

EVALUACIÓN DASOMÉTRICA, FENOLOGICA Y SANITARIA DEL AHUEJOTE, *Salix bonplandiana* H B K, EN EL ÁREA CHINAMPERA DE XOCHIMILCO, D F.

Quintero de Anda Raúl *
Villa Salas Avelino B. **

RESUMEN.

Se realizó una evaluación dasométrica, fenológica y sanitaria de la población de árboles de la especie *Salix bonplandiana* H B K, de la zona de chinampas de Xochimilco, al sur del Distrito Federal, México.

Determinando los diámetros normales (DAP) y las alturas de una muestra de 682 árboles, que se agruparon en clases diamétricas y de altura, así como en función del tipo de uso del suelo. Para la evaluación fenológica, se determinaron 7 fenofases en 12 sitios de muestreo y la evaluación sanitaria se realizó en los mismos sitios, con base en la detección de 12 tipos de daños.

El estudio permitió la colecta de 23 especies vegetales y 19 familias botánicas. Con la información dasométrica, se determinó la frecuencia de árboles por clases diamétricas y de altura, por tipo de uso del suelo, así como la densidad promedio para cada tipo de uso del suelo.

Los daños observados con mayor frecuencia en el arbolado fueron:

- Puntas secas	30%
- Defoliación fuera de temporada	30%
- Hojas manchadas	20%

Los agentes causantes de los mayores daños son los insectos y los hongos, destacando la plaga del gusano de bolsa (*Malacosoma incurvum* var. *aztecum* Neumogen).

* Biólogo. M C. Investigador del Campo Experimental Coyoacán, D F. CIR-Centro. INIFAP-SARH.

** Ingeniero Agrónomo Forestal. Ex-Investigador del Campo Experimental Coyoacán, D F. CIR-Centro. INIFAP-SARH.

Se concluye que las chinampas con uso del suelo agrícola y turístico tienen el arbolado mejor conformado y más sano, no así las de usos del suelo urbano y abandonadas, en las que se presentan mayores daños mecánicos.

La fenología del ahuejote se ve afectada por cambios microclimáticos que hacen variar las fenofases.

Se recomienda desarrollar un programa integral de manejo forestal para la restauración y conservación del ecosistema, que comprenda la generación de tecnologías para el establecimiento, manejo y protección de las plantaciones, incluso con la participación del sector social.

Palabras clave: Sauce, *Salix bonplandiana*, chinampa, Xochimilco.

ABSTRACT.

A dasometric, phenological and sanitary study was conducted in a population of *Salix bonplandiana* H B K, located in the "chinampas" area of Xochimilco, south of Mexico City.

It was determined the diameter (DBH), and height in a 682 sample trees, that were agruped on diameter and height classes and according with of the use of land. In the phenological study, it was determined 7 phases in 12 sample plots and the sanitary evaluation was conducted in the same sample plots, with the detection of 12 different tipos of damages.

The study include the collection of 23 vegetal species of 19 botany families. With the dasometric information, it was determined the frecuece of each diameter and height classes by tipe of use of land.

The most frecuent damage observed were:

- | | |
|-----------------------------|-----|
| - Died tops | 30% |
| - Defoliation out of season | 30% |
| - Stain leaves | 20% |

Most important agents of damage were the insects and fungiae the worm *Malacosoma incurvum* var. *aztecum* Neumogen, is the most important.

It was observed that the "chinampas" with agriculture and turism uses of land had the

better formed and healthy trees in comparison with the urban and abandoned uses, where the trees presented more mechanic damages.

The *Salix bonplandiana* phenology was been affected by microclimatic changes that provoke phase variations.

It was recomendad an integrated forest management program for the restoration and conservation of the ecosystem, that include the generation of technology for the stablishment, management and protection of the plantation with the social community participation.

Key words: Willow, *Salix bonplandiana*, chinampas, Xochimilco.

INTRODUCCIÓN.

A lo largo de los canales de la zona lacustre de las delegaciones Xochimilco y Tláhuac del Distrito Federal, se localiza la especie arbórea *Salix bonplandiana* H B K, comúnmente conocida como ahuejote, la cual tiene importancia, porque propicia el anclaje del suelo y la retención de humedad por medio de su sistema radicular, lo cual sirve como barrera física para la protección de los cultivos propios de las chinampas; destacando, además, la facilidad de su propagación vegetativa y una excelente tolerancia a excesos hídricos, que son característicos en estas zonas.

Actualmente, dentro del área chinampera se han detectado diferentes factores que ocasionan mermas a este ecosistema, entre los cuales se pueden mencionar:

- Azolvamiento de canales.
- Contaminación de aguas.
- Inundaciones.
- Salinización.
- Plagas y enfermedades de diferentes plantas, entre ellas del mismo ahuejote.

Por considerar que este árbol es elemento importante para el soporte de la estructura de las chinampas y la agricultura de estas áreas, es necesario cuantificar su número y sus dimensiones, así como evaluar las condiciones ecológico-silvícolas en que se desarrolla esta especie.

Este trabajo busca ampliar el conocimiento que se tiene de las poblaciones de ahuejote del área chinampera de Xochimilco, en lo que respecta a sus características dasométricas, su fenología y estado sanitario.

DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO.

El área de estudio se localiza en el Distrito Federal, en la delegación de Xochimilco, en colindancia con la de Tláhuac, y comprende una superficie aproximada de 864 hectáreas de chinampería¹; cuenta con características de clima templado, tiene una altitud de 2 236 metros sobre el nivel del mar en el cruce de los canales del Bordo y San Sebastián.

El 27% de la superficie cultivada en el Distrito Federal, se encuentra en la delegación de Xochimilco, en la cual se genera 30% de los productos agrícolas de esta entidad.

En la parte central de esta delegación se encuentra la llamada "zona de los canales", que tiene gran valor como área agrícola, aunque algunas de sus partes se encuentran en franco deterioro².

La sobreexplotación hidráulica en esta zona, agotó el caudal de los manantiales y ha provocado hundimientos, y desnivel de terrenos; impidiendo la circulación del agua con el consecuente deterioro de su calidad y la destrucción del paisaje, Rodríguez, *op.cit.*

Las características principales de la hidrografía de la cuenca, se encuentran condicionadas regionalmente por la permeabilidad de los suelos y por las variaciones climáticas que se registran en la zona³.

Los principales escurrimientos en la cuenca hidrológica de Xochimilco, que se presentan intermitentes en época de lluvias, entre los meses de mayo a octubre, son:

- Arroyo de San Buenaventura, con cabecera en la montaña del Ajusco.
- Arroyo Santiago, con cabecera en el volcán Pelado en las inmediaciones de la población de Parres.
- Arroyo San Lucas con cabecera en el volcán Cuautzin.
- Arroyo San Gregorio con cabecera en el área montañosa de Milpa Alta.

