



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES IZTACALA

**Aspectos ecológicos del encino *Quercus frutex* Trel.
(Fagaceae) en tres localidades del Estado de México**

T E S I S

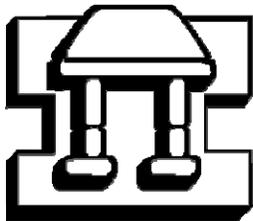
QUE PARA OBTENER

EL TÍTULO DE BIÓLOGA

P R E S E N T A:

Luna Cruz Marisol

**Directora de Tesis
Dra. Silvia Romero Rangel**



IZTACALA

Los Reyes Iztacala, Julio 2008



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

Infinitos Agradecimientos

A Tí por que me has regalado infinidad de bondades y por que sabes actuar en mi y siempre estas a mí lado. Gracias.

A cada uno de los Maestros del comité revisor: Carlos Rojas, Saúl Flores, Raymundo Montoya y Alberto de la Concha por sus valiosas y pertinentes sugerencias y sobre todo por su inmensa paciencia para con esta “Bióloga” e interés en la elaboración de este trabajo.

A ustedes Dra. Silvia Romero y M. Carlos Rojas por su aceptación e incondicional apoyo desde el momento en que pise su laboratorio, por sus consejos. Mil gracias Dra. porque aún a pesar de tener cantidades de trabajo, se dio tiempo para escuchar y sobre todo por ayudarme a reconocer y sentir que no estoy sola. Gracias por sus palabras y por su bondad, me enseñó a ver y sentir las cosas de otro modo. Gracias por compartir sus conocimientos y permitirme entrar al mundo de los encinos y que resultó ser fascinante y muy satisfactorio.

Al Maestro Carlos Rojas, gracias por enseñarme que un árbol es más que un adorno de madera, por su inmenso apoyo y conocimiento en el manejo del arbolado y darnos más herramientas para nuestro desarrollo como biólogos y por mostrarme que el que “Persiste Alcanza”.

Al Laboratorio de Edafología (UBIPRO), por su incondicional apoyo y en especial al Maestro Daniel J. Muños y a la Maestra Mayra M. Hernández, por su apoyo durante las pruebas de laboratorio y sus valiosas sugerencias y correcciones y sobre todo desinteresada ayuda en lo concerniente a la parte edafológica y elaboración de mapas.

Al Maestro Ángel Duran, por que sin su valiosa ayuda, este trabajo solo sería ficha bibliográfica y sobre todo por su inmensa paciencia para tratar de entenderme.

A la Biol. Gaby por su valiosa ayuda y tiempo para con la identificación de las plantas (sigo endeudada contigo... muchas gracias y disculpa la presión a la que te sometí).

Al Biol. Isaac Said Rodríguez por tu tiempo para resolver mis dudas y apoyarme en la parte de “Arquitectura foliar” y siento haberte castigado también con la identificación de plantas.

A la Biol. Liliana Rubio por su disponibilidad para darle el toque final a este trabajo. Gracias por que aunque de manera dura, me enseñaste a reconocerme y sacar lo mejor de mí. Gracias por escucharme, por tu paciencia y conocimientos.

Al Maestro Arnulfo Reyes mil gracias, por su incondicional apoyo y paciencia para recordarme como se hacen las cosas y por que sin su presión no estaría escribiendo estas líneas. “Ya era justo y necesario”.

Al Maestro Víctor por enseñarme el gusto de cultivar y comer hongos y por dar una visión más aya de las aulas y que gracias a que comparte sus conocimientos, esta “Bióloga” tendrá algo en que ocuparse.

A los Maestros: Jonathan Franco, Ángel Moran y Ezequiel por su apoyo para seguir aprendiendo y por su confianza en que “pronto me titularía”.

A cada uno de ustedes y a la vida por darme la fortuna de conocerlos, por vivir y pasar con ustedes alegrías, inmensas alegrías, tristezas, llorar juntos y levantarnos unos a otros. MIL GRACIAS, POR QUE MÁS QUE AMIGOS SON HERMANOS:

Priscilla, Cristian, Lilitiana, Julio, Edith, Maribel y Lupita: Gracias por enseñarme que la verdadera amistad prevalece ante la tempestad y por que de cada uno de ustedes he aprendido lo mejor y me llevo sus consejos y palabras que siempre aplicare y tratare de no olvidar.

