablemente rebasado por la fuente de atracción proveniente de árboles recientemente infestados. Por lo tanto, la trampa cercana a los árboles recientemente atacados registró mas eficazmente el nivel de la infestación y la fluctuación poblacional atribuida a cambios estacionales de temperatura y precipitación, que el resto de las trampas. Sin embargo, la presencia de descortezadores fue adecuadamente registrada por la dosis de frontalure utilizada en sitios ya abandonados por los escarabajos descortezadores.

Con respecto a los factores climáticos, se encontró que cuando los adultos emergieron, el número de escarabajos capturados en las trampas se incrementó debido a la temperatura máxima en presencia de escasa precipitación. Por el contrario, el incremento en la precipitación durante el período de colecta causó una reducción en el número de escarabajos capturados. Estos resultados están de acuerdo con observaciones hechas por varios autores (Andrewartha, 1973<sup>15</sup>; Varley *et al.*, 1973<sup>16</sup>; Coulson y Witter, *op. cit.*; Safranyik *et al.*, *op. cit.*), quienes coincidieron en señalar, que las condiciones meteorológicas influyen directamente con cambios importantes en la abundancia de las poblaciones de insectos. En particular, Moser y Dell (*op. cit.*), indicaron que el régimen térmico-pluviométrico influye en forma muy definida en la abundancia de insectos descortezadores. De manera que el número de escarabajos que alcanzan las trampas se incrementa con un máximo de temperatura y decrece con la lluvia.

---

<sup>15</sup> Andrewartha, H. G. 1973. Introducción al Estudio de Poblaciones Animales.

<sup>16</sup> Varley, G. C.; R. G. Gradwell and P. M. Hassell. 1973. Insect Population Ecology.

Estos autores concluyeron que la relación insecto-clima amplía nuestro entendimiento de algunos aspectos de la dinámica de poblaciones de escarabajos descortezadores y este es un paso hacia la predicción de las tendencias poblacionales.

## CONCLUSIONES

La respuesta de escarabajos descortezadores a la dosis de liberación de frontalure de 300 mg/mes puede variar de acuerdo a la ubicación de la trampa. Las trampas alejadas cuando menos 20 m de árboles recientemente infestados no registraron adecuadamente las fluctuaciones en la salida de los insectos atribuidas a factores climáticos. Sin embargo, esa dosis sí registró efectivamente la presencia de escarabajos descortezadores dentro de un sitio aún en trampas alejadas del frente de avance. Por lo tanto, si el objetivo del monitoreo es solo detectar la presencia o ausencia de una población residente de escarabajos descortezadores en un sitio específico, como por ejemplo sitios sometidos a saneamiento, la dosis aquí especificada puede ser de utilidad para tal fin. Por otra parte, si el objetivo es registrar tendencias poblacionales y nivel de la infestación, con la dosis aquí utilizada, el monitoreo debe ser localizado junto a los árboles recientemente infestados, ya que de otra manera los efectos de temperatura máxima y precipitación en la emergencia de adultos no serán registrados adecuadamente.

## BIBLIOGRAFÍA

- Andrewartha, H. G. 1973. Introducción al Estudio de Poblaciones Animales. Ed. Alhambra. España. 332 p.
- Cibrián T., D. 1981. Dendroctonus adjunctus Blandford. Tesis de Maestría en Ciencias. Colegio de Postgraduados. Chapingo. México. 130 p.
- CIDASA, 1989. Plan de Manejo Integral Forestal de la Región de Atenquique. Memoria General. 133 p.
- Coulson, N. R. y J. A. Witter. 1990. Entomología Forestal: Ecología y Control. Ed. LIMUSA. 751 p.

- Fatzinger, C. W. 1985. Attraction of the Black Turpentine Beetle (Coleoptera: Scolytidae) and Other Forest Coleoptera to turpentine-baited Traps. *Environ. Entomol.* 14: 768-775.
- Lindgren, B. S. 1983. A Multiple Funnel Trap For Scolytid Beetles (Coleoptera). *Can. Ent.* 115: 299-302.
- Miller, M.C. M. McGregor, D. L. Dahlsten, M. C. Whitmore, J. C. Grégoire, Zhou Jiaxi, R. A. Werner, Y. S. Chow, D. C. Cibrián T, D., Campos, B. R. and Z. Mendel. 1989. Responses of Insect Associates of Allied Species to *Dendroctonus* and *Ips* (Coleoptera: Scolytidae) Aggregation Pheromones: A Search for Biological Control Agents. In Potential for Biological Control of *Dendroctonus* and *Ips* Bark Beetles. School of For. Austin State University. D. L. Kulhavy and M. C. Miller eds. pp. 213- 227.
- Moser, J. C. and T. R. Dell. 1979. Predictors of Southern Pine Beetle Flight Activity. *Forest Sci.* 25: 217-222.
- Raffa, K. F., T. W. Phillips and S. M. Salom. 1993. Strategies and Mechanisms of Host Colonization by Bark Beetles. In *Beetles-Pathogen Interactions in Conifer Forests*. Academic Press, London. T. D. Schowalter and G. M. Filip, eds. pp. 103-128.
- Rieske, L. K. and K. F. Raffa. 1993. Potential Use of Baited Pitfall Traps in Monitoring Pine Root Weevil, *Hylobius pales*, *Pachylobius picivorus*, and *Hylobius radialis* (Coleoptera: Curculionidae) Populations and Infestation Levels. *J. Econ. Entomol.* 86: 475-485.
- Rodríguez L., R. 1990. Plagas forestales y su control en México. Universidad. Autónoma Chapingo. 217 p.
- Safranyik, L., D. M. Schrimpton y H. S. Whitney. 1974. Management of Lodgepole Pine to Reduce Losses from the Mountain Pine Beetle. Environment Canada, Canadian For. Serv. Tech. Rep. 1. 86 p.
- STSC. Inc. 1991. Statgraphics User's Guide. Rockville Maryland United States: STSC. Inc.
- Varley, G. C., R. G. Gradwell and P. M. Hassell. 1973. Insect Population Ecology. Univ. of Calif. Press. 212 p.

Villa C., J. 1992. Atrayentes Químicos en escarabajos Descortezadores *Dendroctonus mexicanus* y *D. adjunctus*. Rev. Cien. For. en Méx. 17(71):103-121.

Wall, C. 1983. The Exploitation of Insect Communication by Man Fact or Fantasy? [In] Insect Communication. Royal Entomological Society of London. T. Lewis, ed. pp. 379-396.

# INVENTARIO DEL ARBOLADO DE ALINEACIÓN DE LA CIUDAD DE MÉXICO<sup>1</sup>

Chacalo Hilú Alicia \*  
Grabinsky Jaime \*  
Aldama Alejandro \*

## RESUMEN

En el presente artículo se continúa el análisis de datos del inventario de los árboles de alineación de la ciudad de México reportados en julio de 1994 (Chacalo, A. *et al.*, 1994<sup>2</sup>; Chacalo, A. *et al.*, 1994<sup>3</sup>). El propósito en esta segunda parte fue obtener una descripción de la situación del arbolado urbano en las diferentes delegaciones. Se incluye también un conteo preciso del número de árboles por manzana. Se reportan las relaciones encontradas entre las características del sitio, el estado de salud, las mediciones dendrométricas y las características de las especies de árboles de la muestra.

Palabras clave: Arbolado de alineación, ciudad de México, inventario.

## ABSTRACT

Following the analysis of the data on the alignment trees in Mexico City reported in July 1994 the purpose now is to obtain a description of the street tree situation in the different

---

<sup>1</sup> Parte de esta información se presentó en el Congreso Internacional de Arboricultura No. 70. Halifax, Canadá, 1994.

\* MC., Profesor Titular B, Universidad Autónoma Metropolitana-Azcapotzalco. Departamentos de Energía, Ciencias Básicas y Sistemas. Av. San Pablo N° 180. Col Reynosa Tamaulipas. 02200 México D.F.

<sup>2</sup> Chacalo, A.; A. Aldama and J. Grabinsky. 1994. Street Tree Inventory in Mexico City. pp. 222-226.

<sup>3</sup> Chacalo, A.; J. Grabinsky y A. Aldama. 1994. Los árboles en crisis. *In: Información Científica y Tecnológica*. pp. 34-37.

“Delegaciones” (political sections of Mexico City) including a precise count of the number of trees per block and to ascertain relations between characteristics of site and health, dendrometric measures and species of the trees.

Key words: Street trees, Mexico City, inventory.

## INTRODUCCIÓN

El área urbanizada de la ciudad de México, ha crecido muy rápido dentro de los límites del Distrito Federal: de 34 mil manzanas en 1980 pasó en 1994 a más de 55 mil (Guevara y Moreno, 1987)<sup>4</sup>. El área de los alrededores fué creciendo aun con mayor rapidez (Quadri y Sánchez, 1992)<sup>5</sup>. Algunos de los nuevos desarrollos no han contado con una adecuada planeación urbana de áreas verdes, camellones, glorietas y en algunos casos de las banquetas. Sin embargo, existen notorias excepciones en las nuevas zonas «residenciales».

El gobierno ha hecho grandes y costosos esfuerzos para resolver problemas ambientales y mejorar las condiciones de sobrevivencia al controlar la contaminación atmosférica, limitar los nuevos asentamientos, plantar una gran cantidad de árboles en parques, calles y los alrededores de áreas urbanas (En 5 años, la meta registrada para la ciudad de México es de 40 millones de plantas (Martínez y Chacalo, 1994)<sup>6</sup>), en actividades de mantenimiento, ahorro y reabastecimiento de cuerpos de agua, así como financiamiento de proyectos de investigación relacionados con estas situaciones.

Dado el complejo y gran desarrollo urbano de la ciudad de México, la multiplicidad de actores involucrados en la vida, cuidado y muerte de los árboles urbanos, el principal objetivo de este estudio es describir esta situación y analizar la información que se tiene para todo el Distrito Federal, por delegaciones. Se trata de determinar las razones que expliquen lo antes mencionado, especialmente qué ha funcionado bien y qué no.

---

<sup>4</sup> Guevara, S. y P. Moreno. 1987. Áreas verdes de la ciudad de México. pp. 231-236.

<sup>5</sup> Quadri, G. y R. Sánchez. 1992. La ciudad de México y la contaminación atmosférica.

<sup>6</sup> Martínez, I. y A. Chacalo. 1994. Los árboles de la ciudad de México.

## METODOLOGÍA

En el último año una muestra representativa de 1,261 árboles en la ciudad de México fueron clasificados, medidos y evaluados. Las características obtenidas fueron: especie, altura, diámetro a la altura del pecho (1.30 m), número de troncos, problemas de salud, evaluación de la condición general, características del sitio, evaluación del sitio y tratamientos requeridos. La información fue procesada en una computadora personal utilizando el programa SAS.

En la segunda fase, se obtuvieron nuevas tablas y se exploraron las dependencias posibles. El nivel de confianza de todas las características fue alto, éste disminuye para las delegaciones (Chacalo, A. *et al.*, *op. cit.*).

Nuevo trabajo de campo se realizó en 1994. El principal objetivo fue la determinación del número de árboles por manzana. En la ciudad de México existen más de 55,000 manzanas divididas en 16 delegaciones; se muestrearon al azar 866 manzanas que fueron seleccionadas usando el último mapa comercial disponible, editado en 1993 (Guía Roji de la ciudad de México, 1994)<sup>7</sup>, con un nivel de confianza del 95% y un máximo de error de 2.25 árboles por manzana. Estas constituyen más del 1.5% de manzanas del total de la ciudad de México. Se capacitó a tres grupos de alumnos a los que se les brindó la facilidad de transporte para trasladarse a efectuar sus conteos de árboles por manzana. Posteriormente se supervisó el 10% de las manzanas muestreadas.

Otra fuente de datos fue el crecimiento del área urbana y de la población. Los datos fueron obtenidos principalmente del Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI), algunos de éstos citados por Wilk (1991)<sup>8</sup>.

Todos los resultados mencionados en los siguientes párrafos se refieren a los aspectos que se alejan significativamente de la proporción correspondiente en la muestra de la ciudad. Un importante paso de la metodología fue la búsqueda de estos fenómenos singulares y por ahora la intención es mencionarlo. Más adelante se tratará de encontrar una explicación, tomando en cuenta la historia específica, las condiciones de las delegaciones y la información disponible en la literatura sobre el comportamiento de las diferentes especies.

---

<sup>7</sup> Guía Roji de la ciudad de México. 1994. Área Metropolitana y sus alrededores.

<sup>8</sup> Wilk, D. 1991. Assesing land use and environmental policy processes in the urban fringe: the case of Mexico City.

## RESULTADOS

Los resultados que se presentan fueron obtenidos a través de tabulaciones cruzadas para determinar si las hipótesis planteadas eran correctas. En este trabajo, las especies dominantes fueron las que tuvieron un porcentaje de 6% ó más en la muestra. Estas fueron fresno (*Fraxinus uhdei*), trueno (*Ligustrum lucidum*), cedros (*Cupressus lindleyi* y *C. sempervirens*), jacaranda (*Jacaranda mimosifolia*), colorín (*Erythrina coralloides*), eucaliptos (*Eucalyptus globulus* y *E. camaldulensis*), olmo (*Ulmus parvifolia*) y casuarina (*Casuarina equisetifolia*). En este caso, los intervalos de confianza fueron pequeños con un nivel alto. Para las especies no frecuentes, que fueron menos del 3% del total del muestreo, los resultados fueron menos significativos y los intervalos de confianza pueden ser anchos.

### Resultados por Delegación

**Especies por delegación.-** Las 3 ó 4 especies más frecuentes en cada delegación aparecen entre las 8 especies con mayor incidencia en la ciudad entera, aunque el orden no se conservó.

El olmo (*Ulmus parvifolia*), el cual es de baja frecuencia en la lista de especies dominantes de la ciudad, en las delegaciones Azcapotzalco, Magdalena Contreras y Milpa Alta es de las especies más frecuentes. Lo mismo sucedió con la jacaranda (*Jacaranda mimosifolia*), la cual aparece en cuarto lugar en la ciudad entera y se encuentra en primer lugar en la delegación Iztacalco. El trueno (*Ligustrum lucidum*), se observa con más alta frecuencia que la obtenida para el D.F. en las delegaciones Cuauhtémoc, Benito Juárez y Cuajimalpa, y en estas tres delegaciones, aparece alrededor de tres veces más que su proporción en la ciudad entera.

Algunas especies que no aparecen como dominantes en la ciudad, son dominantes en algunas delegaciones, como el sauce (*Salix* sp.), el cual es dominante en la delegación Azcapotzalco (18.5%) y aparece con sólo el 1.4% para toda la ciudad; la acacia (*Acacia* sp.) en la delegación Tláhuac representa el 12.5% comparado con el 1.4% para toda la ciudad; el liquidambar (*Liquidambar styraciflua*) en la delegación Coyoacán, la casuarina (*Casuarina equisetifolia*) en la delegación Tláhuac y el hule (*Ficus elastica*) en la delegación Alvaro Obregón se encuentran en la misma situación.

Para algunas delegaciones, las especies dominantes en toda la ciudad, presentan una frecuencia muy baja; por ejemplo el fresno (*Fraxinus uhdei*) en Xochimilco y Milpa Alta.

En general, mientras más grande es el área urbana de una delegación, mayor es el número de especies dominantes que aparece. Esto sucede en las delegaciones Iztapalapa, Gustavo A. Madero, Alvaro Obregón, Coyoacán y Tlalpan (Cuadro N° 1).

Es notable que en 10 de las delegaciones, entre 3 y 6 especies dominantes representan del 78 al 85% del total de árboles muestreados. Como valores extremos pueden considerarse: la delegación Cuajimalpa, donde el 66.7% de los árboles de alineación muestreados está constituido por 2 especies y la delegación Cuauhtémoc en la cual hay 3 especies que representan el 80% del total (Cuadros N° 1a y 1b). Las delegaciones Gustavo A. Madero e Iztapalapa presentan la más alta proporción de árboles muertos con el 23% y 21% del total contado respectivamente. El porcentaje de árboles en la muestra para estas delegaciones fue de 11.5 y de 14.7% respectivamente.

**Densidad de árboles por manzana por Delegación.** De acuerdo a las observaciones acumuladas en diferentes recorridos a través de la ciudad de México, un algoritmo simple proporciona una estimación del número de árboles por manzana en cada delegación y el número total de árboles en toda la ciudad. Existen grandes diferencias entre las manzanas y también entre los promedios por delegación. No es raro encontrar manzanas con pocos o con ningún árbol; en otras se encuentran más de cien. Se encontraron pocos árboles en algunas delegaciones semi-rurales y una alta densidad en varias de las delegaciones más antiguas.

El número total estimado de árboles fue de alrededor de dos millones (55,579 multiplicado por 36.4 da un total de 2,023,076) menos que los tres millones de vehículos que circulan en las calles (Quadri, *op cit.*) y mucho menos que los más de nueve millones de peatones caminando en la ciudad (INEGI. Comunicación personal, 1994.)<sup>9</sup>.

El número promedio por manzana fue de 36.4 árboles. Algunas nuevas variables y relaciones con la densidad en las delegaciones fueron: densidad de población, porcentaje de crecimiento del número de manzanas en el periodo de 1985 a 1993, crecimiento de la población de 1950 a 1990 y áreas verdes en metros cuadrados. Esto significa que si crece la densidad de árboles por manzana, no necesariamente aumentan ó disminuyen estas variables. Es decir, que no se encontraron correlaciones lineales significativas y que las gráficas no sugirieron alguna función particular simple (Cuadro N° 2).

<sup>9</sup> INEGI. 1994. Manzanas de la ciudad de México.

DELEGACIÓN	<i>Cupressus</i> sp.	<i>Cansarina</i> <i>equisetifolia</i>	<i>Fraxinus</i> <i>uhdei</i>	<i>Lingustrum</i> <i>lucidum</i>	<i>Erythrina</i> <i>coralloides</i>	<i>Jacaranda</i> <i>minosaeifolia</i>
% de la sp. en la ciudad	10.9	5.7	19.2	14.1	6.3	8.5
IZTAPALAPA	10.9	9.8	17.8	10.3		
TLALPAN	16.5		20.7	8.5	8.5	
G. A. MADERO	10.1	9.4	16.7		10.1	15.2
COYOACÁN	10.9		21.7		6.5	16.3
A. OBREGÓN	13.6		28.4		8.0	
V. CARRANZA	9.6		17.8	26.0		12.3
MIGUEL HIDALGO	18.4		22.4	10.5		
MILPA ALTA		10.5		26.3		
XOCHIMILCO	18.6			21.9		15.6
IZTACALCO			10.8			29.7
TLAHUAC	20.0	25.0	12.5			
CUAJIMALPA			27.3	39.4		
AZCAPOTZALCO			20.4	18.5		
M. CONTRERAS			28.1	12.5		
BENITO JUÁREZ			14.3	40.0	14.3	14.3
CUAUHTEMOC			20.6	47.1		

Cuadro N° 1a. Especies dominantes por delegación.

DELEGACIÓN	<i>Liquidambar styraciflua</i>	<i>Ulmus parvifolia</i>	<i>Salix bonplandiana</i>	<i>Eucalyptus sp.</i>	<i>Acacia retinodes</i>	<i>Ficus elastica</i>	TOTAL *
% de la sp. en la ciudad	3.0	6.0	1.4	6.3	1.4	2.6	
IZTAPALAPA							48.8
TLALPAN							54.2
G. A. MADERO							61.5
COYOACÁN	12.0			6.5			73.9
A. OBREGÓN						8.0	58.0
V. CARRANZA							65.7
MIGUEL HIDALGO				9.2			60.5
MILPA ALTA		26.3					63.1
XOCHIMILCO	15.6			12.5			68.8
IZTACALCO				21.6			62.1
TLAHUAC				15.0	12.5		85.0
CUAJIMALPA							66.7
AZCAPOTZALCO		22.2	18.5				79.6
M. CONTRERAS		28.1		12.5			81.2
BENITO JUÁREZ							82.9
CUAUHTEMOC		11.8					79.5

\* Total de las 12 especies.

Cuadro N° 1b. Especies dominantes por delegación.

<b>DELEGACIÓN</b>	<b>MANZANAS MUESTREADAS</b>	<b>DENSIDAD</b>
Tláhuac	34	46.0
Benito Juárez	33	67.4
Milpa Alta	17	11.1
Miguel Hidalgo	34	63.2
Xochimilco	34	31.4
Iztapalapa	181	25.6
Coyoacán	69	40.3
Iztacalco	42	34.0
Cuauhtémoc	42	53.7
Tlalpan	68	35.5
Alvaro Obregón	76	30.4
Azcapotzalco	42	45.5
Cuajimalpa	8	28.9
Magdalena Contreras	17	23.9
Venustiano Carranza	51	44.1
Gustavo A Madero	118	31.2
<b>PROMEDIO</b>		<b>36.4</b>
<b>TOTAL</b>	<b>866</b>	

**Cuadro N° 2.** Densidad de árboles por manzana.

Las posibles fuentes de error en el conteo de árboles por manzana fueron: la confusión de manzanas debido al cambio de nombres, urbanización reciente o incompleta, dificultad en la configuración de las calles, prisa del chofer al conducir, confusión de árboles con arbustos, «árboles privados» contados como árboles de alineación, obstrucción de árboles por carros o algún otro objeto (cuando el conteo se realizó desde el vehículo) y otros más. Se piensa que la primera fue la causa más frecuente de error. Pero en todos los casos, otra manzana en el mismo cuadro elegido en el mapa, fue muestreada, por lo que los datos obtenidos fueron útiles. Aunque se encontraron pequeñas o ninguna diferencia cuando se supervisaron muchas de las manzanas, consideramos que estos datos son una buena primera aproximación más que un resultado definitivo.

**Condición general, evaluación del sitio y nivel socioeconómico por delegación.-** Existe una alta correlación entre la condición general del árbol y la evaluación del sitio. No es el caso entre el nivel socioeconómico de la población que vive cerca de los árboles y la evaluación del sitio; tampoco hay correlación entre el nivel socioeconómico y la condición general del árbol. **En otras palabras, la atención al sitio es buena para el árbol; sitios y árboles son independientes del nivel de ingreso de la población.** Mejorar los sitios no siempre es posible, aun con recursos económicos; las acciones posibles no siempre se realizan, debido en parte a la falta de interés, de conciencia o de conocimientos.

Al 48% de los árboles la condición general así como la evaluación del sitio se les calificó como «buena» o «muy buena», 2.5% de los árboles y 3.5 % de los sitios fueron evaluados como «muy pobres». En ambos casos, diez delegaciones mostraron más de 48% de «buenos» y «muy buenos» árboles. Una de éstas es la delegación Magdalena Contreras que ocupa el primer lugar para ambas variables. Por otro lado, las delegaciones Cuauhtémoc y Alvaro Obregón observaron una frecuencia muy baja de árboles «buenos» y «muy buenos», para ambos casos.

**Diámetro por Delegación.-** El Cuadro N° 3 muestra la distribución de diámetros de árboles por delegación. Las clases definidas por los diámetros fueron sugeridas por Richards (1983)<sup>10</sup> como las más adecuadas para la ciudad de Syracuse, Nueva York, Estados Unidos de América.

<sup>10</sup> Richards N., A. 1983. Diversity and stability in a street tree population. pp. 159-171.