Estos arroyos presentan escurrimientos torrenciales en época de lluvias, mientras que durante el estiaje son débiles, ya que responden a abastecimientos de agua subterránea, como lo señala González, *op.cit.*

Se deben mencionar los graves impactos que han afectado al ciclo hidrológico de la zona lacustre de Xochimilco, como son la desaparición de manantiales, provocándose el abatimiento de los niveles freáticos del vaso lacustre, por lo que éste se ha desecado y ha

¹ S A R H. 1988. Estudio actual del suelo en la zona lacustre de Xochimilco-Tláhuac.

² Rodríguez, L. J. 1987. "Delegación Xochimilco". pp. 320-324.

³ González, M. A. *et al.* 1990. Plan para la regeneración ecológica y el desarrollo regional de la cuenca hidrológica de Xochimilco.

provocado a su vez, pérdida de humedad en los suelos, los cuales se han compactado y hundido.

Destaca también como factor de perturbación ecológica de la zona lacustre, el uso de aguas tratadas para el riego agrícola y los requerimientos de alimentación de canales y lagos, lo que a la fecha ha resultado insuficiente y de mala calidad, González, *op.cit.*

La importancia hidrológica de esta área radica en la presencia de zanjas y canales que limitan las chinampas y se comunican entre sí; la mayoría de éstas son heterogéneas en cuanto a tamaño y forma, siendo más frecuentes las rectangulares muy alargadas.

La característica peculiar de que las chinampas estén rodeadas por canales, permite mantener la humedad, ya que el agua se infiltra fácilmente en el suelo poroso y resulta sencillo tomar de ellos el agua necesaria para su riego; estos canales sirven además como vías de comunicación por medio de canoas⁴.

El resultado de la unión de islotes trajo como consecuencia chinampas de extensiones mayores de formas geométricas complicadas, que en la actualidad se han separado para la mejor y mayor circulación de agua por los canales, West y Armillas, *op.cit.*

El suelo de las chinampas se caracteriza por ser rico en materia orgánica, con altas concentraciones de nitrógeno y de textura limosa, composición que es de gran utilidad para la agricultura de esta región.

El arbolado característico de esta zona lo constituyen los ahuejotes, los cuales son plantados con el fin de fijar las chinampas al fondo del lago y para evitar su desmoronamiento, encontrándose, por lo tanto, únicamente en sus márgenes.

También se pueden localizar:

- Algunos eucaliptos: *Eucaliptus camandulensis.*
- Casuarinas: *Casuarina equisetifolia.*
- Tepozanes: *Buddleia parviflora.*

Este arbolado cambia circunstancialmente el paisaje de la chinampería.

En relación con la fauna silvestre, se ha establecido que el 60% de las aves que habitan

⁴ West, R. C. y Armillas, P. 1983. "Las chinampas de México, poesía y realidad de los jardines flotantes". pp. 99-114.

en el Distrito Federal son migratorias, y sólo se encuentran en determinadas épocas del año en las zonas lacustres.

En Xochimilco se observan:

Ocho especies de garzas
Siete especies de patos

Familia Ardeide.
Familia Anatidae.

Aves canoras como:

Jilgueros y primavera
Colibríes
Verdugillo común

Familia Muscicapidae.
Familia Troavilidae.
Lanius ludovicianus, familia Lanidae.

Una especie de gorrión confinada
a las zonas lacustres de Xochimilco
y Tezcoco

Melospiza melodia, subfamilia Emberizinae⁵.

Los anfibios más frecuentes son:

El sapo excavador
Las ranas verdaderas
Los ajolotes

Scaphiopus multiplicatus,
Rana montezumai y *R. brownorum*.
Ambystoma mexicanum y *A. trigrinum*.

En otros tiempos muy abundantes.

Entre los reptiles se cuenta con diversas especies de lagartijas y serpientes; de estas últimas destacan por su abundancia en los canales:

Las culebras de agua
Las culebras cascabel de agua

Thamnophis eques y *T. scalaris*.
*Crotalus polystictus*⁶.

Algunos peces como las carpas (*Cyprinus carpio*), están presentes a pesar del alto nivel de contaminación de las aguas.

⁵ Eguiarte, F. L. E. 1985. "Las aves". pp. 29-32.

⁶ Hernández, G. J. A. y Flores, O. A. 1985. "Los anfibios y los reptiles". pp. 33-36.

METODOLOGÍA.

Caracterización de la vegetación.

A fin de conocer las especies vegetales más comunes en las chinampas muestreadas y en los canales que las rodean, se colectó material botánico para su determinación.

También se colectaron muestras de organismos que se pudieron encontrar en la superficie de los troncos, ramas, hojas e incluso amentos femeninos o masculinos, que manifestaron algún daño físico, para su posterior determinación si fuera factible.

Evaluación dasométrica.

Para estudiar el área donde se localiza el ahuejote, se consideró una superficie de 1 000 hectáreas aproximadamente, dentro de la cual se ubicaron 12 sitios de muestreo rectangulares de 1 000 m² cada uno (20 metros de ancho por 50 m de largo).

La superficie muestreada se subdividió de acuerdo con las cuatro características de uso de suelo donde se ubicaron los sitios de muestreo, de la manera siguiente:

TIPO USO DE SUELO	NÚMERO DE SITIOS
AGRÍCOLA	5
TURÍSTICO	2
URBANO	2
ABANDONADO	3
SUMA:	12

Cuadro N° 1. Características de uso de suelo.

Cada uno de estos sitios recibió el nombre del lugar más cercano al que se encontró, clasificándose además por el tipo de uso del suelo donde se ubicó.

SITIO N°	NOMBRE DEL SITIO	TIPO USO DE SUELO
1	Canal del Bordo	Agrícola
2	Puente de Urrutía	Agrícola
3	Canal Tlicuili	Agrícola
4	Canal Teshuilo	Agrícola
5	Canal Apatlaco	Agrícola
6	Canal Caltongo	Turístico
7	Canal Belén	Turístico
8	Canal Apampilco	Abandonado
9	Canal Nacional I	Abandonado
10	Canal Nacional II	Abandonado
11	La Gualupita	Urbano
12	La Concepción Tlacoapa	Urbano

Cuadro N° 2. Clasificación y denominación de los sitios de muestreo.

En los 12 sitios de muestreo se ubicaron 682 ahuejotes, mismos que constituyen la muestra.

Para la evaluación dasométrica, se tomaron los siguientes datos en todos los árboles incluidos en los sitios de muestreo:

- Diámetros normales o D A P en centímetros (medidos a 1.3 m de altura), con utilización de cintas diamétricas.