Rafa (alias el “Juanito”) gracias por que aprendí que el “prometer no empobrece”, Saulo, Osvaldo, Viri, Gris, Claus, Cinthia, Carla, Osvaldo (alias el “Tarzan”), Darío, Nayo, Olivier, Oscar, Omar y Ruben (alias “el obrero”), Dennise, Amalia, Aron, Reina y Cristian (el club de la “Hora de la Vulgaridad”) Gracias por los momentos tan bien disfrutados y por que con ustedes no paro de reír.

Any, Hilda, Marlenne y Jeny; por que además de compartir sus conocimientos, me “instruyeron” en como salir de la cotidianidad.

Hilda por que eres un ejemplo de mujer luchadora por los derechos de los demás. Gracias por brindarme tu amistad y tu apoyo. Cuidate amiga.

A mí Tía Paula por estar siempre que la necesito, por sus consejos y por tratarme como una amiga.

A cada uno de mis Tíos por su apoyo incondicional, sus regaños y consejos y por que son un ejemplo constante: Alicia, Beto, Hortensia, Tomas, Joen, Ana, Conejo, Bernardo, y Bradley.

A mis abuelitos Francisco y Rosita (aquí esta lo que prometí), aprendí de la manera más dura que el tiempo pasa y no perdona. Gracias por su amor.

A Usted Tía Lolita por sus consejos, por su apoyo constante y sobre todo por su cariño.

A Tí por que sin condición me has entregado lo que sólo se guarda en el corazón del alma. Y por que juntos iremos por los caminos de la vida.

A todos aquellos que sin querer escapan de mi memoria

C O N A M O R
A M I S P A D R E S
Y
H E R M A N O S
(Belial, Alfer, Jaime y Francisco)

Por que la vida me premio con unos padres y hermanos como ustedes.

Por que son un ejemplo constante y mi orgullo

Porque me han enseñando a aceptar la vida como es.

Porque han forjado una mujer de provecho.

Por que tengo su apoyo incondicional.

*Por que no todo es felicidad, sino también dolor y ustedes me han enseñado a
soportarlo.*

Por que me han guiado por un camino recto y honrado.

Porque me han enseñado a ser humilde.

Por que la vida es dura pero sabia.

Por que me han enseñado a sonreír ante la adversidad.

Por todo esto y más hoy les dedico este triunfo.

A Ti madre

Por que sin Tí, no hubiese cumplido esta meta y en donde el reconocimiento es para Tí; por tus sacrificios, tus desvelos, tus preocupaciones, tus sabios consejos y regaños, por tu infinito apoyo y paciencia y por que solo Tú tienes ese manera especial de amar..... Mil Gracias.

Para: Valeria A.

*Amor te espere con ansias, y ahora estas aquí
alumbrando mi tiempo y calentando el corazón del alma.
Amor ansió el momento de estar a tu lado para ver tu sonrisa
y sentir tus manitas tibias sobre mi cara
Amor sólo tú pudiste enseñarme a amar sin condición
Amor estaré junto a Tí, hasta que decidas seguir sin Mí.*

Gracias nena hermosa por sacrificar tu tiempo, por recibirme con los bracitos abiertos y llena de amor después de mis ausencias, por tu compañía durante horas en que pase sentada frente a la computadora, gracias por tus regaños y tus palabras de aliento , eres mí luz constante Amor Mío.