<b>DIÁMETRO DE ÁRBOLES (Cm)</b>	<b>DISTRIBUCIÓN PROPUESTA POR RICHARDS</b>	<b>DISTRIBUCIÓN PROMEDIO EN LA CD. DE MÉXICO</b>
0-20	40%	66%
20-40	30%	26%
40-60	20%	6%
más de 60	10%	2%

**CuadroN° 3.** Distribución del diámetro de los árboles.

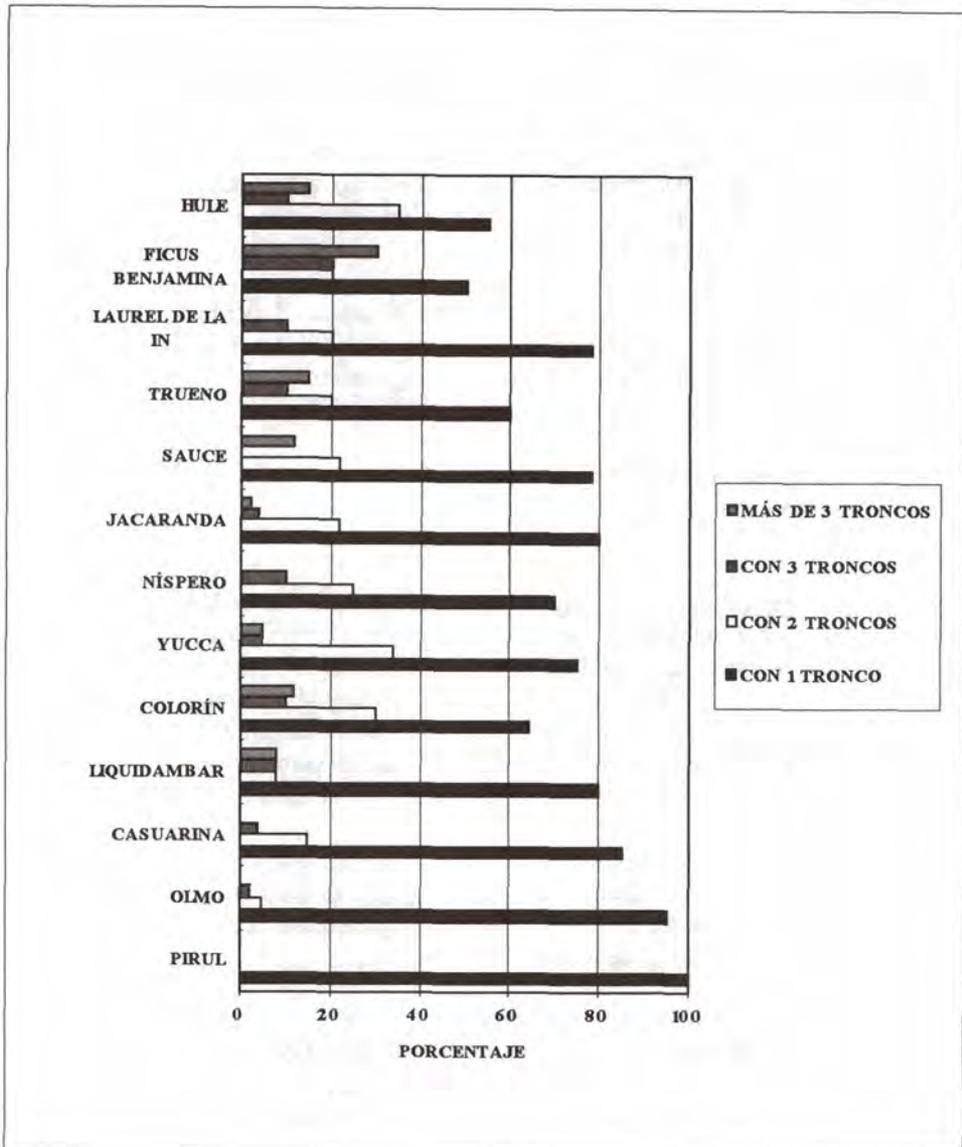
Es notable que el promedio en la primera clase (0-20) para la ciudad entera fue de 65.6%; en la delegación Cuauhtémoc fue de 85.3% y en la delegación Cuajimalpa de 82.4%, encontrando una población de árboles muy jóvenes, aun cuando la delegación Cuauhtémoc es una urbanización antigua y la delegación Cuajimalpa es reciente. La delegación Magdalena Contreras tiene una muy baja proporción de árboles jóvenes. Esta delegación reporta nuevamente notas sobresalientes.

Es sobresaliente el esfuerzo hecho por el gobierno a través de las campañas de reforestación, pero los datos también pueden significar un bajo nivel de sobrevivencia. Estas campañas se han dado desde hace muchos años, pero no existen datos publicados que permitan saber la cantidad y las especies de árboles utilizadas.

## **Resultados por Especie**

**Especies contra número de troncos.-** Las especies que presentaron fundamentalmente un solo tronco, son el pirul (*Schinus molle*), el olmo (*Ulmus parvifolia*), la casuarina (*Casuarina equisetifolia*) y el liquidambar (*Liquidambar styraciflua*). Las especies con mayor proporción de 2 ó más troncos son: (*Ficus benjamina*), el hule (*Ficus elastica*), el colorín (*Erythrina coralloides*) y el trueno (*Ligustrum lucidum*) Figura N° 1.

**Evaluación del sitio por especie.-** Las especies dominantes siguiendo el patrón general, se acumulan alrededor de la media, en menor proporción en los peores sitios que en los mejores.



**Figura N° 1.** Distribución del número de troncos por especie.

Entre las especies poco representadas (...) (*Ficus benjamin*), se concentra en los mejores sitios; mientras que el pirul (*Schinus molle*) en los peores.

**Condición general contra especie.-** Las especies que presentan una buena condición son los pinos (*Pinus* sp.), el laurel de la India (*Ficus retusa*), el liquidambar (*Liquidambar styraciflua*), (...) *Ficus benjamin* y el ciprés (*Cupressus sempervirens* y *C. linleyi*), todos con una baja frecuencia en la muestra.

Los árboles con una condición «moderada» son la acacia (*Acacia* sp.), la casuarina (*Casuarina equisetifolia*), los eucaliptos (*Eucalyptus globulus* y *E. camaldulensis*), el fresno (*Fraxinus uhdei*), el hule (*Ficus elastica*), la jacaranda (*Jacaranda mimosifolia*), el olmo (*Ulmus parvifolia*), el sauce (*Salix* sp.) y el trueno (*Ligustrum lucidum*).

Los árboles con una «mala» condición general fueron el pirul (*Schinus molle*) y el colorín (*Erythrina coralloides*).

**Tratamientos requeridos por especie.-** Los tratamientos recomendados fueron: poda, realizar un cajete, aireación de la tierra, adición de tierra, fertilización, control de plagas y enfermedades, curar cánceres y descortezamientos, hacer cirugías en caso de heridas, amarre de ramas, verificación periódica de estrangulamientos, quitar basura, sustitución (cuando el sitio era apropiado y el árbol se encontraba en mal estado), reubicación (cuando el árbol se encontraba en buen estado pero el sitio era inapropiado) y eliminación (cuando el árbol estaba en mal estado y el sitio era inapropiado).

Los tratamientos se evaluaron en tres categorías: ligera, moderada y urgente y se encontró que la categoría más frecuente fue la de urgente, es decir que los tratamientos se deben realizar en el siguiente año. Los tratamientos que no se evaluaron como urgentes, se relacionaban con el control de los problemas bióticos.

El trueno (*Ligustrum lucidum*), el fresno (*Fraxinus uhdei*) y la jacaranda (*Jacaranda mimosifolia*), son especies que requieren una alta cantidad de tratamientos. Además están sujetas a más vandalismo. En general cuando la proporción de las especies es mayor, más común e intenso es el daño. Sin embargo, esta situación no se presentó en los cipreses (*Cupressus sempervirens* y *C. linleyi*).

Las especies que requieren la adición de tierra para las raíces son: el hule (*Ficus elastica*), el colorín (*Erythrina coralloides*), la casuarina (*Casuarina equisetifolia*), el liquidambar (*Liquidambar styraciflua*) y la especie para la cual este tratamiento fue menos recomendado fueron los cipreses (*Cupressus lindleyi* y *C. sempervirens*).

Los eucaliptos (*Eucalyptus globulus* y *E. camaldulensis*) son las especies a las que se les recomendó mayor fertilización.

Las especies más afectadas por plagas son el fresno (*Fraxinus uhdei*), el trueno (*Ligustrum lucidum*) y el laurel de la India (*Ficus retusa*). Los menos afectados son el hule (*Ficus elastica*), la yuca (*Yucca elephantipes*), el ciprés (*Cupressus* sp.) y el pino (*Pinus* sp.)

El fresno (*Fraxinus uhdei*) y el olmo (*Ulmus parvifolia*) son las especies que requieren mayor aplicación de fungicidas y el fresno (*Fraxinus uhdei*) junto con el liquidámbar son a los que se les recomendó la quema de hojas que es un tratamiento ante patógenos. También el fresno y el olmo son las especies a las que más se les recomendaron tratamientos debido a cánceres y tumoraciones. Los descortezamientos aparecen con más frecuencia en la jacaranda y con menor frecuencia en el hule.

El trueno (*Ligustrum lucidum*) y el colorín (*Erythrina coralloides*) son las especies que requieren de más cirugías.

El ciprés (*Cupressus* sp.), el níspero (...) y el trueno necesitan más amarres de ramas, y el olmo (*Ulmus parvifolia*), el liquidambar (*Liquidambar styraciflua*), la jacaranda (*Jacaranda mimosifolia*) y el colorín (*Erythrina coralloides*) lo necesitan en menor cantidad.

La mayor parte de los estrangulamientos se dieron en los eucaliptos (*Eucalyptus globulus* y *E. camaldulensis*) y el hule (*Ficus elastica*) y en menor cantidad para el olmo (*Ulmus parvifolia*). Para el ciprés (*Cupressus* sp.) y el laurel de la India (*Ficus retusa*) se recomendó amarrar ramas.

Las especies que requieren reubicación son los eucaliptos (*Eucalyptus globulus* y *E. camaldulensis*) y la yuca (*Yucca elephantipes*). El trueno (*Ligustrum lucidum*) requirió especialmente de irrigación.

El colorín (*Erythrina coralloides*) y el pirul (*Schinus molle*) son las especies que más requieren de sustitución o de eliminación.

Las recomendaciones mencionadas pueden ser útiles al seleccionar especies en las futuras campañas de reforestación urbana; su frecuencia, generalidad y diversidad refuerzan la tesis de que grandes esfuerzos con una alta prioridad son necesarios en el cuidado del arbolado urbano y la prevención de los problemas que lo afectan.

La evaluación del sitio y la condición general de los árboles están estrechamente correlacionadas para toda la muestra. Aun más, algunos árboles muertos fueron encontrados en sitios no adecuados para su presencia y la recomendación fue de eliminarlos no de sustituirlos. Su muerte pudo haberse debido a la mala calidad del sitio.

**Diámetro por especie.-** Entre las especies más frecuentes hay importantes diferencias en la distribución de sus diámetros, lo cual puede sugerir un mayor potencial de supervivencia para aquellas especies que tienen una mayor proporción de árboles anchos. Los diámetros de algunas de las especies dominantes se encuentran primordialmente entre los menores de 20 cm. Las especies con «una mejor distribución» incluyen al colorín, la casuarina, el eucalipto y la jacaranda de las especies dominantes; al olmo y al hule de las no dominantes (Cuadro N° 5). Es interesante retomar a Richards (*op. cit.*), quién señala: «...»las pocas especies bien representadas entre los árboles viejos son probablemente mejores prospectos para contribuir a la estabilidad de la población en el incierto futuro, que las mal adaptadas, poco longevas o poco probadas, especies que pueden ser agregadas para aumentar la diversidad»...

## Características del Sitio

**Nivel socioeconómico contra ancho de la banqueta.-** En general no se observa una tendencia de que a más alto nivel socioeconómico correspondan banquetas más anchas. Aunque la hipótesis era que si se daría esta tendencia.

**Nivel socioeconómico contra condición general.-** En este caso no parece existir una correlación que indique que hay una mejor condición general de los árboles cuando el nivel socioeconómico del sitio donde se encuentra el árbol es más alto. Es decir que aun con los recursos económicos para una buena gestión y conservación del arbolado urbano, este no es adecuado o no se da. Esto indica falta de sensibilidad a los problemas de los árboles por parte de los habitantes.

**3.3 Condición general contra ancho de la banqueta.** La hipótesis inicial de que existe una asociación entre el ancho de la banqueta y la condición general fue refutada.

Para cada rango de ancho de banquetas aparecieron árboles con diferentes tipos de condiciones. Por ejemplo, 70% de los mejores árboles estuvieron localizados en banquetas entre 1 y 2.5 m, pero 70% de los peores se localizaron en banquetas que medían entre 1 y 2 m.

DIÁMETRO	ESPECIE	Nº DE ÁRBOLES	PORCENTAJE
1 a 20 cms	cedro	104.0	81.9
21 a 40 cms	cedro	16.0	12.6
41 a 60 cms	cedro	5.0	3.9
61 cms y más	cedro	2.0	1.6
1 a 20 cms	colorín	35.0	47.3
21 a 40 cms	colorín	30.0	40.5
41 a 60 cms	colorín	9.0	12.2
61 cms y más	colorín	0.0	0.0
1 a 20 cms	casuarina	22.0	32.8
21 a 40 cms	casuarina	25.0	37.3
41 a 60 cms	casuarina	17.0	25.4
61 cms y más	casuarina	3.0	4.5
1 a 20 cms	eucalipto	41.0	56.2
21 a 40 cms	eucalipto	15.0	20.6
41 a 60 cms	eucalipto	11.0	15.1
61 cms y más	eucalipto	6.0	8.2
1 a 20 cms	fresno	166.0	73.8
21 a 40 cms	fresno	52.0	23.1
41 a 60 cms	fresno	3.0	1.3
61 cms y más	fresno	4.0	1.8
1 a 20 cms	jacaranda	40.0	40.0
21 a 40 cms	jacaranda	55.0	55.0
41 a 60 cms	jacaranda	5.0	5.0
61 cms y más	jacaranda	0.0	0.0
1 a 20 cms	olmo	27.0	38.6
21 a 40 cms	olmo	42.0	60.0
41 a 60 cms	olmo	1.0	1.4
61 cms y más	olmo	0.0	0.0
1 a 20 cms	trueno	135.0	81.8
21 a 40 cms	trueno	27.0	16.4
41 a 60 cms	trueno	3.0	1.8
61 cms y más	trueno	0.0	0.0

**Cuadro N° 5.** Distribución de las clases de diámetros de las especies dominantes.

Este es un resultado que parecería contradictorio y requiere más explicaciones y al buscar más información, se encontró que en algunas banquetas anchas se establecen vendedores ambulantes cuyas actividades e infraestructura pueden dañar a los árboles. David Cutler (Comunicación personal, 1995)<sup>11</sup>, señala que en Inglaterra la falta de franjas de pasto en el diseño de la banqueta hace que el agua del riego y de la lluvia se drenen muy rápido, lo cual es perjudicial; en especial, en las primeras etapas de crecimiento después de la plantación. Aunque la banqueta sea ancha, la ruptura del pavimento con diferentes fines daña a las raíces y por lo tanto al árbol. Si los árboles se plantan muy cerca del arroyo vehicular, las raíces no pueden crecer más que hacia la banqueta, lo cual limita su crecimiento. El agua del suelo tiende a condensarse bajo las losas y las raíces generan sistemas radiculares muy someros (Cutler, *op. cit.*).

Creemos que esto podría explicar en la ciudad de México la falta de relación entre la condición general y el ancho de la banqueta, por que son prácticas y problemas parecidos.

**Ancho de la banqueta contra poda.-** En general, para los cuatro tipos diferentes de podas, se observa que el severo se encontró con mayores frecuencias que el moderado y este que el ligero. Un número mayor de árboles que necesitaban poda se encontraron en banquetas entre 1.6 y 2 m de ancho requiriendo podas severas. Ninguno de los árboles a los que se les recomendaron podas se encontraron en banquetas entre 0 y 0.5 m de ancho. Los árboles en banquetas entre 0.6 y 1 m tuvieron las más bajas frecuencias para los cuatro diferentes tipos de poda.

De nuevo estos resultados parecen difíciles de interpretar. Sin embargo, es probable que en este caso los árboles en banquetas pequeñas no requirieron podas debido a que eran árboles muy jóvenes. Cabe mencionar que en una tabla de información cruzada: condición general contra diámetro, los árboles jóvenes se acumularon en las clases con mejor condición general. Además en otra tabla de evaluación del sitio contra diámetro se observó que los árboles muy jóvenes (menores de 15 cm de diámetro) se acumulan en los mejores sitios. Esta información corrobora en forma parcial nuestra hipótesis.

## Resultados de la Condición General

**Heridas contra insectos y enfermedades.-** En los árboles con heridas severas también se observaron con mayor frecuencia problemas con insectos y enfermedades. Las heridas, uno de los males más frecuentes de los árboles urbanos de la ciudad de México (Chacalo, A. *et al.*) se deben prevenir a toda costa, desde la producción en vivero,

---

<sup>11</sup> Cutler, D. 1995. Jodrell Laboratory, Royal Botanic Gardens, Kew.

durante el traslado al sitio de plantación, en la plantación misma y sobre todo en el lapso de vida del árbol. Con gran frecuencia, durante las campañas de reforestación de la ciudad de México, los árboles están heridos aun antes de plantarse.

## CONCLUSIONES

Se desea hacer hincapié en algunos puntos que se derivan de lo anterior:

- Existen grandes diferencias entre las delegaciones y entre las manzanas en cuanto al número de árboles, con una porción no despreciable de calles sin árboles.
- Mientras mejor es el sitio, mejor es la condición general de los árboles.
- Los mejores árboles no son en forma necesaria los que se encuentran en banquetas más anchas.
- Los mejores árboles no tienen relación directa con el mejor nivel socioeconómico del sitio.
- Algunas especies dominantes tienen diámetros pequeños, por lo que en general son árboles jóvenes. Esto puede significar un bajo potencial de sobrevivencia.
- Algunas especies con bajas frecuencias presentan una distribución que puede significar una mayor estabilidad de la población de árboles y un bosque urbano que aumente sus beneficios (Richards, 1983)<sup>12</sup>.
- Algunas delegaciones muestran baja diversidad. Mucho más baja que la ya de por sí baja diversidad de toda la ciudad.
- Cada delegación presenta aspectos característicos y se recomienda estudiarlos con mayor profundidad.

---

<sup>12</sup> Richards N., A. 1983. Diversity and stability in a street tree population. pp. 159-171.

- Después de analizar los resultados en el primer artículo (Chacalo, A. *op. cit.*) y de analizar la información por delegación en ésta segunda parte, se puede concluir que el énfasis debe ponerse en los cuidados a las plantaciones, en el mantenimiento y la planeación adecuada durante la selección de especies y de sitios de plantación, más que en la plantación masiva de árboles cada año.
- Aunque el promedio de 36.4 árboles por manzana no parece pequeño, su distribución deja mucho que desear. En las manzanas en las que se encuentran pocos árboles, existen grandes posibilidades de incrementar este número a través de mejorar el buen estado de salud y por lo tanto la maduración y supervivencia de los árboles.

## BIBLIOGRAFÍA

- Chacalo, A.; A. Aldama and J. Grabinsky. 1994. Street Tree Inventory in Mexico City. *Journal of Arboriculture*. 20(4):222-226.
- Chacalo, A.; J. Grabinsky y A. Aldama. 1994. Los árboles en crisis. *In: Información Científica y Tecnológica*. 16(216):34-37.
- Chacalo, A. 1994. Manejo de arbolado urbano. UAM-Azcapotzalco. México. 97 p.
- Cutler, D. 1995. Jodrell Laboratory, Royal Botanic Gardens, Kew. Comunicación personal.
- Guevara, S. y P. Moreno. 1987. Áreas verdes de la ciudad de México. *In: D.D.F. y El Colegio de México*. Atlas de la ciudad de México. p. 231-236.
- Guía Roji de la ciudad de México. 1994. Área Metropolitana y sus alrededores. México.
- INEGI. 1994. Manzanas de la ciudad de México. Comunicación Personal. México.
- Martínez, L. y A. Chacalo. 1994. Los árboles de la ciudad de México. UAM-A, FUNDEA, FMA, ADI. Grupo Editorial Eón. México. 351p.
- Quadri, G. y R. Sánchez. 1992. La ciudad de México y la contaminación atmosférica. Limusa Noriega Editores. México. 316 p.

Richards N. A. 1983. Diversity and stability in a street tree population. *Urban Ecology* 7: 159-171.

Wilk, D. 1991. Assesing land use and environmental policy processes in the urban fringe: the case of Mexico City. Doctoral thesis. University of California in Berkeley.

Handwritten text, possibly a title or header, located at the top of the page. The text is faint and difficult to read.

# SITUACIÓN DEL ARBOLADO DE ALINEACIÓN DE LA CIUDAD DE MÉXICO: DELEGACIONES IZTACALCO E IZTAPALAPA, DISTRITO FEDERAL \*

Benavides Meza Héctor M. \*\*  
Segura Bailón Celia \*\*\*

## RESUMEN

Se llevaron a cabo inventarios del arbolado urbano de alineación en las calles y avenidas de las Delegaciones Políticas Iztacalco e Iztapalapa, Distrito Federal, México. Fue empleado el método de muestreo aleatorio estratificado desproporcionado. En la Delegación Política de Iztacalco se muestrearon 13 colonias, en las que se censaron 3,190 árboles y arbustos en 28.9 Km de recorrido. En Iztapalapa, fueron seleccionadas 22 colonias, en las que se evaluaron 5,436 árboles y arbustos, en un recorrido de 47.28 Km. De cada árbol o arbusto inventariado, se realizó su identificación taxonómica y se determinaron algunas características cuantitativas como diámetro normal (DAP), altura total, ubicación y espacio disponible para el desarrollo de la planta; así como las características evaluativas relativas al estado o condición sanitaria y física del fuste y la copa, etapa de desarrollo, tipo de poda y daños provocados a las banquetas o andadores. En Iztacalco se registraron 68 especies diferentes de árboles y arbustos, de las que fueron más frecuentes *Fraxinus uhdei* (Winzig) Lingel. (16.83%), *Ligustrum lucidum* Ait. (13.73%), y *Cupressus lindleyi* Klotzsch. (13.44%). En Iztapalapa se detectaron 81 especies diferentes de árboles y arbustos, de las que fueron más frecuentes *Ligustrum*

---

\* Proyecto con financiamiento del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), convenio D-112-904315 INIFAP-CONACYT.

\*\* M.C., Investigador del Campo Experimental Pachuca, CIRCE, INIFAP, SAGAR.

\*\*\* Estudiante de Biología, FES-Zaragoza, UNAM.

*lucidum* Ait. (9.95%), *Cupressus lindleyi* Klotzsch. (9.47%), *Fraxinus uhdei* (Winzig) Lingel. (8.74%), *Jacaranda mimosifolia* D. Don (8.43%) y *Erythrina coralloides* DC. (7.27%). El DAP promedio fue de 13.6 cm en Iztacalco y de 11.5 cm en Iztapalapa; y la altura total promedio fue de 3.10 m y 3.9 m respectivamente. En ambas Delegaciones se encontraron porcentajes altos de arbolado en buenas condiciones sanitarias, tanto del tronco como de la copa; mientras que en la evaluación del tipo de poda y daño provocado a las banquetas, se registraron porcentajes altos de árbol que no han sido podados y que aun no provocan daños a las banquetas.