- Altura en metros, empleando clinómetros-hipsómetros de péndulo (marca Haga).

Las mediciones de los diámetros normales se agruparon en clases diamétricas.

Por lo que respecta a las mediciones de las alturas, éstas se agruparon en clases de altura, como se indica en el cuadro N° 3.

CLASES DIAMÉTRICAS		AMPLITUD	
1	Hasta	9 cm	
2	de	10 a 18 cm	
3	de	19 a 27 cm	
4	de	28 a 36 cm	
CLASES DE ALTURA		AMPLITUD	
1	Hasta	4 m	
2	de	5 a 8 m	
3	de	9 a 12 m	
4	de	13 a 16 m	
5	de	17 a 20 m	

Cuadro N° 3. Clases diamétricas y de altura.

Con el fin de hacer el análisis estadístico de la información dasométrica de los ahuejotes que integraron la muestra (diámetros normales y alturas), de acuerdo con el tipo de uso de suelo de las chinampas, en las cuales se encontraron tales muestras, se aplicó primero la prueba "t" Student, que tiene como principal objetivo determinar si existe diferencia estadísticamente significativa entre las medias de dos poblaciones.

Al tener en cuenta que la muestra se encuentra agrupada en los cuatro usos de suelo en que se clasificaron las chinampas, se requirió del empleo del análisis de diseños

completamente aleatorios de grupos pares⁷.

Dado que se requiere tomar una decisión respecto a estas diferencias, se plantea una hipótesis nula que marca el razonamiento de que no hay diferencia estadísticamente significativa entre las medias:

$$H_0 : \mu A = \mu B$$

Por el contrario, se tiene evidencia estadística experimental para apoyar la hipótesis alternativa; es decir, que las medias poblacionales de A y B, son estadísticamente diferentes, y entonces tendremos:

$$H_a : \mu A \neq \mu B$$

En el caso de los datos que se analizan, se tiene la necesidad de comparar seis grupos de pares, Scheffler, *op.cit.*

Dado que la posibilidad de error aumenta con el número de comparaciones de diferencias significativas, se realizó un análisis de varianza, para determinar las diferencias estadísticamente significativas entre las varianzas de tres o más grupos de datos.

En lugar de usar las medias; como en el caso anterior, se aplicó para grupos desiguales, por presentarse diferente número de individuos (ahuejotes), en cada tipo de uso de suelo, donde la hipótesis nula que se planteó fue:

$$H_0 : \mu A = \mu B = \mu C = \mu D$$

Lo que es una manera simbólica de establecer que no hay diferencias significativas entre los diámetros normales y las alturas de los ahuejotes muestreados en los distintos tipos de uso del suelo, contra la hipótesis alternativa de que las medias de los parámetros medidos no son iguales; hipótesis alternativa que puede enunciarse como sigue:

$$H_a : \text{no todas las } \mu \text{ son iguales}$$

Se consideró que la distribución de Fc (calculada), estuviera dentro del 95% de confiabilidad.

Una vez calculadas las sumas de cuadrados para el "total" de los "tratamientos" y los "residuos", se programó elaborar una tabla de análisis de varianza.

⁷ Scheffler, W. C. 1981. Bioestadística.

Evaluación fenológica.

Para obtener la información fenológica se estableció dentro de cada sitio, una muestra de monitoreo formada por un total de 20 ahuejotes, cinco árboles en cada uno de los cuatro tipos de uso de suelo considerados.

Nº	ETAPA FENOLÓGICA O FENOFASE
1	Brotos foliares
2	Inflorescencias
3	Defoliación natural
4	Maduración de semillas
5	Dispersión (lluvia) de semillas
6	Amarillamiento del follaje
7	Receso vegetativo

Cuadro N° 4. Etapas fenológicas registradas en su aparición (estación y mes).

Evaluación sanitaria.

Las manifestaciones de daños a los ahuejotes se evaluaron únicamente al indicar la presencia de ellos en los árboles que se encontraron en los sitios de muestreo.

Cuando en un árbol se observó la presencia de 2 o más daños simultáneamente, se registraron todos ellos.

Los daños a observar en los ahuejotes muestreados, se presentan en el cuadro N° 5.

Nº	TIPO DE DAÑO
1	Punta seca
2	Oquedad en el fuste
3	Ramas y fuste descortezados
4	Base del fuste quemada
5	Fuste con perforaciones
6	Fuste con pudrición y/o caído
7	Hojas mordidas ¹
8	Hojas enroscadas ¹
9	Hojas con galerías ¹
10	Hojas manchadas (ferruginosas y/o amarillas) ¹
11	Hojas con agallas ¹
12	Defoliados fuera de temporada

¹Dato registrado cuando el daño se presentó abarcando alrededor del 20% del follaje.

Cuadro N° 5. Daños en los ahuejotes muestreados.

RESULTADOS.

Caracterización de la vegetación.

La determinación de las especies vegetales colectadas en las chinampas muestreadas y en los canales que las rodean, se hizo con el apoyo del personal del Herbario Nacional Forestal "Biólogo Luciano Vela Gálvez", del Campo Experimental Forestal Coyoacán, perteneciente al Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias (INIFAP).

Los resultados se muestran en la siguiente relación, *vid., infra*, cuadro N° 6.

ESPECIES	FAMILIAS
<i>Pennisetum clandestinum</i> Hochst. ex Chiod.	Graminae
<i>Pennisetum</i> sp.	Graminae
<i>Cynodon</i> sp.	Graminae
<i>Cabomba</i> sp.	Nymphaeaceae
<i>Potamogeton lucens</i> Linn.	Potamogetonaceae
<i>Eichornia crassipes</i> L.	Pontederiaceae
<i>Lemna gibba</i> Linn.	Lemnaceae
<i>Nymphaea mexicana</i> Zuc.	Nymphaeaceae
<i>Hydrocotyle</i> sp.	Umbelliferae
<i>Jaegeria bellidiflora</i> D. C.	Compositae
<i>Typha latifolia</i> L.	Typhaceae
<i>Typha angustifolia</i> L.	Typhaceae
<i>Juncus effusus</i> L.	Juncaceae
<i>Cyperus</i> sp.	Cyperaceae
<i>Rumex maritimus</i> L.	Polygonaceae
<i>Rumex crispus</i> L.	Polygonaceae
<i>Urtica dioica</i> var. <i>angustifolia</i> Willd.	Urticaceae
<i>Fraxinus uhdei</i> (Wenzig) Lingelsh.	Oleaceae
<i>Eucalyptus camandulensis</i>	Myrtaceae
<i>Erythrina americana</i> Mill.	Leguminosae
<i>Buddleia parviflora</i> HB K	Loganiaceae
<i>Casuarina equisetifolia</i> L.	Casuarinaceae
<i>Schinus molle</i> L.	Anacardiaceae

Cuadro N° 6. Determinación de especies vegetales colectadas.