RESUMEN	1
INTRODUCCIÓN	3
MARCO TEÓRICO	5
CARACTERIZACIÓN DE FLORES Y FRUTOS DE <i>QUERCUS</i> L	5
GERMINACIÓN DE <i>QUERCUS</i>	6
SUELO	6
COMPORTAMIENTO GERMINATIVO	8
CRECIMIENTO	9
UBICACIÓN TAXONÓMICA Y DISTRIBUCIÓN DEL GÉNERO <i>QUERCUS</i>	11
MORFOLOGÍA DE <i>Quercus frutex</i>	12
ANTECEDENTES	16
OBJETIVOS	20
ÁREA DE ESTUDIO	21
LOCALIDAD "LAS CAÑADAS DE CISNEROS" Y "PARQUE ECOLÓGICO XOCHITLA", TEPOTZOTLÁN	21
LOCALIDAD "SANTA CATARINA", VILLA DEL CARBÓN	22
MATERIAL Y MÉTODOS	24
BÚSQUEDA BIBLIOGRÁFICA	24
TRABAJO DE CAMPO Y LABORATORIO	24
ANÁLISIS DE DATOS	27
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	29
UBICACIÓN GEOGRÁFICA DE MATORRALES DE <i>Quercus frutex</i>	29
TALLA DE INDIVIDUOS ADULTOS	31
MEDIO EN EL QUE SE DESARROLLA <i>Q. frutex</i> Y SU ESTRATEGIA DE REPRODUCCIÓN VEGETATIVA	33
FLORA ACOMPAÑANTE DE <i>Quercus frutex</i>	40
Listado florístico de los manchones arbustivos de <i>Quercus frutex</i> , localidad "Las Cañadas".	40
Listado florístico de los manchones arbustivos de <i>Quercus frutex</i> , localidad "Santa Catarina".	43
DESCRIPCIÓN EDAFOLÓGICA	49
PRODUCCIÓN DE FRUTOS	57
PESO DE FRUTOS	61
COMPORTAMIENTO GERMINATIVO	65
Semillas colectadas en "Santa Catarina"	65
Semillas colectadas en "Xochitla" y "Las Cañadas"	66
VIABILIDAD DE SEMILLAS DE <i>Quercus frutex</i> EN ALMACENAMIENTO	69
EVALUACIÓN DE LA LONGITUD DE LA RAÍZ EN SEMILLAS DE <i>Q. frutex</i>	73
EVALUACIÓN DEL CRECIMIENTO EN VIVERO Y SUELO DE <i>Q. frutex</i>	76
Plantas de semillas colectadas en "Las Cañadas" en el 2004	76
Plantas de semillas colectadas en el "Parque Xochitla" en el 2006	79
Plantas de semillas colectadas en "Xochitla" y "Santa Catarina" en el 2006	84
Plantas de <i>Q. frutex</i> en condiciones de vivero ("FES-I") y en suelo ("Parque Xochitla")	88
<i>Q. frutex</i> adultos en suelo en el "Parque Xochitla"	90
DESCRIPCIONES MORFOLÓGICAS DE PLANTAS A DIFERENTES EDADES	92
COMPORTAMIENTO FENOLÓGICO DE <i>Q. frutex</i>	113

En la localidad "Las Cañadas" y "Santa Catarina"	113
En la localidad "Parque Xochitla"	114
En vivero (FES-I)	116
CONCLUSIONES	121
LITERATURA CITADA	124

RESUMEN

Los matorrales de *Quercus* tienen una vasta distribución en el altiplano de México, formando manchones muy extensos. La gran mayoría de encinos arbustivos se desarrollan en áreas climáticamente intermedias entre los matorrales propios de clima árido y los bosques de clima semi-húmedo. *Q. frutex* forma comunidades arbustivas en donde habitan un número importante de herbáceas, sin faltar especies arbóreas; además, provee de alimento y albergue a la fauna y sobre todo evita la compactación y pérdida de suelo por erosión. Es una especie que ofrece servicio como combustible y ornamental, y sobre todo impide la fragmentación ambiental, por lo que puede ser una especie candidata para restauración de suelos y comunidades vegetales. *Q. frutex* muestra gran capacidad de regeneración, pues emite rebrotes a partir de la base del tallo o de la raíz de manera continua después de la muerte de las partes aéreas, siendo el fuego uno de los factores de disturbio más relacionado con la estrategia de reproducción vegetativa. Los manchones arbustivos de ambas localidades; "Las Cañadas", Tepetzotlán y "Santa Catarina" en Villa del Carbón comparten 18 familias, 26 géneros y 22 especies. Las familias mejor representadas son Asteraceae, Fabaceae y Lamiaceae. El suelo dentro de los manchones muestra una alta fertilidad; lo anterior con base a los valores de las propiedades físicas y químicas arrojaron resultados favorables para el desarrollo de las plantas. Es necesario aclarar que solo los estudios florísticos y edafológicos se realizaron en dos localidades; "Las Cañadas", Tepetzotlán y "Santa Catarina" en Villa del Carbón. El estudio de producción de frutos se llevó a cabo en la plantación de *Q. frutex* de la localidad de Xochitla, en donde la edad con la que contaban los arbustos monitoreados al empezar a producir frutos, era de aproximadamente nueve años, edad estimada en la fecha en que llegaron como plantas de un año de edad al Parque Ecológico. El periodo de fructificación en el que se debe aprovechar el mayor número de frutos es durante los meses de junio a agosto. En cuanto al peso de los frutos, estos muestran diferencias tanto en las localidades como en los diferentes años. La Capacidad germinativa presentó valores altos en las semillas procedentes de las diferentes localidades y años, es decir en Xochitla 2005 y junto con Las Cañadas en el 2006, alcanzando hasta un 98.8 % al tercer día del establecimiento; se obtuvo un tiempo medio de germinación de un día, siendo la desviación reducida; el valor germinativo indica una buena calidad de germinación. El porcentaje de germinación para las frutos almacenados a una temperatura de 4°C durante un mes fue de 87.5 %, el cual disminuyó al 21 % con tres meses de almacenamiento. En