**Palabras clave:** Inventario de arbolado urbano, árboles urbanos, Iztacalco, Iztapalapa, ciudad de México, dasonomía urbana.

## ABSTRACT

Inventories of urban street trees and shrubs were done in Iztacalco an Iztapalapa, Distrito Federal, México. A stratified unproportional randomized sampling method was applied. There were sampled 13 neighborhoods and 3,190 trees in Iztacalco, and 22 neighborhoods and 5,436 trees in Iztapalapa. The course sampling was 28.9 and 47.28 Km respectively. Each tree or shrub was taxonomic identified, and some quantitative characteristics were evaluated on trees and shrubs, like diameter (DBH) total height, location, available space for plant growth and also some qualitative characteristics like health and physical stem and foliage condition, age class, prune type, and side walks damage. At Iztacalco were identified 68 different trees and shrubs species, and the most frequent species were *Fraxinus uhdei* (Winzig) Lingel. (16.83%), *Ligustrum lucidum* Ait. (13.73%), and *Cupressus lindleyi* Klotzsch. (13.44%). At Iztapalapa there were identified 81 trees and shrubs species, and the most frequent were *Ligustrum lucidum* Ait. (9.95%), *Cupressus lindleyi* Klotzsch. (9.47%), *Fraxinus uhdei* (Winzig.) Lingel. (8.74%), *Jacaranda mimosifolia* D. Don (8.43%), and *Erythrina coralloides* D.C. The average DBH was 13.6 cm at Iztacalco, and 11.5 cm at Iztapalapa, and the average of total height was 3.10 m and 3.9 m respectively. Both locations have high percentage of trees with good stem and foliage health conditions. The lack of prune was registred in a high percentage of trees, and also a high percentage of trees with no sidewalks damage.

**Key words:** Urban tree inventories, urban trees, Iztacalco, Iztapalapa, Mexico city, urban forestry.

## INTRODUCCIÓN

El arbolado de alineación es un componente importante del bosque urbano y en algunos casos, el principal. En la ciudad de México, esto se cumple, ya que la superficie cubierta por áreas verdes es reducida, sólo representa el 8.27% del total, lo que proporciona un promedio por habitante de 3.3 m<sup>2</sup>; no obstante que las normas internacionales consideran una superficie mínima de 9 m<sup>2</sup> por habitante (DDF, 1987)<sup>1</sup>.

Al tomar en cuenta lo anterior, el arbolado de alineación adquiere gran importancia, por contribuir significativamente a la vegetación del ecosistema urbano, necesaria para mejorar las condiciones climáticas, ambientales, sanitarias y estéticas de la ciudad de México.

El conocimiento de los componentes y características del arbolado urbano en las ciudades, es de primordial importancia para llevar a cabo las actividades de plantación, administración y mantenimiento del mismo; es decir, el manejo correcto del bosque urbano sólo puede ser realizado cuando se conocen sus cualidades y de esta forma, se obtienen los máximos beneficios (Benavides, 1989)<sup>2</sup>. Para obtener plenamente los beneficios ecológicos y antropocéntricos que proporciona la vegetación urbana, es necesario conocer el recurso con que se cuenta para realizar las prácticas de manejo más convenientes.

Con la finalidad de contribuir al conocimiento del arbolado de alineación de la ciudad de México se realizó un inventario por muestreo de algunas áreas del Distrito Federal. El objetivo general del trabajo fue evaluar las condiciones en que se encuentra el arbolado de alineación de las Delegaciones Políticas de Iztacalco e Iztapalapa en el Distrito Federal.

Como objetivos específicos, se plantearon los siguientes: determinar la frecuencia de especies y la etapa de desarrollo más común, reconocer el estado sanitario y físico del fuste y del follaje, determinar el tipo de poda que se practica comunmente, evaluar los daños provocados a las banquetas o andadores e identificar las especies que provocan los mayores daños, determinar el espacio disponible para el desarrollo de la planta y cuantificar los sitios disponibles para plantación.

---

<sup>1</sup> DDF. 1987. Programa General de Desarrollo Urbano del Distrito Federal 1987-1988.

<sup>2</sup> Benavides M., H. M. 1989. Dasonomía Urbana: la importancia de su investigación y correcto manejo. pp. 966-992.

## ANTECEDENTES

En la dasonomía urbana, los inventarios del arbolado se consideran una herramienta indispensable de gran importancia, ya que son la base para la definición de las actividades de manejo del recurso.

Existen diferentes tipos de inventarios de arbolado urbano, los cuales se deberán apegar a las condiciones específicas y se aplicarán en función de los recursos disponibles (Hitchings, 1981)<sup>3</sup>. Los inventarios se dividen en dos grandes grupos: por muestreo y totales.

Los inventarios por muestreo se realizan para conocer algunas características del bosque urbano, tales como necesidades de poda, sanidad y daños a las estructuras urbanas; por lo cual, sólo se registran los árboles que presentan la condición que es de interés. A este tipo de inventarios también se les denomina por objetivo.

En el contexto de los inventarios parciales que se desarrollan en alguna zona de la ciudad que se desea conocer (calle, colonia o delegación), se evalúan las características predefinidas (condición del arbolado, riqueza de especies, frecuencia o condiciones sanitarias); es decir, la intensidad con que se realice el inventario y la proporción de la muestra, estará determinada por los recursos disponibles y la información que se pretenda obtener. En este tipo de inventarios se recomienda la evaluación del 5 al 50 % del arbolado existente.

Los inventarios totales son los más recomendables, ya que permiten obtener la información completa sobre la situación del arbolado, frecuencia de especies, ubicación, entre otras. Sin embargo, son los que demandan una mayor cantidad de recursos. Cuando el inventario se realiza por una sola vez y no se tiene planeado realizar una segunda evaluación, se considerará al inventario como de tipo temporal. La vigencia de la información es de 10 años, no obstante que la dinámica del bosque urbano, es común encontrar cambios a los 5 ó 6 años, por lo que la información recabada ya no será tan confiable después de 10 años.

Cuando el inventario total se planea con cierta frecuencia, se le considera entonces de tipo continuo y es de gran valor para el manejo del arbolado, se obtiene información

---

<sup>3</sup>. Hitchings, D. R. 1981. Prontuario de dasonomía urbana.

precisa, fidedigna y actualizada (Gray y Deneke, 1992<sup>4</sup>; Smiley y Baker, 1988<sup>5</sup>; González, 1984<sup>6</sup>; Hitchings, *op. cit.*; Sacksteder y Gerhold, 1979<sup>7</sup>).

Después de llevar a cabo un inventario es posible realizar, revisar o actualizar los programas de manejo de calles y avenidas, de las áreas verdes o del bosque urbano en general. Al realizar este programa se podrán considerar los requerimientos de plantación, así como los programas de mantenimiento, lo cual puede determinarse a nivel de calle, colonia, manzana o incluso ciudad. Asimismo pueden definirse los requerimientos de materiales, necesidades de mano de obra y asignación de recursos financieros (Gray y Deneke, *op. cit.*; Hitchings, *op. cit.*; Sacksteder y Gerhold, *op. cit.*)

Bajo condiciones limitadas de presupuesto, la base de datos generada por el inventario, permite priorizar con toda objetividad las áreas de trabajo y asignar los recursos disponibles bajo un fundamento técnico.

Existen algunas experiencias de inventarios de arbolado urbano en México, algunas llevadas a cabo de manera experimental. También han sido realizados inventarios del arbolado urbano por empresas consultoras en algunas Delegaciones del Distrito Federal, sin embargo los resultados no han sido publicados.

En las Delegaciones Políticas de Iztacalco e Iztapalapa, no se han llevado a cabo trabajos de tipo florístico urbanos, con la excepción del reportado por Rapoport *et al.* (1983)<sup>8</sup>, en el cual ubicaron algunos sitios de muestreo en las Delegaciones Políticas, sin que se hubieran hecho mayores descripciones del arbolado. Tovar (1978)<sup>9</sup>, muestreó el género *Populus* en los límites de la Delegación de Iztapalapa, y Macías (1987)<sup>10</sup>, muestreó una de las áreas verdes de la misma Delegación, con el propósito de evaluar la sanidad del arbolado.

---

<sup>4</sup> Gray, W. G. y F. J. Deneke, 1992. Urban Forestry.

<sup>5</sup> Smiley, E. T. y F. A. Baker. 1988. Options in street tree inventory systems.

<sup>6</sup> González V., C. E. 1984. Los inventarios en la dasonomía urbana. pp. 63-82.

<sup>7</sup> Sacksteder, C. J. y H. D. Gerhold. 1979. A guide to urban tree inventory systems.

<sup>8</sup> Rapoport, E. H.; M. E. Díaz B.; y I. R. López. 1983. Aspectos de la ecología urbana en la ciudad de México.

<sup>9</sup> Tovar L., E. 1978. Los *Populus* utilizados en las plantaciones de las calles de la ciudad de México.

<sup>10</sup> Macías S., J. E. 1987. Plagas de los árboles de las áreas urbanas de la ciudad de México.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Descripción del Área de Estudio

La Delegación Política de Iztacalco se localiza al este del Distrito Federal y cubre una superficie de 22.9 Km<sup>2</sup>, que representa el 1.5 % del territorio de dicha entidad. Colinda al norte con las Delegaciones Cuauhtémoc y Venustiano Carranza; al sur con Iztapalapa; al este con el municipio de Netzahualcoyotl, estado de México, y la Delegación de Iztapalapa; al oeste con la Delegación Benito Juárez (INEGI, 1990)<sup>11</sup>. En Iztacalco el clima es BSK, semiseco templado con lluvias en verano; sin embargo, en los límites con las Delegaciones Benito Juárez e Iztapalapa (suroeste), el clima se torna más húmedo ( $C_{(w)(w)}$ ), es decir, templado subhúmedo con lluvias de verano. La precipitación pluvial anual es de 600 mm, con julio y agosto como los meses más lluviosos; la temperatura media anual es de 16° C (INEGI, *op. cit.*)

En Iztacalco los suelos son fértiles en la parte sur, mientras que los de la parte norte son arenosos y algo salitrosos. La altitud media es de 2,235 msnm y cuenta con una población de 639,700 habitantes (INEGI, *op. cit.*).

La Delegación Política de Iztacalco tiene 174.23 Ha de áreas verdes, constituidas por camellones, parques y jardines, dentro de los que destaca la Ciudad Deportiva, que incrementa notablemente dicho valor. Con base en lo anterior, el Departamento del Distrito Federal (1985)<sup>12</sup>, reconoció un promedio de 3.4 m<sup>2</sup> de áreas verdes por habitante, el cual es desproporcionado, porque la Ciudad Deportiva sólo beneficia en forma directa a una parte de la población.

La Delegación Política de Iztapalapa se localiza al oriente del Distrito Federal y cubre una superficie de 17.5 Km<sup>2</sup>, es decir, el 7.8 % de la superficie total del Distrito Federal. El Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (*op. cit.*), reportó para esta Delegación una población de 1.558,557 habitantes, que representa una de las densidades más altas para la capital del país.

Iztapalapa colinda al norte con la Delegación Política de Iztacalco y con el municipio de Netzahualcoyotl, estado de México; al sur con la Delegación de Tlahuac y Xochimilco; al

<sup>11</sup> INEGI. 1990. Iztapalapa. Cuaderno de información básica delegacional.

<sup>12</sup> Departamento del Distrito Federal. 1985. Manual de planeación, diseño y manejo de las áreas verdes urbanas del Distrito Federal.

este con los municipios de Ixtapaluca y Los Reyes la Paz, estado de México; al oeste con las Delegaciones Benito Juárez y Coyoacán (INEGI, *op. cit.*)

En la parte norte de Iztapalapa, el clima es tipo BSK, semiseco templado con lluvias en verano y una precipitación media anual menor a 600 mm. En la porción sur, el clima es  $C_{(wXw)}$ , templado subhúmedo, con lluvias en verano y precipitación de 600 a 700 mm anuales. La temperatura media anual es de 16° C, con abundancia de lluvias en los meses de julio y agosto (INEGI, *op. cit.*).

Al norte y noreste de Iztapalapa, se presentan suelos de tipo salobre y salitroso, que formaban parte del antiguo lecho del lago de Texcoco; mientras que en el centro y sur son de color grisáceo, tipo agrícola; en una pequeña porción del extremo sur, son de tipo arenoso, con la presencia de rocas de tipo volcánico (INEGI, *op. cit.*).

## Metodología

Para la realización del inventario, se llevó a cabo un inventario de tipo aleatorio, estratificado y desproporcionado (Scheaffer, *et al.*, 1979)<sup>13</sup> que consistió en llevar a cabo un censo parcial en estratos elegidos al azar (colonias y calles), lo que permitió obtener información global del sitio en forma bastante precisa.

En la Delegación Política de Iztacalco se seleccionaron al azar el 30 % de las colonias (esto es 13 colonias). En cada colonia seleccionada se realizó un sorteo de las calles, para determinar las 6 que serían muestreadas con una longitud no mayor a 500 m por ambas aceras (3 Km en total), salvo en caso que se completara una muestra de 500 árboles antes de cubrir las distancias predeterminadas, registrándose entonces, la que había sido recorrida para obtener dicha muestra. Lo anterior provocó que el muestreo fuera de tipo desproporcionado, debido a que no se tenían antecedentes sobre la magnitud del recurso arbóreo.

Para Iztapalapa, la selección de colonias también se efectuó al azar, con base en una relación de más de 220 de ellas, proporcionada por la autoridades de la Delegación. Se eligió el 10 % de las colonias, es decir 22; la definición de las calles y de la longitud muestreada se hizo bajo el mismo procedimiento anteriormente descrito.

---

<sup>13</sup> Scheaffer, R. L.; W. Mendenhall y L. Ott. 1979. Elementary survey sampling.

En general, en las calles con orientación norte sur, el muestreo se inició por la acera oriente, regresando por la banqueta poniente, mientras que en las calles con orientación este oeste, el muestreo se inició por la acera norte, regresando por la sur.

De cada árbol o arbusto se procedió a la identificación de la especie en el sitio o su colecta para su posterior identificación en los herbarios INIF y MEXU.

Las variables registradas en cada árbol y arbusto censado fueron de tipo cuantitativo y cualitativo. Las cuantitativas fueron el diámetro normal (DAP), medido con cinta diamétrica marca Forestry Suppliers; la altura total, estimada con una pistola Haga; las dimensiones de la cepa o la faja de plantación fueron medidas con una cinta métrica; y finalmente, se registró número de sitios disponibles para plantación.

Las variables cualitativas fueron la etapa de desarrollo del arbolado, el estado sanitario y físico del fuste y follaje, el tipo de poda, la ubicación del arbolado en cepas o fajas y sus dimensiones y la evaluación de daños provocados a las banquetas. Los criterios empleados para estas variables se presentan en los Cuadros del N° 1 al N° 8.

<b>TIPO</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>
BRINZAL	Árbol con incipiente consistencia leñosa, con un diámetro menor a 5 cm al nivel de la primera rama y altura menor de 1.5 m.
JOVEN	Planta con una altura mayor de 1.5 m, diámetro al nivel de la primera rama mayor de 5 cm, pero menor a 10 cm.
MADURO	Planta que representa un diámetro normal mayor de 10 cm, con una altura superior a 2 m. Presenta la producción de flores y frutos.
SENIL	Árbol de características dendrométricas similares a la anterior categoría, sin embargo, muestra rasgos de declinación, que se manifiestan en una pérdida del follaje superior al 50 % o en porciones muertas del tronco.
MUERTO	Se manifiesta por la ausencia de follaje o de apariencia seca, además de grandes porciones de tronco en estado de descomposición. En esta categoría se registra cualquier etapa de desarrollo del árbol que presente las condiciones descritas.

**Cuadro N° 1.** Criterios para la evaluación de la etapa de desarrollo del arbolado.

<b>CATEGORÍA</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>
BUENO	Follaje de color uniforme y sin muestras de ataque de alguna plaga, enfermedad o clorosis.
REGULAR	Follaje con muestras incipientes de algún ataque de plagas, enfermedades o clorosis hasta en un 25 %.
MALO	Follaje con muestras evidentes de ataques de alguna plaga, enfermedad o clorosis en más de un 25 % y hasta un 50 % ; o presencia de manchas café rojizas.

**Cuadro N° 2.** Criterios para la evaluación del estado sanitario del follaje en el arbolado.

<b>CATEGORÍA</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>
BUENO	Follaje denso y de color homogéneo, sin partes ausentes y copa balanceada.
REGULAR	Follaje ausente hasta en un 25 % de la copa y/o moderado balance de la copa.
MALO	Falta de follaje hasta en un 50 % de la copa y/o moderado balance de la copa.
PÉSIMO	Falta de follaje en más del 50% de la copa y ausencia de balance de la copa.

**Cuadro N° 3.** Criterios para la evaluación del estado físico del follaje en el arbolado.

<b>CATEGORÍA</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>
BUENO	Tronco con apariencia normal, sólido y sin evidencias de ataque de alguna plaga o enfermedad.
REGULAR	Tronco con rasgos incipientes del ataque de alguna plaga o enfermedad.
MALO	Tronco con evidente ataque de alguna plaga o enfermedad y presencia incipiente de partes podridas o muertas.
PÉSIMO	Tronco con un notorio ataque de plagas o enfermedades y presencia notoria de partes podridas o muertas.

**Cuadro N° 4.** Criterios para la evaluación del estado sanitario del tronco en el arbolado.

<b>CATEGORÍA</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>
BUENO	Tronco con apariencia normal, fuerte, sólido y sin daño mecánico aparente.
REGULAR	Tronco con daños mecánicos leves en la parte inferior o con presencia de cavidades incipientes.
MALO	Tronco con marcados daños mecánicos en la parte inferior y media, o presencia moderada de cavidades.
PÉSIMO	Tronco con severos daños mecánicos en la parte inferior y media, así como presencia de grandes huecos.

**Cuadro N° 5.** Criterio para la evaluación del estado físico del tronco en el arbolado.

<b>CATEGORÍA</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>
SEVERA	Copa de los árboles con presencia de grandes huecos o ramas cortadas exageradamente, que provocan la pérdida de gran parte de la misma y/o una severa falta de balance.
ORDINARIA	La poda provoca la presencia de ramas con brotes en forma de escobas de bruja; copa sin balance o en forma de V o de un nido de ave.
ADECUADA	Poda que produce una copa simétrica y balanceada y mínima presencia de escobas de brujas. Árboles que al superar podas anteriores, presentan una copa balanceada y con espacio para los cables aéreos de energía eléctrica o teléfono.
TOPIARIA	Poda que produce una copa que presenta formas geométricas o artísticas.
SIN PODA	Árbol que presenta una copa sin evidencias de poda.

**Cuadro N° 6.** Criterios para la evaluación del tipo de poda practicada al arbolado.

<b>CATEGORÍA</b>	<b>SUBCATEGORÍA</b>	<b>DIMENSIÓN</b>
CEPA	CHICA	De 40 X 40 cm, hasta 60 X 60 cm
	MEDIANA	De 61 X 61 cm, hasta 80 X 80 cm
	GRANDE	De 81 X 81 cm, y dimensiones mayores
FAJA	CHICA	Hasta 40 cm de ancho.
	MEDIANA	De 41 hasta 70 cm
	GRANDE	De 71 hasta 100 cm
	EXTRAGRANDE	De 100 cm o superior
NINGUNA	Árboles ubicados fuera de cepas o fajas, principalmente sobre el arroyo de la calle o sitios sin banquetas.	

**Cuadro N° 7.** Criterios para determinar el tipo de ubicación en que se encuentra el arbolado.

<b>CATEGORÍA</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>
SIN DAÑO	Banqueta y guarnición que no muestran evidencia de daño (levantamiento, grietas o separación).
LIGERO	Levantamiento de la banqueta de hasta 3 cm y/o incipiente separación de la guarnición.
MODERADO	Levantamiento de 3.1 hasta 6 cm y separación moderada de la guarnición.
SEMISEVERO	Levantamiento de 6.1 hasta 10 cm y separación evidente de la guarnición.
SEVERO	Levantamiento superior a 10 cm y rompimiento de la guarnición.

**Cuadro N° 8.** Criterios para la evaluación de los daños provocados a banquetas por el arbolado.

Con base en lo anterior, los parámetros de evaluación se aplicaron en cada uno de los árboles y arbustos que fueron inventariados.

El procesamiento de la información se realizó empleando el paquete estadístico SAS, para determinar las frecuencias y características estadísticas necesarias para la interpretación de los resultados.

## **RESULTADOS**

### **Delegación Política de Iztacalco**

En el **Cuadro N° 9**, se presentan las colonias que fueron muestreadas, así como el número de árboles registrados y la distancia recorrida para obtener dicha muestra.

Las colonias que presentaron una mayor densidad de arbolado fueron la Agrícola Oriental poniente, Viaducto Piedad, Reforma Iztaccihuatl norte y Agrícola Oriental oriente, ya que se muestrearon 300 árboles en distancias de recorrido menores a 1,700 metros. Las

colonias que registraron una menor densidad de arbolado fueron la Barrio de Santiago, Unidad IMPI-Los Picos y Unidad INFONAVIT-Iztacalco, donde se censaron menos de 180 árboles en los 3 Km definidos inicialmente, no obstante que las unidades cuentan con banquetas amplias.

De acuerdo con los datos obtenidos, el total de la muestra de árboles y arbustos fue de 3,190 en una distancia de recorrido de 28.99 Km.

**Composición de especies.**- El arbolado de alineación de esta Delegación se compone de 68 especies, de las cuales 50 pertenecen a formas arbóreas y 18 a arbustivas. Estas especies pertenecen a 38 familias botánicas, siendo la Rosaceae la mejor representada con 6 especies; le siguen en importancia las Familias Leguminosae, Myrtaceae, y Moraceae con 5. En comparación, se encontraron 26 familias con una sola especie. Asimismo, de las especies muestreadas se infiere que el 13.64 % son especies nativas, mientras que el 86 % son exóticas (**Cuadro N° 10**). Este porcentaje se incrementaría notoriamente si se excluyera del criterio de nativas las que no pertenecen al Valle de México.

Con respecto a la frecuencia de especies, es interesante resaltar que tan solo 8 especies conforman el 71.25 % de la población arbórea de alineación en esta Delegación, las cuales fueron: *Fraxinus uhdei* (16.83 %); *Ligustrum lucidum* (13.73 %); *Cupressus lindleyi* (13.44 %); *Erythrina coralloides* (7.30 %); *Eucalyptus camaldulensis* (5.54 %); *Jacaranda mimosifolia* (5.42 %); *Casuarina equisetifolia* (4.51 %) y *Ficus elastica* (4.48 %); destacando que un gran porcentaje lo conforman especies nativas, incluso del Valle de México (37.57 %). Sin embargo, el restante grupo de especies introducidas representa un porcentaje importante (33.68 %). Las especies que se registraron con una menor frecuencia fueron: *Buddleia cordata*, *Platanus occidentalis*, *Ficus lyrata* y *Erythrina crista-galli*, con 0.03 % en cada caso.