Evaluación dasométrica.

Con la información dasométrica obtenida en los doce sitios, se determinó la frecuencia de ahuejotes en cada una de las clases diamétricas y de altura que se establecieron al hacer el inventario en las chinampas, de acuerdo con el uso de suelo con que fue calificada cada una de ellas.

En los dos cuadros que se muestran en seguida, se resumen estos resultados.

TIPO DE USO DE SUELO	CLASES DIAMÉTRICAS (centímetros)				TOTAL
	Hasta 9	10 a 18	19 a 27	28 a 36	
Agrícola	22	120	146	24	312
Turístico	6	49	113	17	185
Urbano	24	97	23	1	145
Abandonado	1	18	14	7	40
SUMAS:	53	284	296	49	682

Cuadro N° 7. Frecuencia de los ahuejotes muestreados en cada una de las clases diamétricas y tipo de uso de suelo de las chinampas.

TIPO DE USO DE SUELO	CLASES DE ALTURA (metros)					TOTAL
	Hasta 4	5 a 8	9 a 12	13 a 16	17 a 20	
Agrícola	15	48	93	124	32	312
Turístico	0	27	66	91	1	185
Urbano	15	31	34	64	1	145
Abandonado	0	2	21	17	0	40
SUMAS:	30	108	214	296	34	682

Cuadro N° 8. Frecuencia de los ahuejotes muestreados en cada una de las clases de altura y uso de suelo de las chinampas.

Con estos resultados, se elaboraron histogramas de frecuencias de los diámetros normales y las alturas de todos los ahuejotes medidos, sin considerar el tipo de uso de suelo, pero agrupados en clases como ya se mencionó. (vid figura N° 1).

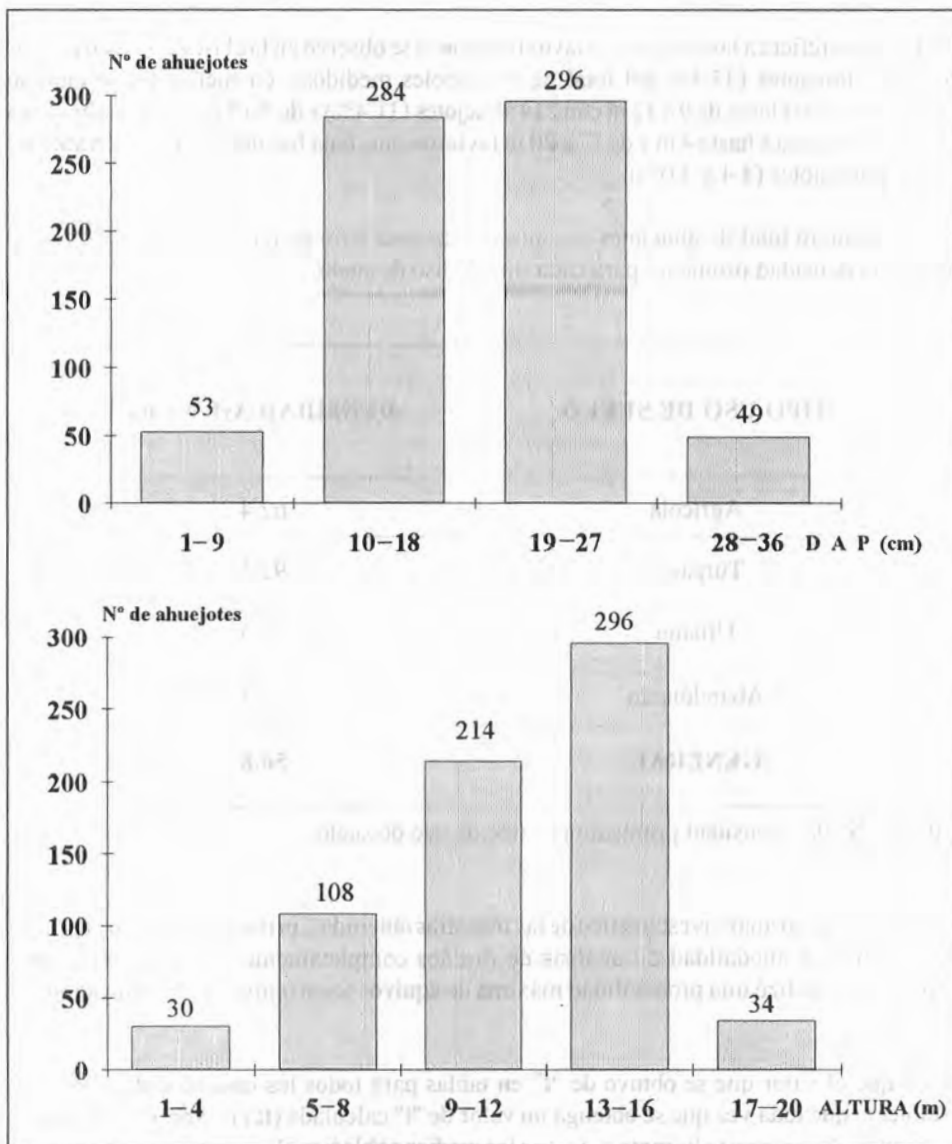


Figura N° 1. Histograma de frecuencias para alturas y diámetros en el área estudiada.

En la figura N° 1 (*vid., supra.*), se puede observar que la mayor frecuencia de diámetros normales se encontró en la clase cuya amplitud es de 19 a 27 cm, con 296 ahuejotes (43.4% del total de los árboles medidos); seguida muy de cerca por la clase de 10 a 18 cm, con 284 ahuejotes (41.6%); las clases hasta 9 cm y de 28 a 36 cm, tuvieron una frecuencia mucho menor a las anteriores, respectivamente 53 y 49 ahuejotes (7.8 y 7.2%).

En lo que se refiere a las alturas, la mayor frecuencia se observó en la clase de 13 a 16 metros con 296 ahuejotes (43.4% del total de los árboles medidos); en menor proporción se encontraron las clases de 9 a 12 m con 214 ahuejotes (31.4%) y de 5 a 8 m con 108 ahuejotes (15.8%); las clases hasta 4 m y de 17 a 20 m tuvieron muy baja frecuencia, respectivamente 30 y 34 ahuejotes (4.4 y 5.0%).

Con el número total de ahuejotes encontrados en cada sitio de muestreo de 1 000 m², se obtuvo la densidad promedio para cada tipo de uso de suelo.

TIPO USO DE SUELO	DENSIDAD Arb/0.1 ha
Agrícola	62.4
Turístico	92.5
Urbano	72.5
Abandonado	13.3
GENERAL	56.8

Cuadro N° 9. Densidad promedio por tipo de uso de suelo.