plantas monitoreadas, el tallo no muestra un crecimiento notable en su diámetro, por lo que seguramente, los nutrientes se utilizan en la elongación del tallo y en la producción de hojas y ramas. Así, la altura del tallo, el número de hojas y la cobertura se incrementan conforme avanza el tiempo, ganando estructura. La evaluación de las plantas de *Q. frutex* maduras no presentaron grandes variaciones en sus tallas en el transcurso del tiempo, los incrementos más notables se dan antes de los periodos de floración (marzo y septiembre), y en menor proporción a lo largo de la temporada de lluvias. Se encontró que en adultos, a diferencia de las plantas muy jóvenes hay una correlación entre el diámetro, la altura y la cobertura. En plantas en condiciones de vivero se realizó la descripción morfológica de diferentes edades, lo que permitió observar que las variaciones en la morfología sólo se dan en la forma de lámina, la base y el margen, así como en el tamaño de las hojas. En cuanto a su fenología, en arbustos en condiciones naturales se observaron dos periodos de floración y de fructificación. Es necesario conocer los aspectos ecológicos no sólo de encinos con hábitos arbóreos, sino también de los arbustivos para utilizarlos de forma práctica en la remediación y conservación de las áreas en donde habitan.

INTRODUCCIÓN

En México existen un poco más de 30 tipos de vegetación, tales como diferentes bosques tropicales, bosques templados, matorrales, manglares y otros; (Soberón y Sarukhán, 1994). La diversidad biológica de México no sólo se debe a las especies que albergan sus bosques tropicales, también los bosques templados contribuyen de manera importante. El número de plantas fanerógamas en la República Mexicana, conocidas hasta el momento, se compone aproximadamente de 220 familias, 2410 géneros y 26000 especies (Mittermeier y Goettsch, 1995), lo que sitúa a México como el cuarto país mundial en diversidad de este tipo. Para probar en parte la riqueza de especies, se puede señalar la presencia de 140-150 especies de encino, de las cuales al menos la mitad son especies dominantes, codominantes o al menos comunes en diferentes regiones (Zavala, 2000).

Pero aún falta mucho por conocer, pues no todo ha sido explorado; debe considerarse además que las áreas naturales enfrentan graves problemas como son la ganadería (son destruidas cada año entre uno y dos millones de hectáreas de bosque, selvas y matorrales), incendios, explotación de madera, tráfico ilegal o saqueo de especies endémicas; lo cual provocara la perdida de la vegetación natural del país en un 32.5 % del total del territorio en 10 años y del 17 al 25 % en tres décadas (Toledo, 1988).

Urge desarrollar una nueva actitud que revierta las tendencias socioeconómicas y el estado del ambiente natural. Paradójicamente, eso solo será posible en la medida en que la población esté mejor informada, por lo que se requiere producir nuevos conocimientos científicos, así como adquirir la capacidad de transformarlos en aplicaciones prácticas y funcionales, que beneficien al hombre y al ambiente.

Tomando en cuenta lo anterior; se planteó el presente trabajo, el cual se enfoca al estudio de una de las comunidades vegetales más importantes de México como son los encinares, característicos de la zona montañosa de México de clima templado y semi-húmedo; no faltando en regiones de clima caliente, en las francamente húmedas, y en las semiáridas en donde el matorral de encino es la forma representante (Rzedowski, 1988).

Los matorrales de *Quercus* tienen una vasta distribución en la Altiplanicie de México, formando manchones. La gran mayoría de encinos arbustivos se desarrollan en áreas climáticamente intermedias entre los matorrales propios de clima árido y los bosques de clima semi-húmedo. En ocasiones los matorrales parecen ser secundarios. En cuanto a tamaño, los hay según la especie desde 30 cm hasta

los ocho m, influyendo un tanto su ubicación geográfica. Las hojas son duras y generalmente pequeñas, prevaleciendo el tamaño de leptofilia y nanofilia, según la clasificación de Raunkiaer (1934).

El conocimiento de las especies de *Quercus* en México es escaso, desde el aspecto taxonómico hasta el ecológico y más aún si la forma de vida es arbustiva; como es el caso de *Quercus frutex*: especie poco conocida ecológicamente que puede ser un candidato para propagarse en vivero con fines de restauración, recuperación de suelos erosionados y en el diseño de áreas verdes.