Entre las especies arbustivas, las más frecuentes fueron: *Nerium oleander* (2.91 %); *Thuja* sp. (1.78 %) y *Callistemon speciosus* (0.84 %); mientras que la de menor importancia fueron: *Fechsia* sp. y *Phittosporum tobira* con 0.03 % para cada especie. Es interesante resaltar la presencia de especies frutales dentro del arbolado de alineación, entre las que destacan *Eriobotrya japonica* (0.47 %); *Citrus* spp. (0.40 %); y *Prunus serotina* var. *capulli* (0.37 %), entre otros, *vid., infra*, **Cuadro N° 11**.

<b>COLONIA</b>	<b>NÚMERO DE ÁRBOLES Y ARBUSTOS</b>	<b>DISTANCIA RECORRIDA (Km)</b>
Agrícola Oriental Poniente	300	1.200
Viaducto Piedad	300	1.350
Reforma Iztaccihuatl	300	1.500
Agrícola Oriental	300	1.700
Juventino Rosas	300	2.000
Barrio San Miguel	300	2.030
Militar Marte	300	2.100
Fraccionamiento Benito Juárez	300	2.110
Pantitlán Centro	237	3.000
Ramos Millán	182	3.000
Barrio de Santiago	172	3.000
Unidad IMPI-Los Picos	133	3.000
Unidad INFONAVIT-Iztacalco	66	3.000
<b>T O T A L</b>	<b>3190</b>	<b>28.900</b>

**Cuadro N° 9.** Colonias muestreadas en la Delegación Política Iztacalco, cantidad de árboles y arbustos, así como la distancia recorrida en cada una de ellas.

FAMILIA	ESPECIE	ORIGEN
Rosaceae	<i>Eriobotrya japonica</i> (Thunb.) Lindl.	China, Japón
	<i>Malus</i> sp.	Europa, Asia
	<i>Prunus domestica</i> L.	Europa, Asia
	<i>Prunus persica</i> (L.) Batsch.	China
	<i>Prunus serotina</i> ssp. <i>capuli</i> (Cav.) Mc Vaugh	México
	<i>Pyracantha coccinea</i> Roem.	Europa, Asia
Moraceae	<i>Ficus benjamina</i> L.	Sureste Asia
	<i>Ficus carica</i> L.	Asia menor
	<i>Ficus elastica</i> Roxb.	Sureste Asia
	<i>Ficus lyrata</i> Warburg.	África occ.
	<i>Ficus microcarpa</i> L.	Sureste Asia
Myrtaceae	<i>Callistemon speciosus</i>	Australia occ.
	<i>Eucalyptus camaldulensis</i> Dehnh.	Australia
	<i>Eucalyptus cinerea</i> F. Muell ex Benth.	Australia
	<i>Eucalyptus globulus</i> Labill	Australia
	<i>Psidium guajava</i> L.	América trop.
Leguminosae	<i>Acacia</i> sp.	Australia
	<i>Bauhinia variegata</i> L.	India
	<i>Cassia tomentosa</i> L.	México
	<i>Erythrina coralloides</i> DC.	México
	<i>Erythrina crista-galli</i> L.	Brasil
Salicaceae	<i>Populus alba</i> L.	Europa, Asia
	<i>Populus deltoides</i> Marsh.	Norteamérica
	<i>Salix babylonica</i> L.	Asia
	<i>Salix bonplandiana</i> HBK	México
Cupressaceae	<i>Cupressus lindleyi</i> Klotzsch.	México
	<i>Cupressus sempervirens</i> L.	Europa, Asia
	<i>Juniperus</i> sp.	México
	<i>Thuja occidentalis</i> L.	Norteamérica
Anacardiaceae	<i>Schinus molle</i> L.	Perú
	<i>Schinus terebinthifolius</i> Raddi.	Chile
Bignoniaceae	<i>Jacaranda mimosifolia</i> D. Don.	Brasil, NW Argentina
	<i>Spathodea campanulata</i> Beauvois	África trop.
Malvaceae	<i>Hibiscus rosa-sinensis</i> L.	China
	<i>Hibiscus syriacus</i> L.	China, India

Continua Cuadro N° 10...

<b>FAMILIA</b>	<b>ESPECIE</b>	<b>ORIGEN</b>
Palmae	<i>Phoenix canariensis</i> Chabaud. <i>Washingtonia robusta</i> Wendl.	Islas Canarias Noroeste de México
Ulmaceae	<i>Celtis occidentalis</i> L. <i>Ulmus parvifolia</i> Jacq.	Norteamérica China, Corea, Japón
Apocynaceae	<i>Nerium oleander</i> L.	Mediterráneo
Araliaceae	<i>Schefflera</i> sp.	China
Araucariaceae	<i>Araucaria</i> sp.	Chile
Betulaceae	<i>Alnus glabrata</i> Fern.	México
Bombacaceae	<i>Ceiba</i> sp.	América trop.
Buxaceae	<i>Buxus sempervirens</i> L.	Europa, Asia
Casuarinaceae	<i>Casuarina equisetifolia</i> L.	Australia
Ericaceae	<i>Rhododendron</i> sp.	Asia, Norteamérica
Euphorbiaceae	<i>Ricinus communis</i> L.	África trop.
Gramineae	<i>Bambusa</i> sp.	Áreas trop.
Hammamelidaceae	<i>Liquidambar styraciflua</i> L.	México, Norteamérica
Lauraceae	<i>Persea americana</i> Mill.	México, América trop.
Liliaceae	<i>Yucca</i> sp.	México
Loganiaceae	<i>Buddleia cordata</i> HBK.	México
Lythraceae	<i>Lagerstroemia indica</i> L.	China
Magnoliaceae	<i>Magnolia grandiflora</i> L.	Sureste de América
Nyctaginaceae	<i>Bougainvillea glabra</i> Choisy in DC.	Brasil
Onagraceae	<i>Fuchsia coccinea</i> Soland.	América del Sur
Pinaceae	<i>Pinus</i> spp.	México y exóticas

Continúa Cuadro N° 10...

FAMILIA	ESPECIE	ORIGEN
Pittosporaceae	<i>Pittosporum tobira</i> Ait.	Japón. China
Platanaceae	<i>Platanus occidentalis</i> L.	México Norteamérica
Punicaceae	<i>Punica granatum</i> L.	Europa, Asia
Rutaceae	<i>Citrus</i> spp.	Asia
Sterculiaceae	<i>Dombeya wallichii</i> Benth. & Hook.	Madagascar
Tamaricaceae	<i>Tamarix</i> sp.	Mediterráneo, Asia
Theaceae	<i>Camellia japonica</i> L.	Asia

Fuente: Krüssmann (1984), Rehder (1990) y Rzedowski (1979).

**Cuadro N° 10.** Especies de árboles y arbustos de acuerdo a la familia botánica a la que pertenecen y su origen geográfico, identificadas en el inventario del arbolado de alineación en la Delegación Política Iztacalco, Distrito Federal, México.

NOMBRE CIENTÍFICO	NOMBRE COMÚN	FORMA BIOLÓGICA	FRECUENCIA	PORCENTAJE
<i>Fraxinus uhdei</i>	fresno	árbol	537	16.83
<i>Ligustrum lucidum</i>	trueno	árbol	438	13.73
<i>Cupressus lindleyi</i>	cedro blanco	árbol	429	13.44
<i>Erythrina coralloides</i>	colorín	árbol	233	7.30
<i>Eucalyptus camaldulensis</i>	eucalipto	árbol	177	5.54
<i>Jacaranda mimosifolia</i>	jacaranda	árbol	173	5.42
* <i>Casuarina equisetifolia</i>	casuarina	árbol	144	4.51
<i>Ficus elastica</i>	hule	árbol	143	4.48
<i>Nerium oleander</i>	rosa laurel	arbusto	93	2.91
<i>Cupressus sempervirens</i>	ciprés	árbol	90	2.82
<i>Yucca</i> sp.	yuca	arbóreo	80	2.50

Continua Cuadro N° 11...

NOMBRE CIENTÍFICO	NOMBRE COMÚN	FORMA BIOLÓGICA	FRECUENCIA	PORCENTAJE
<i>Ulmus parvifolia</i>	olmo chino	árbol	62	1.94
<i>Ficus microcarpa</i>	laurel de la India	árbol	62	1.94
<i>Thuja occidentalis</i>	tuya	arbusto	57	1.78
<i>Schinus terebenthifolius</i>	pirul del Brasil	árbol	43	1.34
<i>Liquidambar styraciflua</i>	liquidambar	árbol	27	0.84
<i>Callistemon speciosus</i>	calistemon	arbusto	27	0.84
<i>Populus alba</i>	álamo plateado	árbol	22	0.69
<i>Pinus spp.</i>	pino, ocote	árbol	21	0.65
<i>Acacia spp.</i>	acacia	árbol	21	0.65
<i>Ficus benjamina</i>	laurel llorón	árbol	21	0.65
<i>Buxus sempervirens</i>	boj, arrayán	arbusto	20	0.62
<i>Salix babylonica</i>	sauce llorón	árbol	19	0.59
<i>Bougainvillea glabra</i>	bungambilia	arbusto	16	0.50
<i>Eriobotrya japonica</i>	níspero	árbol	15	0.47
<i>Citrus spp.</i>	cítrico	árbol	13	0.40
<i>Prunus serotina var. capuli</i>	capulín	árbol	12	0.37
<i>Hibiscus rosa-sinensis</i>	tulipán	arbusto	12	0.37
<i>Cassia tomentosa</i>	retama	arbusto	10	0.31
<i>Phoenix canariensis</i>	palma canaria	arbórea	10	0.31
<i>Schinus molle</i>	pirul	árbol	10	0.31
<i>Persea americana</i>	aguacate	árbol	10	0.31
<i>Hibiscus syriacus</i>	rosa de Siria	arbusto	9	0.28
<i>Populus deltoides</i>	álamo de Canadá	árbol	8	0.25
<i>Ficus carica</i>	higo	árbol	8	0.25
<i>Araucaria sp.</i>	araucaria	árbol	8	0.25
<i>Prunus persica</i>	durazno	árbol	7	0.22
<i>Rhododendron sp.</i>	azalea	arbusto	7	0.22
<i>Pyracantha coccinea</i>	piracanto	arbusto	6	0.18

Continúa Cuadro N° 11...

NOMBRE CIENTÍFICO	NOMBRE COMÚN	FORMA BIOLÓGICA	FRECUENCIA	PORCENTAJE
<i>Salix bonplandiana</i>	ahuejote	árbol	5	0.15
<i>Alnus glabrata</i>	aile	árbol	5	0.15
<i>Eucalyptus globulus</i>	eucalipto	árbol	5	0.15
<i>Juniperus sp.</i>	junipero	árbol	4	0.12
<i>Spathodea campanaluta</i>	tulipán africano	árbol	4	0.12
<i>Washingtonia robusta</i>	palma de abanico	arbóreo	4	0.12
<i>Ceiba pentandra</i>	ceiba	árbol	4	0.12
<i>Dombella wallichii</i>	bella aurora	árbol	3	0.09
<i>Ligustrum japonicum</i>	trueno japonés	árbol	3	0.09
<i>Tamarix sp.</i>	tamarix	árbol	3	0.09
<i>Eucalyptus cinerea</i>	eucalipto dollar	árbol	3	0.09
<i>Camellia japonica</i>	camelia	arbusto	3	0.09
<i>Bauhinia variegata</i>	orquidea	árbol	3	0.09
<i>Celtis sp.</i>	celtis	árbol	2	0.06
<i>Malus sp.</i>	manzano	árbol	2	0.06
<i>Psidium guajava</i>	guayaba	árbol	2	0.06
<i>Schefflera sp.</i>	aralia	árbol	2	0.06
<i>Citharexylum hexangulare</i>	velo de novia	árbol	2	0.06
<i>Magnolia grandiflora</i>	magnolia	árbol	2	0.06
<i>Punica granatum</i>	granada	arbusto	2	0.06
<i>Ricinus communis</i>	recino	arbusto	2	0.06
<i>Buddleia cordata</i>	tepozán	árbol	1	0.03
<i>Platanus occidentalis</i>	sicomoro	árbol	1	0.03
<i>Prunus domestica</i>	ciruelo	árbol	1	0.03
<i>Fuchsia sp.</i>	candil	arbusto	1	0.03
<i>Ficus lyrata</i>	ficus lira	árbol	1	0.03
<i>Erythrina crista-galli</i>	coral	árbol	1	0.03
<i>Pittosporum tobira</i>	clavito	arbusto	1	0.03

**Cuadro N° 11.** Especies de árboles y arbustos registradas en el inventario del arbolado de alineación de la Delegación Política de Iztacalco, Distrito Federal, México.

**Características del Arbolado.**- Las características dasométricas del arbolado de alineación en la delegación son irregulares; con respecto al diámetro normal (DAP) se encontró una variación regular, con un diámetro general promedio de 13.16 cm, mientras que en la altura total se encontró una gran variación debido a las podas, por lo que el promedio general fue de 3.10 m.

Lo anterior se relaciona con las etapas de desarrollo encontradas en el arbolado, ya que la más frecuente registrada correspondió a la madura (70.59 %), de acuerdo a los criterios definidos para este trabajo; en la etapa de brinzales, se registró un 15.58 % de los individuos censados. Una proporción baja correspondió al arbolado en estado senil (0.31 %), y el 3.96 % correspondió para árboles muertos en pie (**Cuadro N° 12**)

CATEGORÍA	ÁRBOLES Y ARBUSTOS	
	NÚMERO	PORCENTAJE
BRINZAL	497	15.58
JOVEN	431	13.52
MADURO	2252	70.59
SENIL	10	0.31

**Cuadro N° 12.** Etapas de desarrollo registradas en el arbolado de alineación muestreada en la Delegación Política de Iztacalco, Distrito Federal, México.

**Condiciones Físicas y Sanitarias.**- Con respecto a las condiciones físicas y sanitarias del arbolado, en el **Cuadro N°13** se presentan los resultados registrados para el follaje. Se aprecia que el 83 % se encontró en buenas condiciones, sólo el 0.03 % estaba en condiciones pésimas. Una relación similar se registró para las condiciones físicas del follaje, presentándose un elevado porcentaje en condiciones buenas (88.31 %). Cabe destacar que las especies en que se encontraron los mayores porcentajes de condiciones regulares y malas fueron *Fraxinus uhdei* y *Erythrina coralloides*.

CATEGORÍA	ESTADO SANITARIO		ESTADO FÍSICO	
	NÚMERO	%	NÚMERO	%
PÉSIMO	1	0.30	0	0.00
MALO	50	1.57	87	2.73
REGULAR	487	15.27	286	8.96
BUENO	2652	83.13	2817	88.31
TOTAL	3190	100.00	3190	100.00

**Cuadro N° 13.** Estado sanitario y físico del follaje en el arbolado de alineación muestreada en la Delegación Política de Iztacalco, Distrito Federal, México.

En el caso del fuste, los resultados encontrados se presentan en el **Cuadro N° 14**. La gran mayoría de los árboles censados se encontró en buenas condiciones, tanto en el aspecto físico (65.71 %), como en el sanitario (96.33 %), aunque este valor es más bajo considerando que el tronco está más expuesto al daño mecánico.

**Tipo de Poda.**- Un factor de mantenimiento que influye considerablemente en longevidad, desarrollo y apariencia del arbolado es la poda. En el **Cuadro N° 15**, se presentan los resultados obtenidos al evaluar el tipo de poda practicado en esta delegación. Se encontró que un alto porcentaje de árboles (64.54 %), no presentan rasgos de esta práctica de mantenimiento. Asimismo, de los árboles en que se encontraron evidencias, un considerable porcentaje (19.09 %), presentó características que los ubicaron como árboles que habían sufrido, lo que se clasificó como poda ordinaria o convencional, la cual desafortunadamente no es más que una simple corta de ramas. Considerando lo anterior, se observa en el mismo **Cuadro N° 15**, que el porcentaje correspondiente es mucho mayor (8.24 %) , que el valor encontrado para la poda adecuada o técnica (0.29 %); siendo mayor incluso, el porcentaje de árboles con una poda topiaria (7.84 %), que como característica importante, es pagada por los vecinos.

CATEGORÍA	ESTADO SANITARIO		ESTADO FÍSICO	
	NÚMERO	%	NÚMERO	%
PÉSIMO	4	0.12	4	0.09
MALO	12	0.38	14	0.44
REGULAR	101	3.17	1077	33.76
BUENO	3073	96.33	2096	65.71
TOTAL	3190	100.00	3190	100.00

**Cuadro N° 14.** Estado sanitario y físico del tronco en el arbolado de alineación muestreada en la Delegación Política de Iztacalco, Distrito Federal, México.

CATEGORÍA	ÁRBOLES Y ARBUSTOS	
	NÚMERO	PORCENTAJE
SEVERA	263	8.24
ORDINARIA	609	19.09
ADECUADA	9	0.29
TOPIARÍA	250	7.84
SIN PODA	2059	64.54
TOTAL	3190	100.00

**Cuadro N° 15.** Tipo de poda en el arbolado de alineación muestreado en la Delegación Política de Iztacalco, Distrito Federal, México.

**Espacio para Plantación.** - La mayoría de los árboles que viven en las banquetas de las ciudades, no tienen el espacio necesario para un adecuado desarrollo de sus raíces. Esta situación se registró en la Delegación Política Iztacalco, ya que casi la mitad del arbolado (49.87 %), se encuentra ubicado en cepas chicas el porcentaje es de 4.73 %. Con respecto a los árboles ubicados en fajas chicas y medianas, los valores fueron 7.81 % y 5.52 % respectivamente; es decir, más del 65 % del arbolado se encuentra en condiciones registradas de desarrollo (**Cuadro N° 16**).

CATEGORÍA	SUBCATEGORÍA	ÁRBOLES Y ARBUSTOS	
		NÚMERO	PORCENTAJE
CEPA	Chica	151	4.73
	Mediana	1591	49.87
	Grande	280	8.78
FAJA	Chica	249	7.81
	Mediana	176	5.52
	Grande	247	7.74
	Extragrande	496	15.55
TOTAL		3190	100.00

**Cuadro N° 16.** Ubicación del arbolado de alineación muestreados en la Delegación Política de Iztacalco, Distrito Federal, México.

**Daños Provocados a Banquetas.** - Los daños provocados a banquetas por el arbolado de alineación, se relacionan estrechamente con el espacio disponible en las banquetas. De esta forma, se encontró que un alto porcentaje de árboles no ha causado daño a las banquetas (73.51 %), mientras que el 12.70 % ha provocado un daño ligero y el 4.07 % daño severo. Desafortunadamente, este alto porcentaje de árboles que no han provocado daño, se relaciona más con el tamaño pequeño del arbolado (13.16 cm de diámetro

TIPO	ÁRBOLES Y ARBUSTOS	
	NÚMERO	PORCENTAJE
Sin daño	2345	73.51
Ligero	405	12.70
Moderado	221	6.92
Semisevero	89	2.80
Severo	130	4.07
TOTAL	3190	100.00

**Cuadro N° 17a.** Daños provocados a banquetas por el arbolado de alineación muestreada en la Delegación Política de Iztacalco, Distrito Federal, México.

NOMBRE CIENTÍFICO	TIPO					
	Sin daño	Ligero	Moderado	S-S	Severo	Total
<i>Eucalyptus coralloides</i>	103	53	35	10	32	233
<i>Casuarina equisetifolia</i>	61	23	27	14	19	144
<i>Jacaranda mimosifolia</i>	60	52	28	14	19	173
<i>Eucalyptus camaldulensis</i>	114	24	13	10	16	177
<i>Ficus elastica</i>	54	37	29	12	11	143
<i>Fraxinus uhdei</i>	382	93	42	11	9	537

**Cuadro N° 17b.** Especies que con mayor frecuencia presentaron daños a las banquetas, guarniciones y construcciones cercanas.

promedio) que a una adecuada selección de especies; en las que se registraron los mayores valores de daño severo, semisevero y moderado fueron *Erythrina coralloides*, *Jacaranda mimosifolia*, *Casuarina equisetifolia*, *Eucalyptus camaldulensis* y *Ficus elastica*, y que son las mismas que presentaron los mayores valores de frecuencia (**Cuadro N° 17b**), es interesante resaltar que una situación similar se encontró para *Fraxinus*, pues fue en la que se registraron los mayores valores de daño ligero.

**Espacios Disponibles.** - Con respecto a la distancia promedio entre los árboles y arbustos plantados, se encontró que ésta fue de 5.4 m, es decir, es la distancia que hay entre un árbol y otro. Asimismo, se encontraron marcadas diferencias entre las colonias y unidades habitacionales, en estas últimas se cuenta con banquetas amplias para la plantación de árboles y arbustos, empero no presentan una alta densidad del arbolado.

En esta Delegación se registraron 1,285 espacios disponibles, que al compararse con el número de árboles plantados, se podría considerar un incremento potencial del 40% del arbolado de alineación actual.

## **Delegación Política de Iztapalapa**

En el **Cuadro N° 18**, se presenta la relación de las colonias de la Delegación Política Iztapalapa que fueron muestreadas. Las colonias con una mayor densidad de arbolado fueron Constitución de 1917, Cacama, Minerva, El Sifón y Ejidal Iztapalapa, pues se muestrearon 300 árboles en una distancia menor a 1.5 Km. Entre las de menor densidad, se encuentran Mixcoatl, El Vergel, San Simón Culhuacán, Unidad Ermita Zaragoza y Unidad Ejercito de Oriente (Peñón), pues no obstante que se recorrió la distancia fijada previamente de 3 Km, no se alcanzó el número de 300 árboles y en algunos casos no se llegó a 100 individuos. La distancia total de recorrido durante el inventario fue de 47.280 Km.

**Composición de Especies.** - En el **Cuadro N° 19**, se presentan la relación de especies registradas durante el inventario, así como la familia botánica a la que pertenecen. Las familias mejor representadas fueron Rosaceae con 10 especies, Myrtaceae, Moraceae y Leguminosae con 6 especies. Sin embargo, estas especies no fueron en la mayoría de los casos las más frecuentes.

La presencia de especies exóticas dentro de la flora de alineación de la Delegación Política Iztapalapa es abundante, ya que representan el 78.75 % del total de las especies, mientras que el 21.25 % restante lo constituyen especies nativas del país, ya sea del Valle de México o de otras regiones.

<b>COLONIA</b>	<b>Número de árboles y arbustos</b>	<b>Distancia recorrida (Km)</b>
Constitución de 1917	300	1.080
Cacama	300	1.260
Minerva	300	1.370
El Sifón	300	1.460
Ejidal Iztapalapa	300	1.500
Paraje Zacatepec	300	1.610
Jardines de Churubusco	300	1.620
Jacarandas	300	1.680
Sta. Cruz Meyehualco	300	1.770
Justo Sierra	300	1.830
El Rosario	300	1.830
Lomas de San Lorenzo	300	2.000
Presidentes de México	300	2.150
Citlalli	300	2.370
Juan Escutia	300	2.750
San Juan Xalpa	237	3.000
Lomas de Zaragoza	194	3.000
Mixcoatl	170	3.000
El Vergel	160	3.000
San Simón Culhuacán	97	3.000
Unid. Ermita Zaragoza	61	3.000
Unid. Ejercito de Oriente (Peñón)	17	3.000
<b>T O T A L</b>	<b>5436</b>	<b>47.280</b>

**Cuadro N° 18.** Colonias muestreadas en la Delegación Iztapalapa, cantidad de árboles y arbustos, así como la distancia recorrida en cada una de ellas.

En el Cuadro N° 20, se presenta la relación de especies de acuerdo a la frecuencia con que fueron registradas durante el invierno. Se censaron un total de 5,436 árboles y arbustos, pertenecientes a 81 especies; de las cuales 57 fueron formas arbóreas y 24 arbustivas.