En lo referente al análisis estadístico de las muestras obtenidas, primero se realizó la prueba de "t" Student, modalidad de análisis de diseños completamente aleatorios de grupos pareados; se utilizó una probabilidad máxima de equivocación o nivel de significación del 0.05%.

Dado que el valor que se obtuvo de "t" en tablas para todos los casos fue de 1.960, se estableció que toda vez que se obtenga un valor de "t" calculada (tc) mayor a "t" de tablas, se aceptará la hipótesis alternativa, ya que las medias poblacionales serán estadísticamente diferentes.

Por otro lado, si se tiene que "t" calculada es menor a "t" de tablas, se acepta la hipótesis nula y por lo tanto se hará el razonamiento de que no hay diferencia estadística entre la media de la población. Los resultados de esta prueba se muestran en el cuadro N° 10.

USOS DE SUELO	tc (ALTURA)	tc (DIÁMETRO)
Turística-Urbana	1.1266	2.6700*
Turística-Agrícola	0.0431	0.8273
Turística-Abandonada	0.1788	0.3618
Agrícola-Urbana	1.1676	2.1685*
Agrícola-Abandonada	0.2021	0.4330
Abandonada-Urbana	0.8484	1.7657

* Únicos pares en los cuales se aceptó la hipótesis alternativa.

Cuadro N° 10. Análisis del diseño completamente aleatorio de grupos pareados.

En lo que se refiere a los resultados de grupos desiguales de tratamientos (F), se determina si existen diferencias estadísticamente significativas entre las varianzas intergrupales, entre los diámetros normales y las alturas de los ahuejotes en los cuatro grupos establecidos.

Diámetros normales.

Estimadores	TIPO DE USO DE SUELO			
	Urbano	Turístico	Abandonado	Agrícola
\bar{x}	15.300	21.000	20.900	19.500
$\sum x$	2 219.500	3 894.000	836.500	6 070.000
S ²	22.738	22.614	37.361	30.237
$\sum x^2$	36 851.750	86 147.000	20 540.000	127 526.500
n	145.000	185.000	40.000	312.000

$$\sum x^2 = 271\ 065.25; \sum x = 13\ 020; nT = 682; K = 4$$

$$Sc\ total = \sum x^2 - \frac{(\sum x)^2}{nT}$$

$$Sc\ tratamientos = \frac{(\sum x_{\mu})^2}{n_{\mu}} + \frac{(\sum x_T)^2}{n_T} + \dots + \frac{(\sum x)^2}{n_{total}}$$

$$Sc\ residuo = Sc\ total - Sc\ tratamientos.$$

$$Sc\ total = 77\ 754.48$$

$$Sc\ tratamientos = 27\ 141.48$$

$$Sc\ residuos = 50\ 513.00$$

Tabla de análisis de varianzas (diámetros normales).

F U E N T E	S C	g l	M C
Tratamiento	2 959.40	3	986.46
Residuo	19 542.21	678	28.82
Total	22 501.61	681	

Codificaciones:

S C = suma de cuadrados.

g l = grados de libertad.

M C = media esperada de los cuadrados.

$$F_c = \frac{M C\ tratamientos}{M C\ residuos} \quad F(3;678) = \frac{986.46}{28.82} = 34.22$$

Dado que el valor en tablas para la distribución de F al 0.05 es de 2.61, tenemos que:

$$F_t < F_c$$

Por lo tanto se acepta que no todas las medias de la población son iguales con respecto a

los valores de diámetros normales, por lo que la hipótesis alternativa se acepta.

Alturas.

TIPO DE USO DE SUELO

Estimadores	Urbano	Turístico	Abandonado	Agrícola
\bar{x}	10,210	11.630	12.000	11.580
$\sum x$	1 497.500	2 152.500	480.000	3 615.000
S2	13.357	5.401	2.812	13.698
$\sum x^2$	17 032.750	26 043.750	5 872.500	46 159.000
n	145.000	185.000	40.000	312.000

$$\sum x^2 = 95\ 108; \sum x = 7\ 727; nT = 682; k = 4$$

$$Sc\ total = 7\ 561.77$$

$$Sc\ tratamientos = 239.74$$

$$Sc\ residuo = 7\ 322.03$$

Tabla de análisis de varianzas (altura).

F U E N T E	S C	g l	M C
Tratamientos	239.74	3	79.81
Residuo	7 322.03	678	10.80
Total	7 561.77	681	

Codificaciones:

S C = suma de cuadrados.

g l = grados de libertad.

M C = media esperada de los cuadrados.

$$F_c = \frac{M C \text{ tratamientos}}{M C \text{ residuos}} \qquad F(3;678) = \frac{79.91}{10.80} = 7.399$$

Dado que el valor de tablas para la distribución de F al 0.05 es de 2.61, tenemos que:

$$F_t < F_c$$

Por lo que se acepta la hipótesis alternativa; no todas las " μ " son iguales; y se debe concluir que dada la variabilidad o las diferencias entre las medias grupales, en el análisis de varianza para grupos desiguales de tratamientos, entre alturas y diámetros normales en los diferentes tipos de uso de suelo, existe una diferencia estadísticamente significativa.

Evaluación fenológica.

Para determinar las épocas en que se presentaron las distintas etapas fenológicas, se hicieron observaciones en los 20 ahuejotes muestra seleccionados para tal fin, durante dos años (1989 y 1990).

Los resultados se muestran en la figura N° 2 (*vid., infra.*) y se describen enseguida:

- La aparición de brotes foliares ocurrió durante la primavera, de marzo a junio; las inflorescencias se presentaron enseguida, durante el verano, de julio a septiembre.

- La defoliación natural y la maduración de semillas se llevaron a cabo en forma casi simultánea durante el otoño, de octubre a diciembre.

- La dispersión o "lluvia" de semillas también tuvo lugar durante el otoño, de octubre de diciembre, aunque obviamente con mucho mayor frecuencia al final de la estación.

- El amarillamiento del follaje ocurrió principalmente a finales del otoño y a principios del invierno, en noviembre y diciembre, llegando en algunos casos hasta marzo, dependiendo de las condiciones microclimáticas durante el invierno; entre diciembre y marzo se presentó el receso vegetativo.

Todas las épocas en que se presentaron cada una de las etapas fenológicas o fenofases citadas, pueden variar por algunos días, de un año a otro, de acuerdo con las condiciones meteorológicas.