MARCO TEORICO

CARACTERIZACIÓN DE FLORES Y FRUTOS DE *QUERCUS*

Los encinos son árboles y arbustos monoicos. Las flores masculinas de los encinos se producen en amentos desnudos, en tanto que las femeninas, en espigas de dos a muchas flores sobre el mismo árbol durante la primavera, antes o junto con las hojas. Las flores son axilares, las masculinas en brotes del año anterior y las femeninas en los del año que ocurre. La mayoría de las flores masculinas caen tan pronto como se ha desprendido el polen (Zavala y García, 1996).

El ovario de los encinos, tiene originalmente de seis o siete óvulos. Debido a que es tricarpelar y cada carpelo tiene dos o a veces tres óvulos. Pero sólo uno de los óvulos se desarrolla hasta llegar a semilla madura en una bellota, en tanto que todos los demás abortan por distintas causas (Zavala y García, 1996).

En encinos blancos a los cuales pertenece *Q. frutex*, la producción de frutos es anual, es decir maduran en el año en que ocurre la fertilización. Está se lleva a cabo instantes después de la polinización (Zavala y García, 1996). La producción de frutos en muchas especies leñosas es periódica, con altas producciones en algunos años e inter-espaciados en otros, en los cuales pocos frutos son producidos. Los árboles de un área geográfica que muestran este hábito, conocido como año semillero, comúnmente tienen reproducción sincronizada y por tanto hay gran diferencia en el número de semillas que llegan al suelo entre un año y el siguiente (Zavala, 2001).

El fruto comúnmente conocido como bellota se compone de una nuez asociada a un involucro en forma de copa (cúpula) alrededor de la base de la nuez madura y conectada a ella. La nuez de los encinos contiene una semilla carente de endospermo, con un embrión recto y con dos cotiledones. Las semillas se caracterizan por ser recalcitrantes, por lo que necesitan retener un contenido de humedad relativamente alto para continuar siendo viables (o durante su almacenamiento, cuando se practica, para mantener al máximo su viabilidad). Pero aún cuando estas semillas sean almacenadas bajo condiciones húmedas, su periodo de vida es muy corto y sólo ocasionalmente excede pocos meses. Las recalcitrantes de algunas especies pierden su viabilidad rápidamente bajo condiciones secas (Zavala y García, 1996)

La germinación es el proceso mediante el cual el embrión adquiere el metabolismo necesario para reiniciar el crecimiento y transcribir las porciones del programa genético que lo convertirán en una planta adulta.

GERMINACIÓN DE *QUERCUS*

Uno de los requerimientos para la germinación es la viabilidad y en el caso de los encinos se pierde cuando las semillas disminuyen su contenido de humedad a menos del 20 %. Otra condicionante es el ambiente adecuado para que la germinación pueda realizarse; es decir se requiere de suficiente humedad para que las semillas se embeban, una composición gaseosa similar a la de las primeras capas de la biosfera y una temperatura entre 10 y 30°C que permita el crecimiento vegetal (Camacho, 1994).

La germinación es hipógea y generalmente ocurre en 3-5 semanas. En general, las semillas de encinos blancos germinan casi inmediatamente después de la diseminación (Zavala y García, 1996).

Las plantas de germinación hipógea producen semillas cuyos cotiledones son grandes y suculentos y permanecen bajo tierra durante el desarrollo de las plántulas estando aún recubiertos por el pericarpio. La gran cantidad de reservas alimenticias almacenadas favorecen extensivamente el desarrollo de la raíz antes que el vástago emerja (brote aéreo y sistema de hojas). Los cotiledones de las semillas de los encinos almacenan una provisión considerable de agua y tienen una cantidad suficiente de reservas alimenticias para restablecer el epicotilo si éste es dañado. Además bajo tierra o/y dentro del pericarpio, los cotiledones están protegidos de animales carpófagos (Zavala, 2001).

SUELO

Estudiar los suelos y sus propiedades tiene como objetivo: poder usarlos óptimamente, modificarlos a fin de mejorar su disponibilidad para determinados usos y poder predecir en forma competente los problemas, riesgos o futuras necesidades al usarlo (Donahue *et al.*, 1981).

Pero la principal cualidad del suelo en relación con el crecimiento de las plantas es su fertilidad, que se basa en el conjunto de sus propiedades y, como ellas, puede observarse desde un punto de

vista físico, físico-químico o químico. Así para mantener la calidad del suelo se ha de procurar el mantenimiento de sus propiedades e incluso su mejora.

La conservación del suelo implica mantener su fertilidad, evitar su degradación, incluyendo en ella la contaminación, y procurar atenuar, en lo posible y nunca acelerar, su pérdida por erosión.