Se observa que las especies más frecuentes fueron *Ligustrum lucidum* (9.95 %), *Cupressus lindleyi* (9.47 %), *Fraxinus uhdei* (8.74 %), *Jacaranda mimosifolia* (8.43 %), *Erythrina coralloides* (7.27), *Ficus microcarpa* (5.81 %), *Eucalyptus camaldulensis* (5.19 %) y *Cupressus sempervirens* (4.05 %). Por otra parte, se encontraron numerosas especies medianamente representadas, entre las que destacan *Nerium oleander* (3.59 %), *Casuarina equisetifolia* (3.55 %), *Ficus elastica* (2.78 %) y *Yucca* spp. (2.45 %). Es interesante resaltar que se registró una frecuencia media de *Ligustrum lucidum* en forma arbustiva. Por otra parte, se encontró un elevado número de especies escasamente representadas y su frecuencia es poco significativa dentro del arbolado urbano de la Delegación.

Las 8 especies más frecuentes, conforman el 58.6 % del total del arbolado de alineación, mientras que las restantes 73 especies conforman el 41.4 % ; sólo ocho especies conforman más de la mitad del arbolado de alineación de esta Delegación.

FAMILIA	ESPECIE	ORIGEN
Rosaceae	<i>Crataegus mexicana</i>	México
	<i>Eriobotrya japonica</i> (Thunb.) Lindl.	China, Japón
	<i>Malus</i> sp.	Europa, Asia
	<i>Prunus armeniaca</i>	
	<i>Prunus domestica</i> L.	Europa, Asia
	<i>Prunus persica</i> (L) Batsch.	China
	<i>Prunus serotina</i> ssp. <i>capuli</i> (Cav.) Mc Vaugh	México
	<i>Pyracantha coccinea</i> Roem	Europa, Asia
	<i>Pyrus communis</i>	
	<i>Rosa</i> sp.	
Leguminosae	<i>Acacia</i> spp.	Australia
	<i>Acacia schaffneri</i>	México
	<i>Cassia tomentosa</i> L.	México
	<i>Leucaena</i>	
	<i>Pithecellobium dulce</i>	
	<i>Erythrina coralloides</i> DC.	México

Continua Cuadro N° 19...

FAMILIA	ESPECIE	ORIGEN
Moraceae	<i>Ficus benjamina</i> L.	Sureste de Asia
	<i>Ficus carica</i> L.	Asia menor
	<i>Ficus elastica</i> Roxb.	Sureste de Asia
	<i>Ficus lyrata</i> Warburg.	Africa occ.
	<i>Ficus microcarpa</i> L.	Sureste de Asia
	<i>Morus nigra</i>	
Myrtaceae	<i>Callistemon speciosus</i> (Sims) DC.	Australia occ.
	<i>Eucalyptus camaldulensis</i> Dehnh.	Australia
	<i>Eucalyptus cinerea</i> F. Muell ex Benth.	Australia
	<i>Eucalyptus globulus</i> Labill.	Australia
	<i>Psidium guajava</i> L.	América trop.
Cupressaceae	<i>Cupressus lindleyi</i> Klotzsch.	México
	<i>Cupressus sempervirens</i> L.	Europa, Asia
	<i>Juniperus</i> sp.	México
	<i>Thuja occidentalis</i> L.	Norteamérica
Salicaceae	<i>Populus alba</i> L.	Europa, Asia
	<i>Populus deltoides</i> Marsh.	Norteamérica
	<i>Salix babylonica</i> L.	Asia
	<i>Salix bonplandiana</i> HBK.	México
Anacardiaceae	<i>Schinus molle</i> L.	Perú
	<i>Schinus terebinthifolius</i> Raddi.	Chile
Olaceae	<i>Fraxinus uhdei</i> (Wenzig) Lingelsh.	México.
	<i>Ligustrum japonicum</i> Thunb.	Japón, Corea
	<i>Ligustrum lucidum</i> Ait.	China, Corea, Japón
Bignoniaceae	<i>Jacaranda mimosifolia</i> D. Don.	Brasil, NW Argentina
	<i>Spathodea campanulata</i> Beauvois.	Africa trop.
Euphorbiaceae	<i>Ricinus communis</i> L.	Africa trop.
Malvaceae	<i>Hibiscus rosa-sinensis</i> L.	China
	<i>Hibiscus syriacus</i> L.	China, India

Continua Cuadro N° 19...

FAMILIA	ESPECIE	ORIGEN
Palmae	<i>Phoenix canariensis</i> Chabaud.	Islas Canarias
	<i>Washingtonia robusta</i> Wendl.	Noroeste de México
Ulmaceae	<i>Celtis occidentalis</i> L.	Norteamérica
	<i>Ulmus parvifolia</i> Jacq.	China, Corea, Japón
Apocynaceae	<i>Nerium oleander</i> L.	Mediterraneo
Araliaceae	<i>Schefflera</i> sp.	China
Aracauliaceae	<i>Araucaria</i> sp.	Chile
Betulaceae	<i>Alnus glabrata</i> Fern.	México
Bombacaceae	<i>Ceiba</i> sp.	América trop.
Buxaceae	<i>Buxus sempervirens</i> L.	Europa, Asia
Casuarinaceae	<i>Casuarina equisetifolia</i> L.	Australia
Ericaceae	<i>Rhododendron</i> sp.	Asia, Norteamérica
Euphorbiaceae	<i>Ricinus communis</i> L.	Africa trop.
Gramineae	<i>Bambusa</i> sp.	Áreas trop.
Hammamelidaceae	<i>Liquidambar styraciflua</i> L.	México, Norteamérica
Lauraceae	<i>Persea americana</i> Mill.	México, América trop.
Liliaceae	<i>Yucca</i> sp.	México
Loganiaceae	<i>Buddleia cordata</i> H.B.K.	México
Lythraceae	<i>Lagerstroemia indica</i> L.	China
Magnoliaceae	<i>Magnolia grandiflora</i> L.	Sureste de Norteamérica
Nyctaginaceae	<i>Bougainvillea glabra</i> Choisy in DC.	Brasil
Onagraceae	<i>Fuchsia coccinea</i> Soland.	América del Sur
Pinaceae	<i>Pinus</i> spp.	México y exóticas

Continua Cuadro N° 19...

FAMILIA	ESPECIE	ORIGEN
Pittosporaceae	<i>Pittosporum tobira</i> Ait.	Japón, China
Platanaceae	<i>Platanus occidentalis</i> L.	México, Norteamérica
Punicaceae	<i>Punica granatum</i> L.	Europa, Asia
Rutaceae	<i>Citrus</i> spp.	Asia
Sterculiaceae	<i>Dombeya wallichii</i> Benth. & Hook.	Madagascar
Tamaricaceae	<i>Tamarix</i> sp.	Mediterraneo, Asia
Taxodiaceae	<i>Taxodium mucronatum</i> Ten.	México
Theaceae	<i>Camellia japonica</i> L.	Asia

**Cuadro N° 19.** Especies de árboles y arbustos de acuerdo a la familia botánica a la que pertenecen y su origen geográfico, evaluadas en el inventario del arbolado de alineación de la Delegación Política de Iztapalapa, Distrito Federal, México.

Las especies de arbustos mejor representadas fueron *Ligustrum lucidum* (3.92%), *Nerium oleander* (3.59%), *Bougainvillea glabra* (1.49%) y *Callistemon speciosus* (1.38%).

Los árboles frutales también forman parte del arbolado de alineación, no obstante que no se encontraron porcentajes importantes, sí se registró una gran cantidad de especies, entre las que destacan *Citrus* spp. (0.85%) *Ficus carica* (0.82%).

**Características del arbolados.**- El 77.17% de los arbolados muestreados en el área de estudio se identificaron en etapa de desarrollo madura inicial, ya que los datos dasométricos registrados muestran que el diámetro promedio fue de 11.5 cm y la altura de 3.9 m. Sin embargo, este último parámetro no es tan confiable, ya que resulta seriamente afectado por las podas que se realizan y no se considera un indicador confiable. Sigue en importancia la etapa juvenil, con el 11.85% de los individuos; mientras que la etapa con un menor porcentaje fue senil, que alcanzó únicamente un 0.29%. En el área muestreada se registró un 2.45% de los árboles en la clasificación de muertos en pie, los cuales son un serio peligro para los transeuntes o los vehículos.

NOMBRE CIENTÍFICO	NOMBRE COMÚN	FORMA BIOLÓGICA	FRECUENCIA	PORCENTAJE
<i>Ligustrum lucidum</i>	trueno	árbol	541	9.95
<i>Cupressus lindleyi</i>	cedro blanco	árbol	515	9.47
<i>Fraxinus uhdei</i>	fresno	árbol	475	8.74
<i>Jacaranda mimosifolia</i>	jacaranda	árbol	460	8.43
<i>Erythrina coralloides</i>	colorín	árbol	395	7.27
<i>Ficus microcarpa</i>	laurel de la India	árbol	316	5.81
<i>Eucalyptus camaldulensis</i>	eucalipto	árbol	282	5.19
<i>Cupressus sempervirens</i>	ciprés	árbol	220	4.05
<i>Ligustrum lucidum</i>	trueno	arbusto	213	3.92
<i>Nerium oleander</i>	rosa laurel	arbusto	195	3.59
<i>Casuarina equisetifolia</i>	casuarina	árbol	193	3.55
<i>Ficus elastica</i>	hule	árbol	151	2.78
<i>Yucca</i> sp.	yuca	arbóreo	133	2.45
<i>Schinus terebinthifolius</i>	pirul del Brasil	árbol	102	1.88
<i>Bougainvillea glabra</i>	bugambilia	arbusto	81	1.49
<i>Callistemon speciosus</i>	escobillón	arbusto	75	1.38
<i>Eucalyptus globulus</i>	alcanfor	árbol	74	1.36
<i>Buxus sempervirens</i>	arrayán	arbusto	74	1.36
<i>Thuja occidentalis</i>	tuya	arbusto	73	1.34
<i>Cassia tomentosa</i>	casia	arbusto	67	1.23
<i>Ulmus parvifolia</i>	olmo Chino	árbol	57	1.05
<i>Ficus benjamina</i>	laurel llorón	árbol	53	0.97
<i>Pinus spp</i>	pino, ocote	árbol	47	0.86
<i>Pyracantha coccinea</i>	piracanto	arbusto	47	0.86
<i>Hibiscus rosa-sinensis</i>	tulipán	arbusto	40	0.74
<i>Citrus spp.</i>	cítrico	árbol	35	0.64

Continua Cuadro N° 20...

NOMBRE CIENTÍFICO	NOMBRE COMÚN	FORMA BIOLÓGICA	FRECUENCIA	PORCENTAJE
<i>Ficus carica</i>	higo	arbusto	34	0.63
<i>Acacia</i> spp.	acacia	árbol	33	0.61
<i>Prunus persica</i>	durazno	árbol	31	0.57
<i>Salix babylonica</i>	sauce llorón	árbol	27	0.50
<i>Populus alba</i>	álamo plateado de la India	árbol	27	0.50
<i>Eucalyptus cinerea</i>	eucalipto dollar	árbol	22	0.40
<i>Araucaria</i> spp.	araucaria	árbol	22	0.40
<i>Prunus serotina</i> var. <i>capulli</i>	capulín	árbol	19	0.35
<i>Schinus molle</i>	pirul	árbol	18	0.33
<i>Persea americana</i>	aguacate	árbol	17	0.31
<i>Citharexylum hexangulare</i>	velo de novia	arbusto	17	0.31
<i>Alnus glabrata</i>	aile	árbol	16	0.29
<i>Liquidambar styraciflua</i>	liquidambar	árbol	15	0.28
<i>Rhododendron</i> sp.	azalea	arbusto	15	0.28
<i>Populus deltoides</i>	álamo de Canadá	árbol	14	0.26
<i>Platanus occidentalis</i>	sicomoro	árbol	13	0.24
<i>Rosa</i> sp.	rosa	arbusto	13	0.24
<i>Euonymus japonica</i>	evónimo	arbusto	12	0.22
<i>Eriobotrya japonica</i>	nispero	árbol	11	0.20
<i>Phoenix canariensis</i>	palma canaria	arbóreo	10	0.18
<i>Dombella wallichii</i>	bella aurora	árbol	9	0.17
<i>Morus nigra</i>	mora	árbol	9	0.17
<i>Salix bonplandiana</i>	ahuejote	árbol	9	0.17
<i>Hibiscus syriacus</i>	rosa de Siria	arbusto	8	0.15
<i>Punica granatum</i>	granada	arbusto	8	0.15
<i>Prunus armeniaca</i>	chabacano	árbol	7	0.13
<i>Juniperus</i> sp.	junipero	árbol	7	0.13
<i>Celtis</i> sp.	celtis	árbol	6	0.11
<i>Spathodea campanulata</i>	tulipán africano	árbol	6	0.11

Continúa Cuadro N° 20...

NOMBRE CIENTÍFICO	NOMBRE COMÚN	FORMA BIOLÓGICA	FRECUENCIA	PORCENTAJE
<i>Washingtonia robusta</i>	palma abánico	arborea	6	0.11
<i>Crataegus mexicana</i>	tejocote	árbol	5	0.09
<i>Psidium guajava</i>	guayaba	árbol	5	0.09
<i>Leucaena esculenta</i>	huaje	árbol	5	0.09
<i>Prunus domestica</i>	ciruelo	árbol	4	0.05
<i>Ricinus communis</i>	recino	arbusto	3	0.05
<i>Buddleia cordata</i>	tepozán	árbol	3	0.05
<i>Bambusa sp.</i>	bambú	arbusto	3	0.05
<i>Pittosporum tobira</i>	clavo	arbusto	3	0.05
<i>Pyrus communis</i>	pera	árbol	3	0.05
<i>Malus sp.</i>	manzano	árbol	2	0.04
<i>Ligustrum japonicum</i>	trueno japonés	árbol	2	0.04
<i>Magnolia grandiflora</i>	magnolia	árbol	2	0.04
<i>Lagerstroemia indica</i>	astronómica	arbusto	2	0.04
<i>Euphorbia pulcherrima</i>	noche buena	arbusto	2	0.04
<i>Acacia schaffneri</i>	acacia	arbusto	2	0.04
<i>Tamarix sp.</i>	tamariz	árbol	2	0.04
<i>Musa ensete</i>	plátano	arbóreo	2	0.04
<i>Ficus lyrata</i>	ficus lira	árbol	2	0.04
<i>Pithecellobium dulce</i>	guamuchil	árbol	2	0.04
<i>Grevillea robusta</i>	grevilea	árbol	2	0.04
<i>Quercus sp.</i>	encino	árbol	1	0.02
<i>Chamaecyparis lawsoniana</i>	ciprés	árbol	1	0.02
<i>Gardenia jasminoides</i>	gardenia	arbusto	1	0.02
<i>Mangifera indica</i>	mango	árbol	1	0.02
<i>Taxodium mucronatum</i>	ahuehuete	árbol	1	0.02
<i>Myrtus sp.</i>	mirto	arbusto	1	0.02

**Cuadro N° 20.** Frecuencia de las especies de árboles y arbustos registradas durante el inventario del arbolado de alineación en la Delegación Política de Iztapalapa, Distrito Federal, México.

**Condiciones Físicas y Sanitarias.**- En el Cuadro N° 21 se observan los resultados registrados al evaluar el estado físico y sanitario del follaje del arbolado de alineación. Se encontró que un gran porcentaje presentó valores considerados en la categoría de bueno, tanto en el aspecto sanitario como físico (85.8 % y 96.9 % respectivamente); mientras que los valores encontrados para las categorías malo y pésimo fueron muy bajos. Con respecto al estado del tronco o fuste (Cuadro N° 22), se encontró una respuesta similar, pues en el aspecto sanitario, el valor encontrado en la categoría de bueno fue de 96 % y en el aspecto físico de 83.9 % ; mientras que en las categorías de malo y pésimo nuevamente se registraron porcentajes bajos.

CATEGORÍA	ESTADO SANITARIO		ESTADO FÍSICO	
	NÚMERO	%	NÚMERO	%
PÉSIMO	0	0.00	3	0.05
MALO	10	0.19	40	0.74
REGULAR	758	13.94	121	2.73
BUENO	4668	85.87	5272	96.98
T O T A L	5436	100.00	5436	100.00

**Cuadro N° 21.** Estado sanitario y físico del follaje en el arbolado de alineación muestreada en la Delegación Política de Iztapalapa, Distrito Federal, México.

CATEGORÍA	ESTADO SANITARIO		ESTADO FÍSICO	
	NÚMERO	%	NÚMERO	%
PÉSIMO	4	0.07	0	0.00
MALO	39	0.72	29	0.53
REGULAR	171	3.15	841	15.48
BUENO	5222	96.06	4566	83.99
T O T A L	5436	100.00	5436	100.00

**Cuadro N° 22.** Estado sanitario y físico del tronco en el arbolado de alineación muestreada en la Delegación Política de Iztapalapa, Distrito Federal, México.

**Tipo de Poda.** - Los resultados encontrados al evaluar las prácticas de poda en esta Delegación (**Cuadro N° 23**), muestran que un alto porcentaje del arbolado (68.75 %), no presentó evidencias de que se hubiera realizado este tipo de mantenimiento; mientras que el 14.31 % presentó una poda clasificada como ordinaria, la cual, desafortunadamente no implica que sea de tipo técnico, sino que es la que cotidianamente utilizan los contratistas para liberar las líneas de energía eléctrica o de teléfonos. Asimismo, se encontró un valor importante en cuanto a los árboles que presentaron una poda severa (10.45 %), producidas en muchas de las ocasiones por los propios vecinos para disminuir el sombreado de la copa. Un valor interesante es el registrado con respecto a los árboles que presentaron poda de tipo topiaria (6.45 %), ya que ésta también es realizada por los vecinos, que pagan a los jardineros para su realización.

CATEGORÍA	ÁRBOLES Y ARBUSTOS	
	NÚMERO	PORCENTAJE
SEVERA	568	10.45
ORDINARIA	778	14.31
ADECUADA	12	0.22
TOPIARIA	351	6.45
SIN PODA	3727	68.57
TOTAL	5436	100.00

**Cuadro N° 23.** Tipo de poda en el arbolado de alineación muestreado en la Delegación Política de Iztapalapa, Distrito Federal, México.

**Espacio para Plantación.** - En el **Cuadro N° 24** se muestran los valores encontrados con respecto a la ubicación de los árboles y arbustos en las banquetas de la Delegación. Se observa que el tipo más frecuente es el de cepa mediana (51.18 %), siguiendo en importancia la cepa chica 816.34 % y cepa grande (13.54 %). El número de árboles o arbustos plantados en fajas es relativamente pequeño, siendo el valor más alto el relacionado con la faja chica (9.12 %).

CATEGORÍA	SUBCATEGORÍA	ÁRBOLES Y ARBUSTOS	
		NÚMERO	PORCENTAJE
CEPA	Chica	888	16.34
	Mediana	2782	51.18
	Grande	736	13.54
FAJA	Chica	496	9.12
	Mediana	278	5.11
	Grande	85	1.56
	Extragrande	171	3.15
TOTAL		5436	100.00

**Cuadro N° 24.** Ubicación del arbolado de alineación muestreados en la Delegación Política de Iztapalapa, Distrito Federal, México.

**Daños Provocados a Banquetas.**- Los porcentajes de árboles que provocaron algún tipo de daño a banquetas se muestran en el Cuadro N° 25a, en el que se observa que el mayor valor se encontró en el considerado como ligero (13.02 %), siguiendo en importancia el moderado (5.89 %) y el severo (3.0 %); mientras que los árboles que no han producido un daño, presentaron el valor más alto (76.23 %). Las especies que provocaron los mayores daños se muestran en el mismo Cuadro N° 25b y se observa que *Erythrina coralloides*, *Casuarina equisetifolia* y *Jacaranda mimosaeifolia*, presentaron valores muy similares en cuanto al número de árboles en provocar un daño severo a moderado, difiriendo solamente en el número de árboles que provocaron un daño ligero.

TIPO	ÁRBOLES Y ARBUSTOS	
	NÚMERO	PORCENTAJE
Sin daño	4144	76.23
Ligero	708	13.02
Moderado	320	5.89
Semisevero	101	1.86
Severo	163	3.00
TOTAL	5436	100.00

**Cuadro N° 25a.** Daños provocados a banquetas por el arbolado de alineación muestreada en la Delegación Política de Iztapalapa, Distrito Federal, México.

NOMBRE CIENTÍFICO	DAÑO TIPO					Total
	Sin daño	Ligero	Moderado	S-S	Severo	
<i>Eucalyptus camaldulensis</i>	138	58	33	16	37	282
<i>Casuarina equisetifolia</i>	77	31	36	15	34	193
<i>Erythrina coralloides</i>	178	115	53	16	33	395
<i>Jacaranda mimosifolia</i>	219	120	70	20	31	460
<i>Fraxinus uhdei</i>	330	95	39	6	5	475

**Cuadro N° 25b.** Especies que con mayor frecuencia presentaron daños a las banquetas, guarniciones y construcciones cercanas en la Delegación Política de Iztapalapa, Distrito Federal, México.

**Espacios Disponibles.**- En la Delegación Política Iztapalapa, se detectaron 3,174 espacios disponibles para plantaciones (**Cuadro N° 26**), los cuales se registraron en forma mayoritaria en las colonias Unidad Ejercito de Oriente, Unidad Ermita Zaragoza, Lomas de Zaragoza, El Rosario, Ejidal Iztapalapa y Citlalli.

C O L O N I A	E S P A C I O S   D I S P O N I B L E S
Unidad Ejercito de Oriente	394
Unidad Ermita Iztapalapa	296
Lomas de Zaragoza	252
El Rosario	217
Ejidal Iztapalapa	205
Citlalli	205
Presidentes de México	184
Paraje Zacatepec	173
Juan Escutia	170
El Vergel	165
Mixcoatl	164
Jacarandas	140
Lomas de San Lorenzo	126
San Juan Xalpa	118
Santa Cruz Meyehualco	105
San Simón Culhuacán	80
Minerva	46
Cacama	45
Constitución de 1917	40
Jardines de Churubusco	27
El Sifón	13
Justo Sierra	9
T O T A L	3174

**Cuadro N° 26.** Espacios disponibles para plantación en las colonias muestreadas en la Delegación Política de Iztapalapa, Distrito Federal, México.

## DISCUSIÓN

Los resultados del inventario realizado en ambas delegaciones, indican una gran riqueza de árboles y arbustos de alineación, en especial en Iztacalco que posee una superficie reducida que representa únicamente el 15 % del territorio del Distrito Federal.

Con respecto a otras ciudades del mundo, tanto Iztacalco como Iztapalapa presentan un número similar al reportado por Talarchek (1987)<sup>14</sup>, para la ciudad de Nueva Orleans en los Estados Unidos de América (EUA), para la cual identificó 93 especies, de las cuales 5 fueron dominantes; mientras que Jim (1986)<sup>15</sup>, reportó 55 especies para la ciudad de Hong Kong, y Wray y Mize (1985)<sup>16</sup>, registraron en varias ciudades del estado de Iowa en EUA, 42 especies.

En comparación con otras ciudades de México, el trabajo reportado por Gutiérrez (1989)<sup>17</sup> menciona la presencia de 35 especies para la ciudad de Oaxaca, siendo las más frecuentes *Jacaranda acutifolia*, *Delonix regia* y *Spathodea campanulata*.