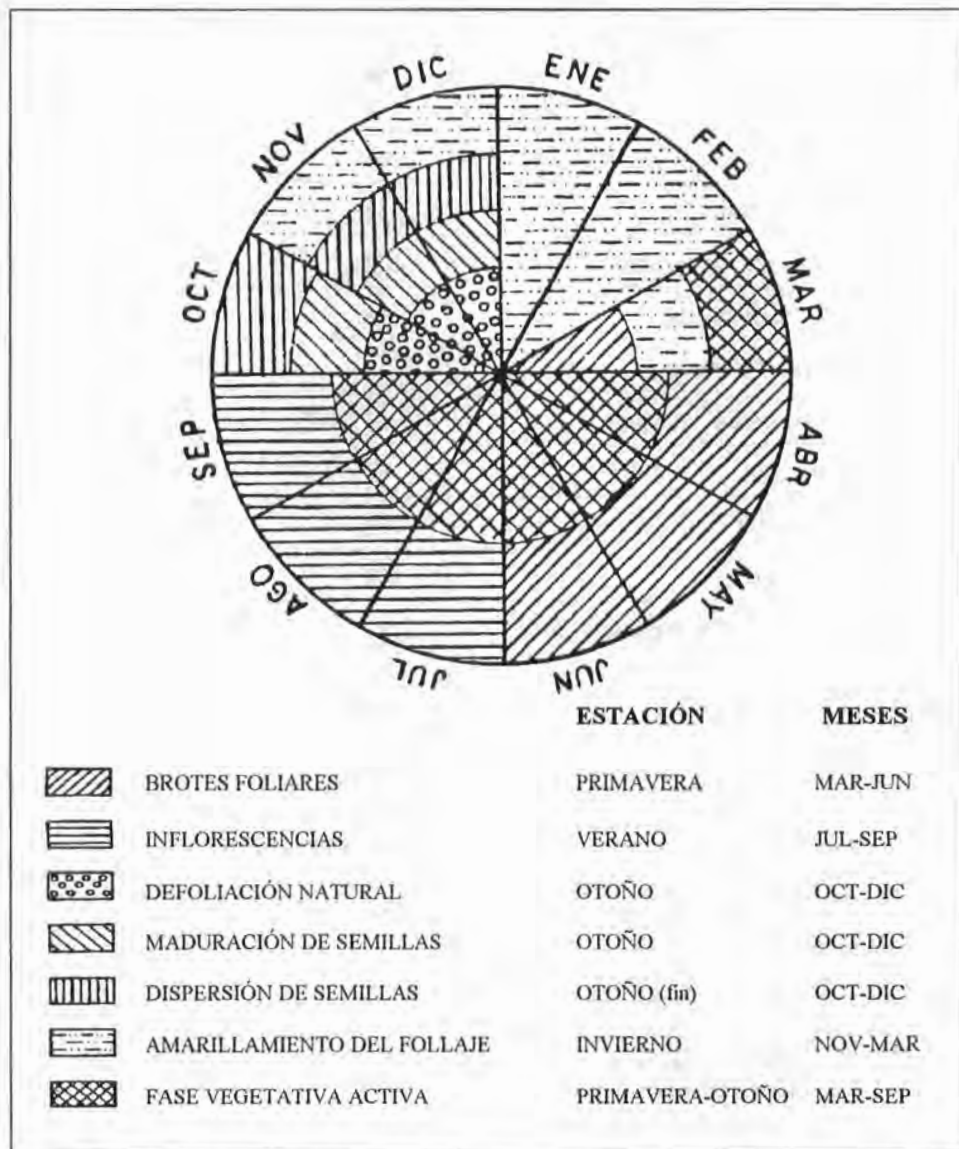


Figura N° 2. Fenología de los ahuejotes estudiados en Xochimilco durante 1989-1990.

Evaluación sanitaria.

En el cuadro N° 11, se indica la presencia de los diferentes tipos de daños que se observaron en los ahuejotes localizados en los sitios de muestreo.

TIPO DE DAÑO	Nº	PORCENTAJE
Punta seca	204	30
Oquedad en el fuste	34	5
Ramas y fuste descortezados	102	15
Base del fuste quemada	13	2
Fuste con perforaciones	34	5
Fuste con pudrición y/o caído	34	5
Hojas mordidas ¹	68	10
Hojas enroscadas ¹	34	5
Hojas con galerías ¹	102	15
Hojas manchadas (ferruginosas y/o amarillas) ¹	136	20
Hojas con agallas ¹	102	15
Defoliados fuera de temporada	204	30

¹Datos registrados cuando el daño se presentó abarcando alrededor del 20% del follaje.

Cuadro N° 11. Diferentes tipos de daño presentados.

Los daños observados con mayor frecuencia fueron:

- Puntas secas fuera de temporada: 30%
- Defoliación fuera de temporada: 30%
- Presencia de hojas manchadas: 20%
- Ramas y fustes descortezados: 15%
- Hojas con galerías: 15%
- Hojas con agallas: 15%
- El resto de los daños se presenta con menor frecuencia: 2% a 10%

Los agentes que causan los mayores daños a los ahuejotes son los insectos, los cuales

pueden ser defoliadores, chupadores, perforadores de la madera y formadores de agallas.

También se observó la incidencia de hongos que provocan la pudrición de madera y raíces, cuyo efecto posiblemente sea el secado de la punta del árbol.

Desde hace más de diez años, la plaga que afecta de mayor manera a los ahuejotes de Xochimilco, es el malacosoma o gusano de bolsa (*Malacosoma incurvum* var. *aztecum* Neumogen), ya que sus larvas ocasionan su defoliación.

En un principio estas larvas sólo ingieren el parénquima de las hojas jóvenes y es durante su tercer estadio cuando se alimentan también de las hojas maduras, evitando el peciolo.

A este insecto se le ha encontrado también en otras especies del género *Salix* y en varias del género *Prunus*, particularmente en el capulín (*Prunus capulli*)⁸.

En las chinampas clasificadas como de uso de suelo "abandonadas", se observó la defoliación provocada por el malacosoma o gusano de bolsa hasta en 70% de los ahuejotes, mientras que en las clasificadas como "agrícolas", sólo se presentó en 20% de estos árboles, debido probablemente a que se lleva a cabo algún tipo de control del insecto.

También se detectó la presencia de *Stenomacra marginella* y *Zelurus* sp., insectos dañinos pertenecientes al orden de los hemípteros, que se caracterizan por poseer partes bucales adaptadas para chupar y perforar.

Otro tipo de plaga que causa severos daños cualitativos y cuantitativos, es la de los formadores de agallas, ya que éstos inducen a los tejidos inmaduros a formar una estructura atípica, y por lo tanto, a un declinamiento metabólico que propicia una pérdida de la capacidad de captación de energía fotosintética y reduce el crecimiento de vástagos no lignificados⁹.

Las arañas rojas se encuentran sobre las hojas de la mayoría de los ahuejotes.