Las principales agresiones que se hacen al suelo son las deforestaciones indiscriminadas, el sobrepastoreo y el cultivo mal realizado. El primer paso para poder establecer la disponibilidad del suelo presente sería efectuar una catalogación, ello nos permitirá tener un avance de la potencialidad productiva del mismo, entendiendo la productividad en un sentido amplio y no eminentemente económico. Un bosque no maderable, una zona de reserva natural o de esparcimiento, si bien no incrementa nuestro capital, si da una mejora a nuestra calidad de vida.

El punto de partida para la conservación del suelo es realizar un inventario de los recursos de la tierra, con el fin de determinar cuáles son los usos más adecuados. Esto exige realizar estudios en campo para medir la pendiente del terreno, detectar procesos de erosión, y pruebas en laboratorio; esto es un análisis de los suelos que nos de una expresión cuantitativa de la constitución y de las propiedades físicas y químicas del suelo (color, textura, estructura, pH, intercambio catiónico, entre otros aspectos), con la finalidad de descubrir y atribuir las deficiencias de nutrientes vegetales para hacer recomendaciones sobre el tipo de plantación.

En los trabajos de conservación de suelo y de la humedad, los parajes más severamente afectados por la erosión y los más agotados son los elegidos para reforestar. La capa superior del suelo, con un contenido orgánico de moderado a rico y una estructura suelta, es factor de importancia para un buen desarrollo de los árboles, como lo es para las cosechas. El objetivo de las plantaciones es establecer una cubierta protectora que acelere el mejoramiento vegetativo del lugar y al mismo tiempo produzca la mayor cantidad posible de materiales útiles (Wooding, 1967).

Es necesario plantar árboles en tierras forestales que están siendo afectadas por la deforestación, y en donde además es reducido el número de plántulas que se integran mediante reproducción natural. Las observaciones que se hagan en la localidad, más los conocimientos ecológicos que se tengan ayudarán a averiguar que especies, que densidad y que porcentaje de reproducción natural es con la que puede contarse.

En la flora propia de cada localidad existen una o más especies aptas para formar una cubierta vegetal temporal o preliminar en los terrenos más pobres; siendo los arbustos o hierbas los más utilizados. La preparación del ambiente tendrá por objeto modificar factores desfavorables del terreno,

reducir la competencia de plantas allí existentes, o facilitar el procedimiento mismo de la plantación. Con frecuencia es posible mejorar las condiciones desfavorables del lugar preparando el suelo o aplicando algún otro tratamiento necesario. Para el crecimiento vegetal, las condiciones climáticas son esenciales, por lo que este factor es de especial trascendencia (Wooding, 1967).

También el control de erosión es una parte esencial de la conservación de suelos; es decir salvar el suelo, haciendo su máximo uso y mejorándolo, mientras se permita sólo un mínimo de desperdicio. Finalmente una buena conservación del suelo incluye un buen drenaje, estabilización de dunas, recuperación de suelos mineros, corrección y prevención de acumulación de sal y otros procesos de manejo de suelo (Bear, 1969).

COMPORTAMIENTO GERMINATIVO

Es necesario en encinos caracterizar el proceso germinativo, ya sea gráfica o numéricamente, para establecer la calidad de las semillas, la planeación de manejo silvícola y el estudio de la respuesta a la aplicación de tratamientos.

Así se requiere conocer el número de semillas, de acuerdo con el tiempo transcurrido desde la siembra, lo cual se relaciona con el criterio de ocurrencia del fenómeno como de los siguientes aspectos: a) Incubación, las semillas se someten a un determinado ambiente natural o artificial, definido por la temperatura, humedad, iluminación etc. El tiempo que deben estar expuestas depende de la emergencia de la radícula; b) Número de repeticiones, en donde la mejor caracterización del proceso se hace contabilizando las semillas germinadas varias veces a lo largo de la incubación; c) Formato para tomar datos, se recomienda de forma práctica el uso de un formato tabular con los datos de localidades, fecha de colecta y establecimiento.

Para este tipo de estudios debe considerarse los tipos de evaluaciones existentes:

Germinación sencilla: cantidad de plántulas obtenidas entre dos evaluaciones, se recomienda que las evaluaciones sean frecuentes.

Germinación Acumulada: cantidad de semillas germinadas más las que se sumen en cada evaluación.

La información obtenida de los registros de germinación puede verse en curvas de germinación, donde puede observarse lo siguiente: a) Porcentaje de germinación final: se visualiza como la altura máxima alcanzada en la etapa de estabilización, b) Tiempo de germinación: se refiere a las cercanías de las curvas al eje de los porcentajes y c) Uniformidad germinativa: está muy ligada al tiempo de germinación y se refleja en la inclinación general de la gráfica obtenida.