Al comparar los resultados obtenidos en ambas Delegaciones, hay una diferencia notoria a pesar de ser territorios contiguos, ya que en Iztacalco se detectaron 68 especies, de las cuales 8 son más frecuentes al conformar el 71.25 % del arbolado de alineación; mientras que en Iztapalapa, se encontraron 81 especies, de las que las 8 más frecuentes conforman el 58.6 % del arbolado. Con respecto a la variabilidad de especies, puede considerarse que cuando ésta es mayor, el manejo de las mismas es más complejo.

Por otra parte, en ambas Delegaciones se considera que hay una sobre representación de algunas de las especies, mientras que la presencia de otras es de casual a mínima, debido al interés de los vecinos por plantar especies conocidas por ellos, como puede ser el caso de *Pithecellobium dulce*, *Leucaena* sp. y *Acacia schffneri*, o bien, situar una planta del jardín interior que estorbaba, como *Bambusa* sp., *Ficus lyrata*, *Mangifera indica* ó *Spathodea campanulata*, lo que refleja su interés en participar en las actividades de dasonomía urbana.

Tanto en Iztacalco como en Iztapalapa, los porcentajes de especies arbustivas fueron muy inferiores a los de las arbóreas. En el caso de Iztapalapa, los valores más altos correspondieron a *Ligustrum lucidum* con 3.92 % y *Nerium oleander* con 3.59 %, lo que

<sup>14</sup> Talarchek, M. G. 1987. Indicators of urban forest condition in New Orleans. pp. 217-224.

<sup>15</sup> Jim, C. Y. 1986. Street trees in high density urban Hong Kong. pp. 257-263.

<sup>16</sup> Wray, H. P. y W. C. Mize. 1985. Species adapted for street tree environments in Iowa. pp. 249-252.

<sup>17</sup> Gutiérrez R., L. 1989. Los árboles de las calles de Oaxaca, Oax., México. Un inventario para su manejo.

puede significar la falta de conocimiento sobre la utilidad de estas especies, ya que se encontró un número considerable de cepas y fajas, tanto chicas como medianas (80 %), que bien podrían ser empleadas para estas especies, que no ocasionarían daño a las banquetas en el futuro.

Con respecto a las especies de frutales encontradas en el arbolado de alineación, en Iztacalco se detectaron 9 especies y en Iztapalapa 15, algunas de ellas muy difíciles de encontrar en otros sitios de la ciudad. Los frutales, no obstante que son una pequeña porción de la población, aumentan la riqueza de especies, proporcionan alimento a la fauna silvestre, presentan características de porte pequeño en la mayoría de los casos, tienen alto valor estético y sus frutos pueden ser aprovechados por los ciudadanos, lo que las hace muy útiles como arbolado de alineación.

Sobre la etapa de desarrollo, en ambos casos se encontraron mayores porcentajes de individuos maduros, pero en una fase inicial por los diámetros promedio pequeños observados. El número de individuos en las etapas juvenil y brinzal, disminuye drásticamente, lo que puede ser un indicador de que los ejemplares que sobreviven después de la plantación no es muy elevado. Lo anterior puede estar relacionado a varios factores, como la calidad deficiente de la planta, técnicas de plantación no adecuadas, falta de recuperación al estrés, mantenimiento deficiente o vandalismo. Los datos registrados de espacios disponibles para plantación en ambas Delegaciones son elevados, lo cual es coincidente con el planteamiento anterior.

Ambas Delegaciones registraron un mínimo muy reducido de árboles seniles o muertos en pie, lo que puede significar que ha habido el cuidado de eliminar este tipo de arbolado. Además, esta cifra conduce al programa de manejo hacia los árboles en etapa madura inicial, para lograr su óptimo desarrollo. Al evaluar el desarrollo de este tipo de arbolado y determinar las especies que muestren una mejor respuesta a las condiciones ambientales, se podría desarrollar un programa de reforestación con las especies adecuadas, en los lugares disponibles afines a las características de las especies para garantizar su sobrevivencia. Las características sanitarias del arbolado en general son satisfactorias en las áreas estudiadas. En Iztacalco, se detectó un 65 % de árboles con el estado físico del fuste regular, lo que indica la necesidad de mantenimiento con podas de dirección, podas de ramas muertas o la cura de heridas abiertas.

Por otra parte, ambos sitios de estudio se ubican en una zona de bajos índices de contaminación atmosférica, por lo que no se aprecia decaimiento u otros síntomas debidos a este factor.

El único problema importante de plagas o enfermedades en el arbolado urbano de la ciudad de México, ha sido el ataque de *Trepidosteptes chapingoensis* en fresno, el cual

no llega a matar al arbolado en forma inmediata, sino que más bien lo debilita al provocar una nueva foliación.

La falta de poda se hizo evidente en ambos casos, ya que en Iztacalco se detectó un 65 % del arbolado sin esta práctica y en Iztapalapa ascendió al 68.7 % ; no obstante que los árboles urbanos normalmente requieren este tratamiento, ya sea para equilibrio, conformación o regeneración, para mejorar su aspecto o para evitar molestias y daños a los transeúntes, vehículos e inmuebles. También debe mencionarse que un alto número de árboles presentaron podas de tipo ordinario, que son practicadas para liberar las líneas de energía eléctrica y de teléfonos sin procedimientos técnicos, provocando un problema permanente, al estimular la brotación de más ramas y desequilibrios en la copa de los árboles. A este aspecto, deberá darse mayor atención, por el derroche de recursos y la pérdida del valor estético que se ocasiona; así como a la propensión al ataque de plagas y enfermedades.

En relación a los daños provocados a las banquetas por el arbolado de alineación, debe destacarse que no obstante en Iztacalco e Iztapalapa no se registraron cifras elevadas al respecto, es muy probable que este problema se incremente en el futuro, pues las especies que presentaron mayores valores de daño severo a moderado, son las más frecuentes de ambas Delegaciones. Benavides (1990a<sup>18</sup>, 1990b<sup>19</sup>, 1990c<sup>20</sup>, 1990d<sup>21</sup>) reportó a estas especies como las que mayor daño provocan, en especial *Erythrina coralloides* y *Jacaranda mimosifolia*.

También puede notarse que el diámetro normal promedio en ambos casos es aun pequeño y que al incrementarse, aquellos árboles en cepas y fajas pequeñas y medianas representan un problema para el futuro.

Con respecto a los espacios disponibles para plantación, Iztacalco sumo un 40 % del total del arbolado y en Iztapalapa esta cifra llegó a 60 % , por lo que es importante que la información recabada en el inventario, apoye los trabajos de reforestación urbana en el futuro.

---

<sup>18</sup> Benavides M., H. 1990a. Tendencias en el tipo de poda practicada a los árboles urbanos de la ciudad de México. pp. 49.

<sup>19</sup> Benavides M., H. 1990b. Relación entre el tamaño de las cepas y los daños provocados a banquetas por árboles urbanos: I.- Cepas pequeñas. pp. 46.

<sup>20</sup> Benavides M., H. 1990c. Relación entre el tamaño de las cepas y los daños provocados a banquetas por árboles urbanos: II.- Cepas medianas. pp. 47.

<sup>21</sup> Benavides M., H. 1990d. Relación entre el tamaño de las cepas y los daños provocados a banquetas por árboles urbanos: III.- Cepas grandes. pp. 48.

## CONCLUSIONES

- El arbolado de alineación en la Delegación Política de Iztacalco está conformado en su gran mayoría por especies introducidas. El 70 % de la población está integrada por 8 especies de árboles. La frecuencia de las especies arbustivas es muy baja, en comparación con el tamaño de los sitios de plantación. El arbolado de alineación, está conformado por una población mayoritariamente madura, aunque ésta se encuentra en una fase inicial. Las condiciones sanitarias del arbolado son satisfactorias, mientras que las físicas se consideran aceptables. En esta Delegación predominan las cepas y fajas pequeñas y medianas, un bajo porcentaje del arbolado ha causado daño a las banquetas, sin embargo este problema podría incrementarse. Existe una posibilidad de incremento del arbolado de alineación de hasta 40 % más que el total actual.
- El arbolado de alineación de la Delegación Política de Iztapalapa está conformado por 81 especies, de las cuales 57 son árboles y 24 arbustos. Las especies arbustivas han sido subutilizadas, considerando la alta disponibilidad de sitios de plantación con espacio limitado para el desarrollo de los árboles. El arbolado se encuentra en una etapa de desarrollo madura inicial, con un diámetro promedio bajo. El estado sanitario y físico del fuste y del follaje es bueno en general y un porcentaje elevado del arbolado no presenta poda, mientras que los que sí la manifiestan, en su mayoría es de tipo ordinaria no tecnificada. El daño provocado a las banquetas es bajo, sin embargo, al igual que en Iztacalco, el problema se acrecentará en el futuro. Se presenta un número considerable de espacios disponibles para plantaciones, por lo que el arbolado de alineación en Iztapalapa podría incrementarse en un 60 % del total actual.

## BIBLIOGRAFÍA

- Benavides M., H. M. 1989. Dasonomía Urbana: la importancia de su investigación y correcto manejo. *En: Memorias del Congreso Forestal Mexicano 1989. Tomo II.* México. pp. 966-992.
- \_\_\_\_\_. 1990a. Tendencias en el tipo de poda practicada a los árboles urbanos de la Ciudad de México. *En: Memoria de la II Reunión Científica Forestal y Agropecuaria del CIFAP-D.F. INIFAP, SARH.* México. pp 49.

- \_\_\_\_\_. 1990b. Relación entre el tamaño de las cepas y los daños provocados a banquetas por árboles urbanos: I.- Cepas pequeñas. *En: Memoria de la Segunda Reunión Científica Forestal y Agropecuaria del CIFAP-D.F.* INIFAP, México. pp 46.
- \_\_\_\_\_. 1990c. Relación entre el tamaño de las cepas y los daños provocados a banquetas por árboles urbanos: II.- Cepas medianas. *En: Memoria de la Segunda Reunión Científica Forestal y Agropecuaria del CIFAP-D.F.* INIFAP, SARH. México. pp 47.
- \_\_\_\_\_. 1990d. Relación entre el tamaño de las cepas y los daños provocados a banquetas por árboles urbanos: III.- Cepas grandes. *En: Memoria de la Segunda Reunión Científica Forestal y Agropecuaria del CIFAP-D.F.* INIFAP, SARH. México. pp 48.
- Bourque, P. 1985. Tree management in Montreal. *Journal of Arboriculture*. 11 (7): 200-206.
- Departamento del Distrito Federal (D.D.F.). 1985. Manual de planeación, diseño y manejo de las áreas verdes urbanas del Distrito Federal. COCODER, D.D.F. México. 124 p.
- Departamento del Distrito Federal (D.D.F.). 1987. Programa General de Desarrollo Urbano del Distrito Federal 1987-1988. D.D.F. México. 124 p.
- González V., C. E. 1984. Los inventarios en la dasonomía urbana. *En: Memoria del Encuentro Nacional sobre Inventarios Forestales*. Publicación Especial N° 45. INIF, SFF, SARH. México. pp. 63-82.
- Gray, W.G. y F. J. Deneke. 1992. Urban Forestry. 2th. ed., Reprint. Ed. Krieger Publ. Cny. Florida, USA. 299 p.
- Gutiérrez R., L. 1989. Los árboles de las calles de Oaxaca, Oax., México. Un inventario para su manejo. Tesis Profesional, Escuela de Biología, Univ. Mich. de San Nicolás de Hgo. 135 p.
- Hitchings, D. R. 1981. Prontuario de dasonomía urbana. Environmental Research Laboratory. University of Arizona. 37 p.
- INEGI., 1990. Iztapalapa. Cuaderno de información básica Delegacional. 49 p.

- Jim, C. Y. 1986. Street trees in high density urban Hong Kong. *Journal of Arboriculture*. 12 (10): 257-263.
- Krüssmann, G. 1985. Manual of cultivated broad-leaved trees & shrubs. Vols. I, II y III. Trad. M. E. Epp. Timber Press, Portland, Or. pp. 445, 448 y 510.
- Macías S., J. E. 1987. Plagas de los árboles de las áreas urbanas de la Ciudad de México. Tesis Profesional. Escuela Nacional de Ciencias Biológicas, IPN. México. 171 p.
- Rapoport, E. H.; M. E. Díaz, B. y I. R López M. 1983. Aspectos de la ecología urbana en la Ciudad de México. MAB, Instituto de Ecología. Ed. LIMUSA. México. 197 p.
- Rehder, A. 1990. Manual of cultivated trees and shrubs, hardy in North America. 2th ed. Dioscorides Press, Portland Or. 996 p.
- Rzedowski, J. y G. C. de Rzedowski (eds.). 1979. Flora fanerogámica del Valle de México. Vol. I. CECSA, México. 403 p.
- Sacksteder, C. J. y H. D. Gerhold. 1979. A guide to urban tree inventory systems. Research Paper 443. School of For. Res., Penn. State Univ. 52 p.
- Scheaffer, R. L.; W. Mendenhall y L. Ott. 1979. Elementary survey sampling. 2th ed. Duxbury Press, North Scituate, Mass. 278 p.
- Smiley, E. T. y F. A. Baker. 1988. Options in street tree inventories. *Journal of Arboriculture*. 14 (2): 36-42.
- Talarchek, M.G. 1987. Indicators of urban forest condition in New Orleans. *Journal of Arboriculture*. 13 (9): 217-224.
- Tovar, L. E. 1978. Los *Populus* utilizados en las plantaciones de las calles de la Ciudad de México. Tesis Profesional. Departamento de Biología, Facultad de Ciencias, UNAM. 67P.
- Wray, H. P. y W. C. Mize. 1985. Species adapted for street tree environments in Iowa. *Journal of Arboriculture*. 11 (8): 249-252.

# COEFICIENTES DE APROVECHAMIENTO DE TROCERÍA DE PINO EN ASERRADEROS BANDA

Zavala Zavala David \*

## RESUMEN

El proceso de aserrijo se considera una de las actividades más importantes de la industria forestal en México y una de las formas más sencillas de transformar la trocería en productos utilizables, es la de evaluar la eficiencia del proceso de aserrijo a través de estudios de coeficientes de aprovechamiento. Con la finalidad de analizar la eficiencia de aserraderos banda de los más comunes en México, se seleccionaron dos aserraderos de sierras de 6", 8" y 10" (pulgadas) de ancho, respectivamente. Para este tipo de trabajos tradicionalmente se utiliza una muestra de 100 trozas. En este estudio, el número de trozas procesadas se definió estadísticamente con base en la variación del volumen de una premuestra, y se determinó un tamaño de muestra de 132 a 150 trozas por aserradero. De la relación del volumen de las trozas con el de la madera aserrada, se determinó el coeficiente de aprovechamiento real y el nominal, que varió para el primer caso de 54.96 a 61.63% y en el segundo de 41.54 a 44.18%. También se determinó la proporción de subproductos a través de una muestra de 60 trozas descortezadas; para costeras tiras y recortes correspondió un porcentaje del 20.67 al 30.32% y para aserrín del 12.96 al 21.98%. Adicionalmente se analizó el efecto de la conicidad y de la calidad de las trozas con el coeficiente de aprovechamiento, donde se calculó para un ahusamiento de 0 a 6 cm un coeficiente de 44.82%, para 6 a 9 cm de 41.65% y para 9 a 15 cm el coeficiente fue de 38.61%. En cuanto a la calidad de la trocería, la de primera generó un 49.52% de aprovechamiento, la de segunda un 46.31%, la de tercera 43.27%, la de cuarta 41.54% y la de quinta 40.26%. También se analizó el efecto de los refuerzos en la madera aserrada, se determinó un excedente de refuerzos en relación a los establecidos oficialmente que varió del 7.31 al 15.41%, siendo este último el correspondiente a la madera de 3/4" de espesor.

Palabras clave: Industria forestal, coeficientes de aprovechamiento, trocería de pino.

---

\* Ph.D. Investigador Titular del CENID-COMEF, Coyoacán. INIFAP, SAGAR.

## ABSTRACT

The sawmilling process is considered to be one of the most important activities of the Forest industry in Mexico, and one of the basic stages to transform the logs into final useable products. The efficiency of this process is measured through lumber recovery studies. In order to analyze the lumber recovery factor of representative band sawmills in México, two mills of 6", 8" and 12" band width were selected. For this type of studies a sample of 100 logs is traditionally chosen. In this work, the number of logs selected was defined statistically based on the log-volume variation of a presample, determining a sample size of 132 to 150 logs for each sawmill. From the ratio of lumber-log volume, the real and nominal lumber recovery factor were determined, in the first case a ranged of 54.96 to 61.63% was found, and in the second case from 41.54 to 44.18%. From a sample of 60 debarked logs, the propotion of by products was also determined, corresponding from 20.67 to 30.32% to slabs and from 12.96 to 21.98% to sawdust. The effect of log taper and log quality on lumber recovery was also analized; for a log taper of 0 to 6 cm the recovery factor was 44.82%, for the 6 to 9 cm was 41.65% and for the 9 to 15 cm the yield was 38.61%. As for log quality, the first grade yielded 49.52%, the second grade 46.31%, third 43.27%, fourth 41.54% and fifth grade 40.26%. The effect of lumber allowance was also analyzed, finding out an over allowance that ranged from 7.31 to 15.41% in relation to the official allowance, corresponding the later percentage to 3/4" lumber thickness.

Key words: Forest industry, lumber recovery factor, pine log.

## INTRODUCCIÓN

El proceso de aserrió se considera una de las formas más simples de transformación de la trocería y una de las actividades más importantes de la industria forestal del país. Sin embargo, y no obstante lo sencillo del proceso y su importancia, se considera que el grado de avance o adaptación tecnológica en México ha sido muy lento, por argumentos de diferente índole.

Con la integración de México a un mercado común, el Tratado de Libre Comercio (TLC), con dos de los países más desarrollados tecnológicamente (Estados Unidos de América y Canadá), se considera necesario optimizar la eficiencia de transformación de la materia prima. En el proceso de aserrió, una forma de evaluar la eficiencia de transformación de la trocería, es a través de estudios de coeficientes de aprovechamiento, los cuales reflejan

la interrelación de las características de las trozas, (dimensiones y calidades) con el tipo de productos generados, (proporción de espesores, refuerzos y calidad de la madera aserrada); además de la influencia directa del tipo de maquinaria empleada y de la habilidad de los operadores.

La integración de estos factores en los análisis de evaluación de aserraderos, que usualmente no se consideran en estudios tradicionales, es un aspecto que cada día es más importante debido al aumento de precios y a la disminución en calidad y en cantidad de la madera en rollo disponible. Esta tendencia repercute en forma directa en el proceso de aserrio, el cual deberá ser más eficiente para contrarrestar los efectos de las limitantes de materia prima y para poder conservar el mismo margen de utilidad sin afectar en forma significativa los precios de la madera aserrada; sobretodo considerando que con la apertura comercial generalmente se compite con productos más baratos que los nacionales.

En este trabajo se presentan lineamientos para estudios de coeficientes de aprovechamiento y se analiza el efecto de las características de la trocería en la producción de madera aserrada, específicamente la conicidad y la calidad de las trozas y la proporción de subproductos. También se analizó la variación de los refuerzos en la madera de las dimensiones más frecuentemente producidas en aserraderos de distintas capacidades.

## ANTECEDENTES

### Cubicación de la Trocería

Para la cubicación de la trocería, Rodríguez, (1978)<sup>1</sup>, sugirió que se emplee la longitud de la troza con aproximación al centímetro y la circunferencia con corteza a la mitad de dicha longitud también con aproximación al centímetro. Dobie (1972)<sup>2</sup>, indicó que la fórmula de Smalian es la base para cubicar la trocería en Columbia Británica (Canadá):

$$V = (A1 + A2)L/2$$

Donde:

V = volumen

A1 y A2 = áreas de las cabezas de las trozas

L = longitud

<sup>1</sup> Rodríguez, C., R. 1978. Coeficientes de refuerzo y aserrio en la práctica mexicana de producción de madera aserrada de pino. México y sus Bosques. 17(1): 8-23.

<sup>2</sup> Dobie, J. 1972. Guidelines for the study of sawmill performance.

Los diámetros se miden sin corteza a la pulgada más próxima, y si la troza está deforme se toma más de un diámetro en cada extremo; la longitud se mide al pie más próximo.

Para determinar el número de trozas requeridas para generar datos con límites de confiabilidad del 95%, Dobie, (1975)<sup>3</sup> recomendó utilizar la fórmula:

$$N = t^2 S^2 / E^2$$

Donde:

N = tamaño de muestra

t<sup>2</sup> = estadístico "t"

S<sup>2</sup> = varianza de la población

E<sup>2</sup> = error permitido (en base a una premuestra de 60 trozas)

Señaló que al emplear esta metodología para estudios de coeficiente de aserrijo se requieren de 210 a 379 trozas. Zavala, (1987)<sup>4</sup>, aplicó este procedimiento donde determinó un tamaño de muestra en dos aserraderos del estado de Tlaxcala de 279 y 249 trozas.

## Factores que Influyen en el Coeficiente de Aserrijo

Respecto al coeficiente de aprovechamiento, Zavala, *et al.*, (1981)<sup>5</sup>, reportó que para aserraderos banda del estado de Durango, existe una variación del 40 al 53%, y para los cíclicos de un 37 a 47%. Zavala, *op. cit.*, determinó un coeficiente nominal en aserraderos de Tlaxcala del 39 y 40% y un coeficiente real entre un 51 y 54%.

Se ha evaluado el efecto de la calidad de la trocería en el coeficiente de aprovechamiento para diferentes especies y características de las trozas, y se ha reportado que en general la calidad de la madera aserrada decrece con la calidad de la troza y que el coeficiente de aserrijo se reduce con el aumento de los defectos en las trozas.

---

<sup>3</sup> Dobie, J. 1975. Lumber recovery practices in British Columbia coastal sawmills.

<sup>4</sup> Zavala Z., D. 1987. Análisis del coeficiente de aprovechamiento en dos aserraderos del Estado de Tlaxcala. pp. 52-62.

<sup>5</sup> Zavala Z., R., *et al.* 1981. Diagnóstico de la industria de aserrijo del estado de Durango.

En general las trozas torcidas generan menos madera que las rectas, para la misma categoría diamétrica y longitudinal. Como regla empírica, Brown (1975)<sup>6</sup>, y Dobie, (1966)<sup>7</sup>, establecieron que por cada incremento de 0.1 en la relación de torcedura/diámetro, el coeficiente de aprovechamiento se redujo hasta en un 7% comparado con trozas rectas y que el tiempo de asierre se incrementó en un 40%.

Respecto a la conicidad de las trozas, el coeficiente de aserrio disminuye con el aumento de la conicidad y el tiempo de asierre aumenta (Dobie, *op. cit.*). Las trozas con conicidad acentuada requieren 12% más tiempo de asierre y generan 5.7% menos madera que las trozas cilíndricas. Cuando las trozas se cubican con reglas madereras, a mayor conicidad corresponde un mayor coeficiente de aprovechamiento; pero si la cubicación se hace con el sistema de medición directa, el coeficiente de aserrio se reduce (Hallock, 1979)<sup>8</sup>.