En los sitios de muestreo se observó y registró la presencia de brinzales muertos, provenientes de ahuejotes de vivero, plantados para evitar la erosión (desmoronamiento) de las orillas de las chinampas.

⁸ Filip, V. y Dirzo, R. 1985. "Tabla de vida del gusano de bolsa (*Malacosoma incurvum* var. *aztecum* Neumogen) (Lepidoptera: Lasiocampidae) en Xochimilco, D. F., México". pp. 31-45.

⁹ West, A. 1987. A review of insects affecting production on willows.

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES.

Los mayores diámetros normales promedio, se encuentran en los tipos de uso de suelo turístico (21.0 cm) y abandonado (20.9 cm), seguido muy de cerca por el agrícola (19.5 cm); mientras que este promedio en el uso de suelo urbano es el menor (15.3 cm).

Por lo que respecta a las alturas promedio, las mayores se observan en los tipos de uso de suelo abandonado (12.00 m), turístico (11.63 m) y agrícola (11.58m); mientras que el uso de suelo urbano presentó el menor promedio (10.21 m).

En el tipo de uso de suelo urbano se observaron los ahuejotes con menores dimensiones promedio, tanto de diámetros normales como de altura, aunque su densidad fue la segunda más alta (7.25 árboles/ha).

Por otro lado, se observa que los ahuejotes en los tipos de uso de suelo turístico y abandonado, tienen los mayores promedios de diámetros normales y altura; sin embargo, sus densidades son las extremas, ya que mientras en uso de suelo turístico se tiene la mayor densidad (9.25 árboles/ha), en el abandonado se presentó la menor (1.33 árboles/ ha).

En lo que se refiere a los ahuejotes muestreados en el tipo de uso de suelo agrícola, éstos ocuparon siempre el tercer lugar en dimensiones promedio (diámetros normales y altura) y en densidad (6.24 árboles/ha).

La figura N° 1 (*vid., supra*), señala claramente que en toda el área muestreada, sin distinguir tipos de uso de suelo, los ahuejotes de pequeñas dimensiones tienen una frecuencia muy baja; se tiene que la clase diamétrica menor (hasta 9 cm) sólo representa el 7.8% del total de árboles, y la clase de altura menor (hasta 4 m), sólo significa el 4.4%.

Lo anterior denota que no se ha propiciado la debida repoblación, ya que estas categorías, diamétrica y de altura, se deberían encontrar con la mayor frecuencia entre todas éstas, debido a las bajas densidades de ahuejotes por hectárea.

Desde el punto de vista del análisis estadístico de la información dasométrica obtenida en los doce sitios de muestreo, se observa que no hay diferencia significativa entre las medias poblacionales en lo que respecta a las alturas, al utilizar la prueba "t" Student, en su modalidad de análisis de diseños completamente aleatorios de grupos pareados.

De la misma manera, en lo que se refiere a los diámetros normales, sólo en dos casos: el "Turístico vs. Urbano" y el "Agrícola vs. Urbano" se tuvo la posibilidad de inferir que las medias poblacionales son estadísticamente distintas.

Al buscar una mayor evidencia estadística experimental, se requirió de una pueba que

tuviese la posibilidad de contemplar a los cuatro tipos de uso de suelo al mismo tiempo y que lograra distinguir si existía una diferencia significativa entre las medias poblacionales de alturas y diámetros normales de la población muestreada en cada uno de los cuatro tipos de uso de suelo, por lo que se usó un análisis de varianza (F) en su modalidad de grupos desiguales de tratamientos.

De lo anterior se infirió que no todas las medias poblacionales son iguales, o que por lo menos, algunas de ellas son diferentes, por lo que existe evidencia estadística experimental para apoyar la hipótesis alternativa.

Se debe considerar que el nivel de significancia en los dos tipos de prueba fue de 95%.

Desde el punto de vista cualitativo, las características del arbolado en los cuatro diferentes tipos de uso de suelo varían debido al manejo al que han estado sujetos.

Las chinampas con uso de suelo agrícola tienen el arbolado mejor conformado y más sano en términos generales, lo que denota que éste ha sido cuidado y sustituido cuando se ha requerido.

En las chinampas con uso de suelo turístico se observa que la situación cualitativa concuerda en buena medida con las chinampas con uso agrícola, ya que el arbolado se beneficia por los cuidados del poseedor o usuario, dado que al podar ramas se propicia una mejor conformación; además de que cuando se presenta el gusano de bolsa o malacosoma, se elimina por medios mecánicos o quemándolo.

Estos cuidados, aunados a los beneficios silvícolas que proporcionan al arbolado, mejoran la imagen visual-estética del área.

Los ahuejotes de las chinampas clasificadas con el uso de suelo urbano no presentan evidencia de que se les proporcionen los cuidados necesarios.

Además, se observa el efecto de presiones demográficas, como son, daños mecánicos a sus fustes y ramas, causados por los habitantes y visitantes, así como el efecto de la contaminación por emisiones de vehículos automotores.

Los ahuejotes muestreados en las chinampas con tipo de uso de suelo abandonado se encuentran en condiciones muy deplorables, ya que los árboles no se han sustituido debido a que la reforestación en estos sitios no ha prosperado, por falta de cuidado y del riego necesario durante las etapas de plantación.

Esto ha propiciado el desmoronamiento de las orillas de estas chinampas, lo cual se ve aumentado por el constante movimiento de agua en los bordes y por el paso de lanchas con motor fuera de borda.

En cuanto a la fenología del ahuejote, se puede concluir que ésta se ve afectada por cambios en las características microclimáticas en el área chinampera, las cuales hacen variar por algunos días las épocas de aparición de las distintas fenofases.

El estudio de espectro fenológico tiene como objeto aportar conocimientos sobre los procesos del ciclo de vida del ahuejote, para que se puedan apoyar de la mejor manera la realización de las actividades inherentes a su manejo y se contemplen las épocas más convenientes para su reproducción y reforestación.

En relación con los diferentes tipos de daños se observa que, en algunos casos, éstos son el resultado de la sumatoria de los efectos de diferentes factores negativos que inciden sobre los ahuejotes a lo largo del año.

El mayor problema sanitario que se observa en el área de estudio es la presencia de ahuejotes con las puntas secas o defoliados fuera de temporada; en segundo término, los daños más frecuentes son la presencia de hojas manchadas, seguidos por las ramas y fustes descortezados, hojas con galerías y hojas con agallas. Todos estos daños son generados principalmente por insectos.

La defoliaciones continuas, aunque no siempre matan a los ahuejotes en primera instancia, generan un gasto energético sistemático que repercute en el crecimiento de los árboles en todas las edades, pero sobre todo en las plántulas.