La capacidad germinativa es uno de los principales indicadores de la calidad de las semillas. Los índices numéricos para estudiar la germinación son particulares si se considera una sola característica de la curva germinativa y generales cuando engloban a varias de ellas. Así los valores germinativos son muy útiles para una interpretación objetiva e imparcial de experimentos sobre germinación, pero como son abstractos, deben acompañarse de índices particulares o bien gráficas (Camacho y Morales, 1992).

CRECIMIENTO

El crecimiento se define como el incremento en volumen o peso del individuo, a través del tiempo, como resultado de la síntesis de grandes moléculas y del alargamiento de la célula. El incremento de volumen (tamaño) puede medirse aproximadamente por expansión en una o dos direcciones como longitud, diámetro, altura, área y ancho (Salisbury y Ross, 1992). Para el análisis del crecimiento se han estudiado plantas de diferentes ciclos de vida y se han obtenido sus curvas de crecimiento. Las plantas anuales y partes individuales de perennes y anuales presentan curvas de crecimiento sigmoideas con tres fases primarias: 1) fase logarítmica, en donde el incremento en tamaño por unidad de tiempo es lento al principio, aparentemente porque la semilla tiene células que inician su crecimiento, dicho valor continúa incrementándose conforme más células se forman; 2) fase lineal, cuando el incremento en tamaño continúa constante. Usualmente llega hasta un valor máximo durante algún tiempo. El por qué éste valor llega a una constante no está aún completamente entendido, pero una razón probable es que los tallos y raíces, crecen por medio de las zonas meristemáticas que producen células que incrementan su tamaño sólo en longitud; 3) fase de senescencia, caracterizada por un decremento en el valor de crecimiento, la planta madura y continúa con esta fase (Salisbury y Ross, 1992).

Existen diversos índices de crecimiento los cuales se utilizan para expresar la distribución de peso o asimilados de energía:

-Relación vástago/raíz: expresa la proporción de asimilados que entra en la formación de los órganos aéreos y de los subterráneos.

-Cociente de área foliar (CAF): o Relación de Área Foliar (RAF) según Watson (1952) en (Salisbury y Ross, 1992), es el resultado de dividir el área foliar (AF) entre el peso total de la planta. Expresa la proporción de área cuya fotosíntesis mantiene a todo el individuo. Este índice está relacionado con el cociente de peso foliar (CPF), que indica la porción de material total que en un momento dado forma la superficie de asimilación. Las plantas cuyo índice CAF es mayor, producen más materia orgánica.

-Área Foliar Específica (AFE): es el cociente del área foliar/peso foliar (AF/PF), es un índice de costo energético o material para la formación de una unidad de superficie foliar. Este cociente se relaciona con las condiciones hídricas de crecimiento de las diferentes especies.

-Duración del Área Foliar (DAF): se refiere a la duración del funcionamiento de la superficie asimilatoria, la cuál es importante para interpretar el costo energético de la formación de la unidad de superficie foliar de la planta y su rendimiento en la producción de asimilados. Este análisis se emplea por lo general para comunidades cultivadas. Para estimar su capacidad productiva se requiere conocer la extensión de la superficie asimilatoria.

-Tasa Absoluta de Crecimiento (TAC): es el incremento del material vegetal (peso) por unidad de tiempo. Esta tasa de crecimiento puede no ser constante en el tiempo, como consecuencia de la variación en la proporción de tejidos activos en la planta a lo largo del crecimiento. Debe ser utilizada sólo con fines comparativos ya que sólo se emplea con plantas que comparten características fisiológicas y morfológicas.

-Tasa Relativa de Crecimiento (TRC): mide el incremento de materia vegetal por unidad de materia vegetal presente por unidad de tiempo. Este índice permite la comparación entre diferentes tratamientos, se debe considerar que no todo el peso seco de la planta es en un momento determinado potencialmente productor de nuevo material.

-Tasa de Asimilación Neta (TAN): mide el incremento del material vegetal por unidad de sistema asimilativo por unidad de tiempo. Este índice es una medida del balance que existe entre la actividad fotosintética y la respiratoria de la planta, permite determinar el crecimiento y el efecto de factores externos que modifican éstas dos actividades (Watson, 1952 en Salisbury y Ross, 1992).