El diámetro de las trozas tiene un efecto directo en la calidad y cantidad de madera aserrada. Conforme aumenta el diámetro por lo general se reducen los defectos de madera (Bailey, 1973)<sup>9</sup>. Se ha determinado que el coeficiente de aserrio aumenta con el diámetro de las trozas, variando del 40 al 43% para trozas de 10" a 12", y del 58 al 65% para trozas de 24" a 28" (Clark, 1974<sup>10</sup>, Phillips, 1975<sup>11</sup>). Un concepto general que funciona para ambos casos es que para trozas de la misma calidad, hay un aumento en el coeficiente de aprovechamiento con un aumento en el diámetro y para trozas del mismo diámetro hay una reducción en el coeficiente de aserrio con una disminución en la calidad (Kerbes, 1968<sup>12</sup>, Pnevmaticos, 1971<sup>13</sup>).

## Refuerzos de la Madera Aserrada

El refuerzo en las dimensiones es una práctica común en la producción y comercialización de madera aserrada, debido al volumen que se pierde por la variación del corte en el aserrio, por el cepillado y por las contracciones de la madera verde al momento de secarse.

<sup>6</sup> Brown, A. G. and R. G., Miller. 1975. Effect of sweep on sawn recovery from radiata pine logs. pp. 28-29.

<sup>7</sup> Dobie, J. 1966. Log taper related to lumber production. 48 (5): 80-85.

<sup>8</sup> Hallock, H., P. Steele and R. Selin. 1979. Comparing lumber yields from board-foot and cubically scale logs.

<sup>9</sup> Bailey, G. R. 1973. Lumber grade recovery from straight aspen logs. pp. 47-54.

<sup>10</sup> Clark, A. III. *et al.* 1974. Predicted green lumber and residue yields from the merchantable stem of yellow-poplar.

<sup>11</sup> Phillips, D. R. and J. G. Schoeder. 1975. Predicted green lumber and residue yields from the merchantable stem of shortleaf pine.

<sup>12</sup> Kerbes, B. I. and J. A. McIntosh. 1968. Some relationship between exterior log characteristics and lumber recovery values for samples of B.C. interior spruce.

<sup>13</sup> Pnevmaticos, S.M. *et al.* 1971. How log characteristics relate to sawing profit. pp. 40-43.

Un exceso de refuerzo en la madera aserrada para compensar por estos factores, aumenta el volumen de madera que se pierde, lo cual repercute directamente en el coeficiente de aprovechamiento, (Brown, 1979<sup>14</sup>, Zavala, 1981<sup>15</sup>, 1991<sup>16</sup> y 1994<sup>17</sup>).

Las dimensiones más comunes en que se asierra y comercializa la madera aserrada varía de 4" a 12" en anchura y de 4' a 20' en longitud, con incrementos de 2" y de 2' respectivamente. Los espesores oscilan de 1/2" a 2" en dimensiones nominales. El refuerzo por cepillado en madera áspera seca fluctúa de 1/4" a 1/8" en grosor, con un mínimo de 1/2" en anchura y de 3" en longitud, (Rodríguez, *op. cit.*).

La Subsecretaría Forestal y de la Fauna, (SFF)<sup>18</sup>, estableció en el año de 1978, las dimensiones del refuerzo en grosor y en volumen para madera aserrada más comunmente producida; para 1/2", 3/4", 4/4", 6/4" y 8/4", las dimensiones reales en grosor con su respectivo refuerzo deberían ser de 16, 22, 28, 41 y 54 mm; con refuerzo en volumen para la dimensión final de 40%, 30%, 22%, 14% y 8% respectivamente. A través de la conversión de las 5 dimensiones en pulgadas a milímetros se obtienen precisamente las dimensiones nominales en grosor de la madera aserrada de 13, 19, 25, 38, y 51 mm.

La Norma Oficial Mexicana NOM-C-18-1986, (DGN, 1986)<sup>19</sup>, estipula para estas dimensiones un refuerzo de 3 mm que coincide con el previamente establecido por la SFF 1978, a excepción de la de 51 mm; para dimensiones mayores a 38 mm la norma establece un refuerzo de 5 mm. Los refuerzos correspondientes en anchura y en longitud son de 13 mm y de 25 mm respectivamente, indistintamente de las categorías en dimensiones de las piezas.

---

<sup>14</sup> Brown, T. D. 1979. Determining lumber target sizes and monitoring sawing accuracy. pp. 48-54.

<sup>15</sup> Zavala Z., D. 1981. Analysis of the sawmilling practices in the State of Durango, México.

<sup>16</sup> Zavala Z., D. 1991. Manual para el establecimiento de un sistema de control de la variación de refuerzos en madera aserrada.

<sup>17</sup> Zavala Z., D. 1994. Control de calidad en la industria de aserrio y su repercusión económica.

<sup>18</sup> Subsecretaría Forestal y de la Fauna (SFF). 1978. Disposiciones sobre coeficientes de aserrio y usos de refuerzos.

<sup>19</sup> Dirección General de Normas (DGN). 1986. Norma Oficial Mexicana. NOM-C-18-1986. Industria de la Construcción-Tablas y Tablones de Pino-Clasificación.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Selección de los Aserraderos

Con la finalidad de generar datos representativos de la industria de aserrío, se seleccionaron dos aserraderos banda en el estado de Durango, que corresponden a 6", 8" y 10" de ancho de sierra. La capacidad de producción de las empresas analizadas varía de 10,000 a 18,000 pies tabla (p.t.) por turno de madera aserrada de pino.

### Cubicación de las Trozas

Aun cuando en la industria de la madera es común utilizar reglas de cubicación con equivalencias en pies tabla, predominando la regla Doyle, oficialmente estos sistemas no se reconocen, (DGN, 1988<sup>20</sup>; Freese, 1974<sup>21</sup>). En este estudio el volumen de las trozas se determinó con la fórmula de Smalian, (Hallock, *et al.*, *op. cit.*):

$$V = \frac{(B + b)}{2} L$$

Donde:

V = Volumen en m<sup>3</sup>

B, b, = Áreas de las cabezas de las trozas en m<sup>2</sup>

L = Longitud en metros

Para determinar las superficies de las áreas transversales de las trozas se midieron dos diámetros en centímetros en cada extremo, sin considerar la corteza. La longitud también se midió al centímetro más próximo.

<sup>20</sup> Dirección General de Normas. 1988. Norma Oficial Mexicana, NOM-C-359-1988, Industria Maderera-Trocería de Pino-Clasificación.

<sup>21</sup> Freese, F. 1974. A collection of log rules.

## Determinación del Número de Trozas (Tamaño de Muestra)

Tradicionalmente en estudios de evaluación del coeficiente de aprovechamiento en aserraderos, se utiliza una muestra de 100 trozas al azar (SFF, *op. cit.*). En este estudio se determinó el tamaño de la muestra con base en la variación del volumen de una premuestra de 80 trozas, considerando un 95% como límite de confiabilidad de la media, a través de la siguiente ecuación (Dobie, *op. cit.*):

$$N = \frac{t^2 S^2}{E}$$

N = Tamaño de la muestra

S<sup>2</sup> = Varianza de la población

t<sup>2</sup> = Valor apropiado del estadístico "t"

E<sup>2</sup> = Error permitido

## Coefficiente de Aprovechamiento y Proporción de Subproductos

Para determinar el coeficiente de aprovechamiento de las trozas procesadas en cada aserradero, se utilizó la relación: **volumen de madera aserrada/volumen de las trozas**, en unidades métricas y expresada en porcentaje. Se analizaron dos tipos de proporciones, el coeficiente de aserrío nominal, a través de la relación del volumen de madera aserrada en dimensiones nominales, dividido entre el volumen real de las trozas, y el coeficiente de aserrío real que se derivó de la relación del volumen real de madera aserrada y el volumen real de las trozas.

Para determinar el volumen real de la madera se utilizaron los promedios de las dimensiones reales de las tablas obtenidas de 10 trozas de las clases diamétricas más comunes en cada aserradero. En cada tabla se calculó el espesor promedio a través de seis mediciones, tres en cada canto y separadas equidistantemente a lo largo de la tabla. El ancho real se calculó por el promedio de cuatro mediciones. Todas las medidas se realizaron con aproximación al milímetro. Para la longitud se tomó una medición con aproximación al centímetro, (Zavala, *op. cit.*).

La proporción de costeras, tiras, recortes y de aserrín se determinaron a través de los productos generados de una muestra de 10 trozas descortezadas en cada uno de los seis aserraderos, pesando las costeras y recortes, y relacionando su valor con el peso de las

tablas de dimensiones conocidas para determinar el volumen de las costeras. El volumen de aserrín se determinó por la diferencia entre el volumen real de las trozas y el volumen real de madera aserrada y de las costeras, (Zavala, *op. cit.*)

### **Efecto de la Conicidad y Calidad de las Trozas en el Coeficiente de Aserrío**

Para analizar el efecto de la conicidad y de la calidad de la trocería en el coeficiente de aprovechamiento, se agruparon las trozas por categorías de ahusamiento y por calidades, se relaciono su volumen con sus respectivos volúmenes de madera generada de cada grupo de trozas. En el caso de la conicidad, las trozas se agruparon en rangos de ahusamiento de 0 a 6 cm, de 0 a 9 cm y de 0 a 15 cm. Para definir el efecto de la calidad de la trocería en el coeficiente de aprovechamiento, las trozas se agruparon en clases de 1, 2, 3, 4 y 5, utilizando como base los sistemas de clasificación del área de influencia del estudio.

### **Refuerzos de la Madera Aserrada**

Para determinar los refuerzos de la madera aserrada, se compararon las dimensiones reales con las nominales de todas las tablas provenientes de 60 trozas de los seis aserraderos analizados. Para calcular los volúmenes reales de cada tabla, se utilizó el espesor y el ancho promedios con aproximación al milímetro y la longitud con aproximación al centímetro. Posteriormente se comparó el refuerzo calculado con el refuerzo oficial o comercial, y por la diferencia entre ambos, la pérdida de madera por efecto de una sobredimensión en espesor de las tablas producidas.

## **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

### **Características de las Trozas Procesadas**

El número de trozas estudiado varió de 132 a 150 por aserrado, y correspondió a un total de 879 en los seis aserraderos, cantidades superiores a las 100 trozas especificadas por la SFF, 1978 por aserradero, (Cuadro N° 1). Del análisis de los datos de las trozas muestreadas en los patios de almacenamiento, se determinó que la clase diamétrica más frecuente fue de 30 a 35 cm, y representó un 33% de las trozas procesadas. Aproximadamente el 80% de las trozas se ubicaron en un rango de 25 a 40 cm de diámetro. La longitud de la clase

más frecuente fue de 16 pies, y representó un 80% de las trozas muestreadas. A través de la evaluación de la calidad de la trocería, (DGN, *op. cit.*); se determinó que las clases de 4ta y 5ta representaron un 80% de las trozas, que correspondió al 78.5% del volumen procesado.

PARÁMETRO	ASERRADEROS					
	A-6"	B-6"	A-8"	B-8"	A-10"	B-10"
Tamaño preliminar de muestra	80	80	80	80	80	80
Vol. promedio de trozas (m <sup>3</sup> )	0.4533	0.5370	0.5061	0.5164	0.5692	0.5478
Desviación estandar (m <sup>3</sup> )	0.1506	0.1494	0.1524	0.1543	0.1595	0.1643
Varianza (m <sup>3</sup> )	0.0198	0.0223	0.2323	0.0238	0.0255	0.0270
Valor "t" de Student	2	2	2	2	2	2
Error estandar de la media	0.0227	0.0268	0.0253	0.0258	0.0285	0.0273
Valor de E <sup>2</sup>	0.0005	0.0007	0.0006	0.0007	0.0007	0.0007
Tamaño de muestra requerido	150	124	145	143	126	144
Tamaño de muestra estudiado	150	131	150	148	150	150

**Cuadro N° 1.** Determinación del número de trozas para coeficientes de aserrió con límite de confianza del 95%.

## Coefficiente de Aprovechamiento Real y Nominal

Del análisis de los productos generados de las trozas procesadas en cada aserradero y con la determinación de las dimensiones reales de las tablas producidas de una muestra de 60 trozas, se calculó el coeficiente de aprovechamiento real que varió del 54.96 al 61.63% y correspondió a un coeficiente de aserrió nominal de 41.54 a 44.18%, en los seis aserraderos. En estas cifras, que aparentemente son bajas, tiene una influencia directa el alto porcentaje de trozas con diametro reducido y de baja calidad, y la alta proporción de madera producida en 3/4" de espesor. Si los volúmenes de producción se concentraran en espesores de 6/4" a 8/4", seguramente los porcentajes en el coeficiente de aprovechamiento serían mayores, *vid., infra.*, Cuadro N° 2.

Aserradero	Volumen madera rollo (m <sup>3</sup> )	Volumen madera aserrada (m <sup>3</sup> )	Volumen total con refuerzo (m <sup>3</sup> )	aserrío nominal (%)	aserrío real (%)
A-6"	63.4381	27.6359	39.1031	43.56	61.63
B-6"	72.3452	31.6498	42.7597	43.74	59.10
A-8"	84.7998	35.3943	47.8270	41.74	56.40
B-8"	90.8809	40.1591	52.1224	44.18	57.35
A-10"	83.0553	34.5032	46.1828	41.54	55.60
B-10"	69.5491	29.9940	38.2261	43.12	54.96
Total	464.0684	199.2843	266.2260	42.98	57.36

**Cuadro N° 2.** Coeficiente de aserrío real y nominal.

### Proporción de Subproductos

Respecto a la proporción de costeras y de aserrín, que se determinó de la muestra de 60 trozas descortezadas (10 por aserradero), se cuantificó una variación de 20.67 a 30.32% para costeras, y del 12.96 al 21.98% para aserrín, (Cuadro N° 3).

COEFICIENTES DE APROVECHAMIENTO POR TIPO DE PRODUCTO							
Aserradero	Volumen madera rollo (m <sup>3</sup> )	Volumen madera aserrada real (m <sup>3</sup> )	Coefic. aserrío real (%)	Volumen de costeras (m <sup>3</sup> )	Coefic. aserrío real (%)	Volumen de aserrín (m <sup>3</sup> )	Coefic. aserrío real (%)
A-6"	63.4381	39.1031	61.63	16.1486	25.44	8.2215	12.96
B-6"	72.3452	42.7597	59.10	20.4706	27.91	9.5275	13.99
A-8"	84.7998	47.8270	56.40	23.9474	28.24	13.0252	16.36
B-8"	90.8809	52.1224	57.35	18.7850	20.67	19.9756	21.98
A-10"	83.0553	46.1828	55.60	25.1823	30.32	11.6942	14.08
B-10"	69.5491	38.2261	54.96	18.2496	26.24	13.0752	18.80
Total	464.0684	266.2260	57.36	122.7735	26.47	75.5192	16.03

**Cuadro N° 3.** Proporción de madera aserrada y de subproductos.

Sin duda alguna, estos porcentajes de costeras son un potencial significativo como fuente de materia prima para la industria de la celulosa y la de tableros aglomerados, y que en la actualidad representan un problema de eliminación de desperdicios para muchos aserraderos.

### Efecto de la Conicidad de las Trozas en el Coeficiente de Aserrío

Las características de la materia prima tienen una influencia directa en el coeficiente de aprovechamiento, entre ellas la conicidad de las trozas, la cual es considerada en la determinación del volumen en rollo aplicando el sistema de cubicación oficial, pero no utilizando reglas madereras. Para trozas con ahusamiento, o diferencias del diámetro mayor y menor de las cabezas de las trozas de 0 a 6 cm, se obtuvo un coeficiente de aserrío nominal de 44.82%, para aquellas trozas que variaron de 6 a 9 cm el coeficiente de aserrío fue de 41.65% y para trozas con 9 a 15 cm o más de ahusamiento, el coeficiente de aserrío fue de 38.61% (Cuadro N° 4). Lo anterior manifiesta un incremento en la pérdida de volumen de madera en rollo en forma de costeras durante el proceso de aserrío, directamente proporcional al aumento de la conicidad de las trozas.

<b>ASERRADERO</b>							
	<b>A-6"</b>	<b>B-6"</b>	<b>A-8"</b>	<b>B-8"</b>	<b>A-10"</b>	<b>B-10"</b>	<b>Total</b>
N° de trozas	150	131	150	148	150	150	879
Volumen m <sup>3</sup> r	63.4381	72.3452	84.7998	90.8809	83.0553	69.5491	464.068
<b>Ahusamiento de 0-6 cm</b>							
N° de trozas	68	68	71	84	57	60	408
Volumen m <sup>3</sup> r	23.7161	33.8458	33.6112	46.2819	28.5684	26.0256	192.049
Coeficiente de aserrío (%)	44.52	47.12	42.75	44.67	43.19	46.68	44.82
<b>Ahusamiento de 0-9 cm</b>							
N° de trozas	53	35	43	41	51	53	276
Volumen m <sup>3</sup> r	25.0066	19.7716	25.9312	25.8202	28.9036	24.0838	149.517
Coeficiente de aserrío (%)	44.06	40.43	41.98	41.47	40.29	41.67	41.65
<b>Ahusamiento de 0-15 cm</b>							
N° de trozas	29	28	36	23	42	37	195
Volumen m <sup>3</sup> r	14.7219	18.7278	25.2574	19.1788	25.5833	19.4397	122.908
Coeficiente de aserrío (%)	41.28	37.81	38.73	37.64	38.53	37.68	38.61

**Cuadro N° 4.** Influencia del ahusamiento de la trocería en el coeficiente de aserrío.

## Efecto de la Calidad de las Trozas en el Coeficiente de Aserrío

La calidad de la materia prima con base en los distintos defectos intrínsecos, como aquellos ocasionados por factores externos en las trozas, también mostraron su efecto en la proporción de madera aserrada.

El coeficiente de aprovechamiento fue directamente proporcional a la calidad de la trocería, en donde se determinó para trozas de primera un 49.52% de aprovechamiento, para las de segunda un 46.31%, para las de tercera 43.27%, para las de cuarta 41.54% y para las de quinta el coeficiente fue de 40.26%, (Cuadro N° 5).

<b>ASERRADERO</b>							
	A-6"	B-6"	A-8"	B-8"	A-10"	B-10"	Total
<b>Trocería de Primera</b>							
Volumen m <sup>3</sup> r			2.7666				2.7666
Volumen m <sup>3</sup>			1.3708				1.3708
Coeficiente (%)			49.52				49.52
<b>Trocería de Segunda</b>							
Volumen m <sup>3</sup> r			20.4915	1.4816	3.0195	0.5567	25.5493
Volumen m <sup>3</sup>			8.2259	0.6079	1.3846	0.3242	10.5426
Coeficiente (%)			41.26	41.04	45.85	58.23	46.31
<b>Trocería de Tercera</b>							
Volumen m <sup>3</sup> r	0.5314	9.8324	37.5826	12.7108	10.0059	11.5870	82.2411
Volumen m <sup>3</sup>	0.2876	4.2880	14.1052	5.8075	3.5097	5.0459	33.0440
Coeficiente (%)	54.12	43.65	37.53	45.69	35.08	43.55	43.27
<b>Trocería de Cuarta</b>							
Volumen m <sup>3</sup> r	9.3751	23.6368	14.4729	26.1851	16.7660	18.9398	109.3757
Volumen m <sup>3</sup>	4.1692	10.9715	5.1210	11.3549	6.3298	7.9376	45.8841
Coeficiente (%)	44.47	46.42	35.38	43.36	37.75	41.91	41.54
<b>Trocería de Quinta</b>							
Volumen m <sup>3</sup> r	53.6386	38.2678	9.5860	50.1088	53.2844	38.0652	242.9508
Volumen m <sup>3</sup>	23.2755	15.9708	3.0808	21.3094	21.5196	15.7477	100.9838
Coeficiente (%)	43.39	41.73	32.14	42.52	40.39	41.37	40.25

**Cuadro N° 5.** Influencia de la calidad de la trocería en el coeficiente de aserrío.

## Refuerzos en la Madera Aserrada

Con base en las tablas producidas de la muestra de las 60 trozas procesadas para analizar el efecto de los refuerzos de la madera aserrada y considerando las dimensiones en grosor, se encontró un excedente de refuerzo de 15.41% para la madera de 3/4", de 9.99% para la de 1 1/2", de 7.31% para la de 1 3/4" y de 10.91% para la de 2" (Cuadro N° 6).

Cabe hacer notar que del total de la madera producida de las 879 trozas, el 82.86% correspondió a la de 3/4" de grosor nominal y el de 10.85% a la de 6/4". Ésta mayor proporción de madera de 3/4" repercutió en forma directa en el coeficiente de aprovechamiento y en los volúmenes excedentes de refuerzos. Los excedentes en refuerzos se deben principalmente a la variación del corte durante el aserrío, que se reflejó en la diferencia en espesores a lo largo de las tablas.

Grososres	DISTRIBUCIÓN DE MADERAS (%) volumen nominal	REFUERZOS		
		total (%)	oficial (%)	excedente (%)
3/4"	52.60	45.41	30.00	15.41
6/4"	25.90	24.99	15.00	9.99
7/4"	9.93	18.81	11.00	7.31
8/4"	6.87	18.91	8.00	10.91

**Cuadro N° 6.** Proporción de refuerzos y sus excedentes en distintas dimensiones de madera aserrada.

## CONCLUSIONES

- Para estudios de coeficientes de aserrío con límites de confianza de 95%, el tamaño de la muestra requerido es mayor que el tradicionalmente establecido de 100 trozas. Posiblemente el número de trozas muestreadas pueda reducirse sin afectar la confiabilidad del estudio a través de un muestreo dirigido y considerando la distribución de frecuencias de las clases diamétricas de la trocería.

- Existe una diferencia entre la forma de expresión del coeficiente de aserrío real y el nominal, que puede generar confusión en la evaluación de la eficiencia de transformación de los aserraderos, por lo que se considera que los resultados de estudios tradicionales el coeficiente de aserrío debería expresarse en términos del volumen real y del volumen nominal, basados en las dimensiones reales y nominales de la trocería y de la madera aserrada.
- La proporción de costeras representa un volumen significativo de subproductos que podría ser una fuente importante de materia prima para las fábricas de aglomerados y de celulosa, que eliminaría el problema de manejo de desperdicios en la mayoría de los aserraderos.
- La calidad y la conicidad de las trozas son determinantes en la proporción del coeficiente de aprovechamiento. Ambos factores, por lo tanto, deben de considerarse en la definición de precios de la trocería, cuando se comercializa en función de su calidad y del volumen cubicado.
- Con la finalidad de mejorar el aprovechamiento de la materia prima, reflejado en el incremento de los coeficientes de aserrío, se sugiere establecer un sistema de incentivos para el industrial, tendiente a reducirle los impuestos al que produzca más volumen de madera aserrada por volúmenes de trocería similares.

## BIBLIOGRAFÍA

- Brown, T. D. 1979. Determining lumber target sizes and monitoring sawing accuracy. *Forest Prod. J.* 29(4):48-54.
- Brown, A. G. and R.G. Miller, 1975. Effect of sweep on sawn recovery from radiata pine logs. *Can. For. Ind.* 93(12):28-29.
- Bailey, G. R. 1973. Lumber grade recovery from straight aspen logs. *Forest Prod. J.* 23(4):47-54.
- Cámara Nacional de las Industrias Derivadas de la Industria Forestal. 1991. Memoria Económica 1990-1991. México, 61 p.