La aparición de agallas es un problema causado por insectos aún no determinados, las cuales persisten durante todo el año y se presentan en todas las zonas del árbol, ya sea en su parte baja o en la más alta.

En cuanto a las plagas y enfermedades, se pudo constatar que el período de mayor actividad de los agentes negativos que las causan es la primavera, aunque el arbolado se vea afectado en mayor o menor medida durante todo el año.

Por otro lado, también se puede establecer que algunos de los organismos patógenos presentes, sólo utilizan al árbol como un sitio de refugio y no lo afectan en gran medida, como es el caso de la araña roja, que en la primavera se encuentra en casi 80% del arbolado.

De la misma manera se puede señalar que el ahuejote tiene un papel de "amortiguador" de daños para otro tipo de árboles, como el capulín (*Prunus capulli*), el durazno (*P. persica*) o algunos otros tipos de plantas ornamentales.

RECOMENDACIONES.

1. Se recomienda diseñar un programa de manejo forestal que contemple todas aquellas acciones necesarias para lograr, primero la restauración y después la conservación de este peculiar ecosistema; este programa debe comprender al menos los siguientes puntos:
 - 1.1 Un proyecto de plantación masiva de ahuejotes para el área lacustre de Xochimilco, con énfasis especial en las chinampas calificadas como abandonadas, al utilizar en lo posible plantas provenientes de clones resistentes a las plagas y enfermedades que más las aquejan.
 - 1.2 Una guía técnica para el establecimiento y cuidado de estas plantaciones.
 - 1.3 Una guía técnica para prevenir y combatir las plagas y enfermedades que causan los mayores daños, con énfasis particular en el combate del gusano de bolsa o malacosoma.
 - 1.4 Una guía técnica para eliminar el arbolado enfermo, plagado, decrepito y viejo, para dejar espacio a las nuevas plantaciones y evitar focos de infección o infestación.
 - 1.5 Un estudio sobre la forma de prevenir y mitigar los impactos ambientales negativos que actúan en el área chinampera.
 - 1.6 Un estudio del área como hábitat para la fauna silvestre.

2. Se recomienda formular un programa debidamente coordinado, que permita la realización de estudios más específicos sobre los problemas con carácter multifactorial que afectan el buen estado de los ahuejotes, entre los que podemos mencionar los siguientes:
 - 2.1 Estudio que integre la información del ciclo biológico del ahuejote.
 - 2.2 Estudio que integre la información sobre los ciclos de vida de los insectos que constituyen las plagas más dañinas.
 - 2.3 Estudios para precisar los métodos de prevención y combate de las plagas y enfermedades más frecuentes.

- 2.4 Investigaciones para encontrar y probar clones resistentes a plagas y enfermedades.
 - 2.5 Estudio acerca del efecto de la contaminación del agua sobre la repoblación de ahuejotes, ya que se tiene evidencia de que hay mortandad de plántula, la cual no logra establecerse por el alto contenido de sales, a las cuales, esta especie es muy sensible.
3. Se recomienda realizar un programa de concientización para los poseedores y usuarios de las chinampas, que aborde la importancia de este árbol, no sólo por su aspecto estético, sino también por su valor biológico y agrícola.

Por último, cabe mencionar que esta zona ha tenido diversos apoyos para su rehabilitación, algunos de ellos de tipo internacional, pero quizá no se ha dado la debida coordinación y concertación entre instituciones privadas y oficiales que han incidido en el área chinampera de Xochimilco.

En la actualidad se anticipa una posibilidad de recuperación de la zona chinampera de Xochimilco, por medio del Acuerdo de Concertación para el Rescate Integral de Xochimilco,

Dicho acuerdo, publicado en el periódico "El Universal" el 4 de diciembre de 1990, en donde se marcan nuevas propuestas de acción en los aspectos geoecológicos, sociales y culturales, indica una preocupación preponderante para el desarrollo regional.

AGRADECIMIENTO.

Los autores desean hacer patente su agradecimiento a los ingenieros Sánchez Celis y Omar Jiménez, ex-funcionarios de la entonces Subdelegación de Infraestructura Hidráulica de la Delegación de la S A R H en el Distrito Federal, por el apoyo logístico que permitió llevar a cabo el muestreo de campo.

Al q b p Rodolfo Salinas Quinard por sus valiosas opiniones sobre aspectos fitopatológicos de las muestras colectadas; a la bióloga Marcela V. Gutiérrez Garduño por su colaboración en la determinación de las muestras de las especies vegetales colectadas en las chinampas y canales; así como también las valiosas sugerencias que la maestra en ciencias Cecilia Nieto de Pascual Pola hizo al manuscrito de este trabajo.

BIBLIOGRAFÍA.

- Acosta, J. *et al.* 1990. Plan para la regeneración ecológica y el desarrollo regional en la cuenca hidrológica Xochimilco-Tláhuac-Ajusco-Chichinautzin. Grupo de Estudios Ambientales, A C. México, D F. 22 p.
- Eguiarte, F. L. E. 1985. "Las Aves". Imagen de la gran capital. Enciclopedia de México. México, D F. pp. 29-32
- Filip, V. y Dirzo, R. 1985. "Tabla de vida del gusano de bolsa (*Malacosoma incurvum* var. *aztecum*) Neumogen (Lepidoptera: Lasiocampidae) en Xochimilco, D F México", Folia Entom. Mex. N° 6. México, D F. pp. 31-45
- González, M. A. *et al.* 1990. Plan para la regeneración ecológica y el desarrollo regional de la cuenca hidrológica de Xochimilco. Ed. Fundación Fiedrick Ebert y Grupo de Estudios Ambientales, A C. México, D F. 127 p.
- Hernández, G. J. A. y Flores, O. A. 1985. "Los anfibios y los reptiles". Imagen de la gran capital. Enciclopedia de México. México, D F. pp. 33-36.
- Rodríguez, L. J. 1987. "Delegación Xochimilco". Atlas de la Ciudad de México, D F. Colegio de México. México, D F. pp. 320-324.
- S A R H. 1988. Estudio actual del suelo en la zona lacustre de Xochimilco-Tláhuac. Subdelegación de Infraestructura Hidráulica. México, D F. 22 p.
- Scheffler, W. C. 1981. Bioestadística. Ed. Fondo Educativo Interamericano. Reading, Mass. U S A. 267 p.
- West, A. 1987. A review of insects affecting production on willows. Newfoundland Forest Research Center. Can. For. Ser. Information Report N-X-232. St. John, Newfoundland. 7 p.
- West, R. C. y Armillas, P. 1983. "Las chinampas de México, poesía y realidad de los jardines flotantes". In T. Rojas Rabiela La Agricultura Chinampera. Compilación Histórica. Colección Cuadernos Universitarios, Serie Agronomía N° 7. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Mex. pp. 99-114.