- Clark, A. III. *et al.* 1974. Predicted green lumber and residue yields from the merchantable stem of yellow-poplar. USDA. For. Ser. Res. Pap. SE-119. USA. 15 p.
- Dirección General de Normas (DGN). 1986. Norma Oficial Mexicana. NOM-C-18-1986. Industria de la Construcción - Tablas y Tablones de Pino - Clasificación. DGN. SECOFI. México. 16 p.
- Dirección General de Normas. 1988. Norma Oficial Mexicana. NOM-C- 359-1988. Industria Maderera-Trocería de Pino-Clasificación. DGN. SECOFI. México. 23 p.
- Dobie, J. 1966. Log taper related to lumber production. B.C. Lumberman. 48(5):80-85.
- Dobie, J. 1972. Guidelines for the study of sawmill performance. West. For. Prod. Lab. Inf. Rep. VP-X-151, Vancouver, B.C. Canada. 75 p.
- Dobie, J. 1975. Lumber recovery practices in British Columbia coastal sawmills. West. For. Prod. Lab. Inf. Rep. VP-X-151, Vancouver, B.C. Canada. 29 p.
- Freese, F. 1974. A collection of log rules. USDA For. Serv. Gen. Tech. Pap. FPL-1. For. Prod. Lab. Madison, Wisc. USA. 65 p.
- Hallock, H., P. Steele and R. Selin. 1979. Comparing lumber yields from board-foot and cubically scale logs. USDA For. Serv. Res. Pap. FPL 324. Madison, Wisc. USA. 17 p.
- Kerbes, E. L. and J. A. McIntosh. 1968. Some relationship between exterior log characteristics and lumber recovery values for samples of B.C. interior spruce. WFPL. Inf. Rep. VP-X-41. 19 p.
- Phillips, D. R and J. G. Schoeder. 1975. Predicted green lumber and residue yields from the merchantable stem of shortleaf pine. USDA For. Ser. Res. Pap. SE-128, 12 p.
- Pnevmaticos, S. M. *et al.* 1971. How log characteristics relate to sawing profit. Can. For. Ind. 91(1):40-43.
- Rodriguez C., R. 1978. Coeficientes de refuerzo y aserrió en la práctica mexicana de producción de madera aserrada de pino. México y sus Bosques. 17(1):8-23.
- Subsecretaría Forestal y de la Fauna (SFF). 1978. Disposiciones sobre coeficientes de aserrió y usos de refuerzos. México, SFF, Dirección General de Control y Vigilancia Forestal. Circular 2/78. 3 p.

- USDA. Forest Service. 1973. Increasing your lumber recovery. Sawmill Improvement Program. Washington, D.C. USA. 25 p.
- Zavala Z., D. 1981. Analysis of the sawmilling practices in the State of Durango, México. Thesis of Master of Science. The University of British Columbia, Vancouver, B.C. Canada. 91 p.
- Zavala Z., D. 1987. Análisis del coeficiente de aprovechamiento en dos aserraderos del Estado de Tlaxcala. Reunión de Investigación Forestal y Agropecuaria de Tlaxcala. CIFAP-TLAX. 52-62.
- Zavala Z., D. 1991. Manual para el establecimiento de un sistema de control de la variación de refuerzos en madera aserrada. Serie de apoyo académico No. 44. Univ. Autónoma Chapingo. México. 50 p.
- Zavala Z., D. 1994. Control de calidad en la industria de aserrío y su repercusión económica. Boletín Técnico N° 115. INIFAP. México. 48 p.
- Zavala Z., R. *et al.* 1981. Diagnóstico de la industria de aserrío del estado de Durango. Bol. Tec. INIF. México. N° 87, 79 p.



# HERBIVORY IN THE LIZARD *Sceloporus mucronatus mucronatus* (SAURIA: PHRYNOSOMATIDAE) IN SIERRA DEL AJUSCO, DISTRITO FEDERAL, MEXICO \*

Lemos Espinal Julio Alberto\* \*  
Ballinger Royce E.\* \*\*

## ABSTRACT

In this paper we document the omnivorous diet of a population of *Sceloporus mucronatus mucronatus*. The study site was located in Sierra del Ajusco, Distrito Federal, Mexico, near kilometer 24.5 on the Ajusco-Tianguistenco highway, the study site was a pine forest (*Pinus hartwegii* Lindl) with a considerable amount of basaltic rocks and lava where *S. m. mucronatus* were easily observed. To ensure full stomach contents collection time was between 11:00 and 13:00 hours after the typical morning feeding period. Using analysis of variance (ANOVA) and by Shannon-Wiener Index, diversity of stomach contents by volume and the difference in the proportion of plant material consumed between sexes were obtained. It was found a 38.7% plant material and 58.6% of arthropods, insects principally, the remaining 2.7% of the total volume was represented by a lizard *Barisia imbricata*, that was found in an adult male, that suggests incidental predation acts.

Key words: *Sceloporus mucronatus mucronatus*, herpetology, reptilians, Sierra del Ajusco, Mexico.

---

\* Nota científica

\*\* Dr. en Biología, Investigador Titular del CENID-COMEF, Coyoacán, México. INIFAP, SAGAR.

\*\*\* School of Biological Sciences University of Nebraska-Lincoln Lincoln, NE 68510. USA

## RESUMEN

En este trabajo se documenta la dieta omnívora de una población de lagartijas *Sceloporus mucronatus mucronatus*. El área de estudio se estableció en la Sierra del Ajusco, Distrito Federal, México, cerca del kilómetro 24.5 de la carretera Ajusco-Tianguistenco, con bosque dominante de *Pinus hartwegii* Lindl rodeado de rocas basálticas, lo que permitió observar al *S. mucronatus* con facilidad. Se capturaron especímenes entre las 11:00 y 13:00 hrs, el cual es su período típico de ingestión de alimentos. Mediante el análisis de varianza (ANOVA) y el Índice de Shannon-Wiener fue como se obtuvo la diversidad de contenidos estomacales por volumen y la diferencia de proporción de consumo vegetal por sexos, donde se detectó un 38.7% de materia vegetal y 58.6% de artrópodos, principalmente insectos; en el 2.7% restante, se encontraron residuos de la lagartija *Barisia imbricata* alojados en un macho adulto, lo cual supone actos depredatorios ocasionales.

**Palabras clave:** *Sceloporus mucronatus mucronatus*, herpetología, reptiles, Sierra del Ajusco, México.

By its direct effect on life history components (growth, reproduction, maintainance, and storage) food intake is highly important to lizard life histories. Most lizards are insectivorous, but increasing proportions of plant material are ingested by large lizard species (Abts, 1987<sup>1</sup>, Auffenberg, 1982<sup>2</sup>, Iverson, 1982<sup>3</sup>, McBee and McBee, 1982<sup>4</sup>). Herbivory in lizards may have evolved in large species as a result of the low success when competing with mammals for small vertebrates (Pough, 1973<sup>5</sup>), although plant ingestion has been reported for medium and small lizard species (Ballinger *et al.* 1977<sup>6</sup>, Burquez *et al.*, 1986<sup>7</sup>, Mautz and Lopez-Forment, 1978<sup>8</sup>, Méndez and Villagrán, 1983<sup>9</sup>).

<sup>1</sup> Abts, M. L. 1987. Environmental and variation in life history traits of the chuckwalla, *Sauromaulus obesus*. 57: 215-232.

<sup>2</sup> Auffenberg, W. 1982. Feeding strategy of the Caicos ground iguana *Cyclura carinata*. pp:84-116.

<sup>3</sup> Iverson, J. B. 1982. Adaptations to herbivory in iguanine lizards. pp. 60-76.

<sup>4</sup> McBee, R. E., and V. H. McBee. 1982. The hindgut fermentation in the green iguana, *Iguana iguana*. pp. 77-83.

<sup>5</sup> Pough, F. H. 1973. Lizard energetics and diet. 54: 837-854.

<sup>6</sup> Ballinger, R. E., M. E. Newlin, and S. J. Newlin. 1977. Age specific shift in the diet of the crevice spiny lizard *Sceloporus poinsetti* in Southwestern New Mexico. 97: 482-484.

<sup>7</sup> Burquez, A., O. Flores-Villela, and A. Hernández. 1986. Herbivory in a small iguanid lizard, *Sceloporus torquatus torquatus*. 20: 262-264.

<sup>8</sup> Mautz, W. J., and W. Lopez-Forment. 1978. Observations on the activity and diet of the cavernicolous lizard *Lepidophyma smithii* (Sauria: Xantusidae). 34: 311-313.

<sup>9</sup> Méndez, F. R., y M. Villagrán. 1983. Contribución al conocimiento de la ecología y ciclo reproductor de la lagartija vivípara *Sceloporus mucronatus mucronatus*.

Therefore, herbivory or at least omnivory may be more important in lizards than previously believed. In this paper we document the omnivorous diet of a population of *Sceloporus mucronatus mucronatus* in Sierra del Ajusco, Distrito Federal, Mexico.

*Sceloporus mucronatus mucronatus* (Cope) is a medium to large phrynosomatid lizard (Frost and Etheridge, 1989<sup>10</sup>) that is distributed in parts of the states of Hidalgo, Veracruz, Puebla, and Mexico at high elevations (Smith, 1936)<sup>11</sup>. It is abundant on rock outcrops and ledges with crevices for refugia. Breeding activity is largely autumnal with parturition in the spring (Méndez *et al.*, 1988)<sup>12</sup>. Méndez and Villagrán, *op. cit.*, first reported the omnivorous tendencies of *S. m. mucronatus*.

The study site was located in Sierra del Ajusco, Distrito Federal, Mexico (3,500 m in elevation) near km. 24.5 on the Ajusco-Tianguistenco highway (Mex Hgw 892). Average annual rainfall is 1,340 mm with less than 5% of this occurring in the winter (García, 1973)<sup>13</sup>. The study site was a Pine forest (*Pinus hartwegii* Lindl) with a considerable amount of basaltic rocks and lava where *S. m. mucronatus* were easily observed. Individual *S. m. mucronatus* were captured with a noose between May and August 1991. To ensure full stomach contents collection time was between 1100 and 1300 hrs. after the typical morning feeding period. Sex, snout-vent length (SVL) to the nearest 0.1 mm., total length (TL) to the nearest 0.1 mm, and wet body mass (BM) to the nearest 0.1 g were recorded for each lizard. Lizards were sacrificed by alcohol injection into the brain within 2-3 hrs of capture, and were preserved in 10% formalin, and later transferred to 70% alcohol. Stomach contents were examined under a dissecting microscope, and individual food items were identified. The volume of food items of a taxonomic category in a single stomach was determined to the nearest 0.001 ml by water displacement with a pipette. Difference in the proportion of plant material consumed between sexes were compared using analysis of variance (ANOVA). Diversity of stomach contents by volume were obtained by Shannon-Wiener index (1949, *in* Brower and Zar 1979)<sup>14</sup>:

$$H' = - \sum n_i / N \log n_i / N$$

where  $n_i$  = volume of food items of the same taxonomic category in a single sample, and  $N$  = volume of all food items in a single sample.

<sup>10</sup> Frost, D. R., and R. Etheridge. 1989. A phylogenetic analysis and taxonomy of iguanid lizards (Reptilia: Squamata). 81:1-65.

<sup>11</sup> Smith, H. M. 1936. The lizards of the *torquatus* group of the genus *Sceloporus* Weigman 1828. 24. 539-693.

<sup>12</sup> Méndez, F. R., L. J. Guillette, M. Villagrán, and G. Casas-Andreu. 1988. Reproductive and fat body cycles of the viviparous lizards, *Sceloporus mucronatus* (Sauria: Iguanidae), 22: 1-12.

<sup>13</sup> García, E. 1973. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen.

<sup>14</sup> Brower, J. E., and J. H. Zar. 1979. Field and laboratory methods for general ecology.

A total of 25 *S. m. mucronatus* was collected (16 males and 9 females). Snout-vent length and mass of females average 81.72 mm (range 65.1 - 87.8, SE = 2.39), and 22.69 g (range 11 - 27.5, SE = 1.768) respectively. For males, average snout-vent length was 97.11 mm (range 90.0 - 105.0, SE = 1.14), and average body mass was 40.12 g (range 32.0 - 45.0, SE = 1.154).

Average individual stomach volume was 2.15 ml  $\pm$  0.173. Summer diet for *S. m. mucronatus* was omnivorous with a total of 38.7% plant material (leaves and flower parts) and 58.6% arthropods, principally insects.

COLEOPTERA represented more than 70% of all arthropods and among other food types only LEPIDOPTERA, mostly LARVAE (6.9%) and ARACHNIDA (3.6%) exceeded three percent. The remaining 2.6% of the total volume was represented by a lizard (*Barisia imbricata*) that was found in an adult male (JLE00040, SVL = 91.0 mm, BM = 33.0 g) collected on August first, *vid., infra.*, Table N° 1.

Plant material was minimal in specimens collected on 25 May and 3 June (4.5 and 11.6% for May and June respectively). In these same months the largest percentage of the total volume of items consumed was represented by coleopterans (93.3 and 70.8% for May and June respectively).

Conversely, plant material on 27 July and 1 August was the most prevalent food type (41.6 and 58.3% for July and August respectively). In these later samples, coleopterans represented 28.4 and 24.5% in July and August respectively.

Perhaps the increase in relative amounts of plant material in late summer resulted from increased availability of early growth vegetation following summer rains. In early summer, rainfall is low and plant material is dry, and incidental and/or deliberate ingestion might be expected to occur when plants are more abundant and of higher quality. However, high abundance of coleopterans could result from a low foraging cost for individuals *S. m. mucronatus* in early summer.

Stomach contents of lizards collected on 25 May and 3 June, contained many small coleopterans (principally Scarabidae) that might indicate the emergence of these insects.

This agrees with Mendez and Villagran, *op. cit.*, who reported stomach contents from another population of *S. m. mucronatus* near our study site. They found the largest amount of plant material to be consumed in winter months and August, with the smallest amounts in May.

Taxon	Mean individual volume (%)	Total volume (%)	Frequency of occurrence (%)
Plant material	41.97±6.131 (n=24)	38.761	96
Animal material	58.57±6.270 (n=25)	61.239	100
INSECTA	52.22±5.964 (n=25)	54.995	100
COLEOPTERA	39.52±6.657 (n=25)	41.819	100
CARABIDAE	11.64±4.060 (n= 8)	4.446	32
COCCINELIDAE	3.23±0.898 (n= 4)	0.562	16
SCARABIDAE	34.44±6.900 (n=25)	35.928	100
TENEBRIONIDAE	9.18±6.492 (n= 2)	0.881	8
DERMAPTERA	4.57 (n = 1)	0.150	4
DIPTERA	6.70±3.005 (n= 2)	0.412	8
HEMIPTERA	18.28 (n = 1)	0.600	4
PENTATOMIDAE	18.28 (n = 1)	0.600	4
HYMENOPTERA	13.51±3.380 (n= 5)*	2.851	24
AMPULICIDAE	6.12±4.135 (n= 2)*	0.281	12
APIDAE	11.32±4.311 (n= 3)	1.125	12
FORMICIDAE	10.68±4.751 (n= 2)	1.444	8
LEPIDOPTERA**	10.02±4.148 (n= 9)	4.033	36
ORTHOPTERA	11.01±4.377 (n= 2)	0.487	8
GRILLACIDIDAE	11.01±4.377 (n= 2)	0.487	8
Unidentified insect parts	6.91 (n= 10)	4.596	40
ARACHNIDA	11.09±1.686 (n= 8)	3.639	32
VERTEBRATA	77.90 (n = 1)	2.645	4
REPTILIA	77.90 (n =1)	2.645	4

**Table N° 1.** Mean individual volume percentage ± one standar error, total volume percentage, and frequency of occurrence in stomach samples of *Sceloporus m. mucronatus*. \*Plus one untracked individual, \*\*LEPIDOPTERA were represented only by larvae.

The size of the ingested *B. imbricata* (ca. 45.0 mm SVL) suggests predation rather than incidental ingestion. In addition, we have observed *S. m. mucronatus* to ingest small *Sceloporus grammicus* in lab conditions.

Minimal diversity of prey items occurred in the 25 May sample ( $H' = 0.124$ ). This could be the result of small sample size for this date ( $n = 2$ ). Diversity values of the other samples (June 3 = 0.621, July 27 = 0.708, and August 1 = 0.639) confirmed that *S. m. mucronatus* has a generalist diet consuming plant and animal matter in similar proportions.

No significant difference was detected on the percentage of plant material consumed between sexes ( $F_{1,21} = 0.01$ ,  $P > 0.05$ ). There was no significant relationship between lizard SVL and the proportion of ingested plant material ( $r = 0.376$ ,  $N = 25$ ,  $0.05 < P < 0.065$ ). However, the range of body sizes was very narrow in both sexes.

The near significant P-value suggests a relationship between these variables might exist although this conclusion is contingent upon larger sample sizes over a larger range of body sizes.

Pough, *op. cit.*, proposed that lizards could be classified as carnivores, omnivores primarily carnivores, omnivores primarily herbivores, and strict herbivores. Lizards weighing less than 50-100 g are usually carnivorous, with a few exceptions (e.g. *Dipsosaurus dorsalis* body mass = 25.0 - 75.0 g) representing lizards with ecological specializations as tolerance to high temperatures at which few predators and competing lizards are present but at this temperatures there are also few insect active for it to eat, resulting in a herbivorous diet despite their small body size. However, *S. m. mucronatus* in this study was found to consume large amounts of plant material (38.7%) despite its small body mass.

According to Pough small lizards feeding on vegetation might be the result of high energetic cost of foraging for insects. However, we observed that at this site individual *S. m. mucronatus* were highly active during the summer between 1,000 and 1,400 hrs. In this time interval, lizards were observed moving among rocks in excess of 10 m. often engaging in behavioral displays. We assume that aerobic metabolic cost for these activities are be high.

Predation may also constrain feeding activity areas to vegetation (Pough, *op. cit.*). We observed several individual rattlesnake in the summer (*Crotalus triseriatus*,  $N = 14$ ) in this study site. Four individual *C. triseriatus* were found under basaltic rocks, and two were basking on these rocks in close proximity to *S. m. mucronatus*. Although we did not observe *C. triseriatus* to feed on *S. m. mucronatus* such predation likely occurs and may restrict feeding activities of these lizards.

A third possibility is that *S. m. mucronatus* could be constrained by phylogeny. *Sceloporus m. mucronatus* is in the *torquatus* group of the genus *Sceloporus* of the 12 species in the *torquatus* group three are known to have herbivorous tendencies (*S. mucronatus*, Méndez and Villagrán, *op. cit.*, *S. poinsetti*, Ballinger *et al.*, *op. cit.*; Smith and Milstead (1971)<sup>15</sup>; Stebbins (1954)<sup>16</sup>; and *S. torquatus*, Burquez *et al.* 1986) and others (e.g. *S. cyanogenus*) are likely to be partly herbivorous, but at least one (*S. jarrovi*, Ballinger and Ballinger, 1979)<sup>17</sup> species consumes little vegetation (1.7 - 13.9% by volume). Evolution of herbivory in this group of *Sceloporus* may have occurred early in the evolution of the group. Thus, phylogenetic history rather than ecology may explain plant consumption by *S. m. mucronatus*.

## REFERENCES

- Abts, M. L. 1987. Environmental and variation in life history traits of the chuckwalla, *Sauromaulus obesus*. *Ecol. Mong.* 57: 215-232. USA.
- Auffenberg, W. 1982. Feeding strategy of the Caicos ground iguana *Cyclura carinata*. In: Burghardt, G.M., and S. Rand (eds), *Iguanas of the world, their behavior, ecology, and conservation*. pp:84-116. Noyes Publ. Park Ridge, N.J. USA.
- Ballinger, R. E., M. E. Newlin, and S. J. Newlin. 1977. Age specific shift in the diet of the crevice spiny lizard *Sceloporus poinsetti* in Southwestern New Mexico. *Ame. Midl. Nat.* 97: 482-484. USA.
- Ballinger, R. E., and R. A. Ballinger. 1979. Food resource utilization during periods of low and high food availability in *Sceloporus jarrovi* (Sauria: Iguanidae). *Southwest. Nat.* 24: 347-363. USA.
- Brower, J. E., and J. H. Zar. 1979. Field and laboratory methods for general ecology. Wm. C. Brown. Co. USA. 194 p.

---

<sup>15</sup> Smith, D. D. and W. W. Milstead. 1971. Stomach analysis of the crevice spiny lizard (*Sceloporus poinsetti*). 50: 837-844.

<sup>16</sup> Stebbins, R. C. 1954. Amphibians and Reptiles of Western North America.

<sup>17</sup> Ballinger, R. E., and R. A. Ballinger. 1979. Food resource utilization during periods of low and high food availability in *Sceloporus jarrovi* (Sauria: Iguanidae). 24: 347-363.

- Burquez, A., O. Flores-Villela, and A. Hernandez. 1986. Herbivory in a small iguanid lizard, *Sceloporus torquatus torquatus*. J. Herpetol. 20: 262-264. USA.
- Frost, D. R., and R. Etheridge. 1989. A phylogenetic analysis and taxonomy of iguanid lizards (Reptilia: Squamata). Univ. Kansas Mus. Nat. Hist. Misc. Publ. 81:1-65. USA.
- García, E. 1973. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. Instituto de Geografía, UNAM, Mexico.
- Iverson, J. B. 1982. Adaptations to herbivory in iguanine lizards. In: Bughardt, G.M., and S. Rand (eds.). Iguanas of the world, their behavior, ecology, and conservation. pp. 60-76. Noyes Publ. Park Ridge, N.J. USA.
- Mautz, W. J., and W. Lopez-Forment. 1978. Observations on the activity and diet of the cavernicolous lizard *Lepidophyma smithii* (Sauria: Xantusidae). Herpetologica 34: 311-313. USA.
- McBee, R. H., and V. H. McBee. 1982. The hindgut fermentation in the green iguana, *Iguana iguana*. In: Bughardt, G.M., and S. Rand (eds.). Iguanas of the world, their behavior, ecology, and conservation. pp. 77-83. Noyes Publ. Park Ridge, N.J. USA.
- Méndez, F. R. y M. Villagrán. 1983. Contribución al conocimiento de la ecología y ciclo reproductor de la lagartija vivípara *Sceloporus mucronatus mucronatus*. Tesis de Licenciatura (Biólogo). Escuela Nacional de Estudios Profesionales Iztacala, Mexico.
- Méndez, F. R., L. J. Guillette, M. Villagrán and G. Casas-Andreu. 1988. Reproductive and fat body cycles of the viviparous lizards, *Sceloporus mucronatus* (Sauria: Iguanidae). J. Herpetol. 22: 1-12. USA.
- Pough, F. H. 1973. Lizard energetics and diet. Ecology 54: 837-854. USA.
- Smith, D. D., and W. W. Milstead. 1971. Stomach analysis of the crevice spiny lizard (*Sceloporus poinsetti*). Ecology 50: 837-844. USA.
- Smith, H. M. 1936. The lizards of the *torquatus* group of the genus *Sceloporus* Weigman 1828. Univ. Kansas Sci. Bull. 24: 539-693. USA.
- Stebbins, R. C. 1954. Amphibians and Reptiles of Western North America. McGraw-Hill. New York. USA.

## Acknowledgments

A permit (412.2.1.2.0.06869 Dirección General de Conservación Ecológica de los Recursos Naturales) to collect specimens for research was kindly granted by Dr. Graciela de la Garza García. John Rowe and Geoff Smith provide useful comments on an early draft of this manuscript. This research was supported by Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias (INIFAP), and Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología de México (CONACyT).