El crecimiento como se mencionó, es un indicador del éxito que tienen las plantas tanto en su productividad como en su capacidad para establecerse en un sitio determinado. Los métodos empleados en la evaluación del crecimiento dependen de la forma de vida de la planta, por ejemplo, para plantas herbáceas se toma la medición de variables como longitud, volumen, peso fresco, peso seco, cambios en la cantidad de protoplasma, contenido de proteínas en la planta, diferenciaciones bioquímicas, etc. (Black y Edelman, 1971 en Salysbury y Ross, 1992). Si el crecimiento está acompañado por un aumento en la complejidad, denominado como diferenciación (Salysbury y Ross, 1992), el crecimiento se puede medir con el incremento en el número de hojas, raíces y otros órganos de la planta. En plantas como arbustos y árboles, el crecimiento se mide mediante el incremento del diámetro del tronco, altura o volumen (Dusan, 1984 en Salysbury y Ross, 1992).

Los métodos para medir el crecimiento se dividen en dos grupos:

Métodos Destructivos:

Peso seco

Peso fresco

Cambios en procesos bioquímicos.

Métodos no destructivos:

- Características morfométricas (longitud, diámetro basal, etc.)

- Incremento en el número de estructuras (hojas, raíces, etc.)

La fase de plántula es una de las etapas más importantes del ciclo de vida de las plantas, especialmente de aquellas leñosas que basan su regeneración en la producción de semillas. Las plántulas junto con las semillas son las etapas del ciclo de vida más susceptible de algún daño en árboles (Silvertown, 1982 en Zavala, 2001).

UBICACIÓN TAXONÓMICA (Cronquist, 1981) Y DISTRIBUCIÓN DEL GÉNERO *Quercus*

División Magnoliophyta

Clase Magnoliopsida (Dicotiledóneas)

Subclase Hammamelidae

Orden Fagales

Familia Fagaceae

Subfamilia Quercoideae

Género *Quercus*

Comprende la Sección *Quercus* y Sección *Lobatae* (Nixon ,1993).

El género *Quercus* se distribuye mundialmente en zonas templadas y subtropicales del hemisferio norte, se calcula que está conformado aproximadamente por 500 especies. México es el país que posee el mayor número de especies del mundo, entre 135 y 150, distribuidas en las zonas montañosas de todos los estados y territorios, a excepción del sur de Yucatán y Quintana Roo. A las especies del género se les encuentra formando bosques de encino, también penetran en regiones de clima caliente o muy húmedos, siendo parte del bosque tropical perennifolio y bosque mesófilo de montaña, y aún existen en las semiáridas siendo parte del matorral xerófilo, asumiendo con frecuencia forma arbustiva (Rzedowski, 1988).

Quercus es considerado un género taxonómicamente complicado, debido a su gran variabilidad morfológica, a la capacidad de formar híbridos y a que sus estructuras reproductivas no se han estudiado lo suficiente (Romero *et al.*, 2000 en Romero *et al.*, 2002).

La especie *Quercus frutex* pertenece a la sección *Quercus*, la que se caracteriza por presentar la base del perianto femenino adnado al ovario; estilos cortos y anchos; pared interna del endocarpo glabra; escamas de la cúpula aquilladas, engrosadas en la base; dientes de las hojas mucronados; óvulos abortivos basales (Zavala y García, 1996).

MORFOLOGÍA DE *Quercus frutex*.

Quercus frutex Trelease. Mem. Nat. Acad. Sci. 20: 82, pl. 120. 1924.

Arbusto rizomatoso de 0.40-2.50 m de alto, a veces es un árbol de hasta 7 m de alto; corteza conformada por escamas cuadrangulares, de color gris opaco; ramillas de 1-1.5 mm de diámetro, densamente pubescentes, pubescencia persistente, formada por pelos estrellados, de color amarillento a grisáceo; lenticelas blancas, de hasta 1 mm de largo, a veces protuberante y entonces muy evidentes a través de la pubescencia, yemas esféricas a ovoides, de 1-3 mm de largo, con escamas pilosas en los bordes; estípulas lineares, de 3-5 mm de largo, pilosas principalmente en la base y en el ápice,

glabrescentes con la edad, con frecuencia en las hojas maduras; hojas maduras subcoriáceas, elíptico-oblongas, ovado-lanceoladas u oblanceoladas, lámina (1.5)2-4.5(-6) x (0.5-)1-2(-2.9) cm, ápice redondeado o agudo, mucronado, base redonda o subcordada, borde entero, ondulado o con 2 a 4 dientes en las 2/3 partes superiores, resolutivo; nervaduras primarias de 6 a 11 de cada lado; haz lustroso, con pelos estrellados dispersos, abundantes en la nervadura central cerca del pecíolo, nervaduras impresas; envés amarillento, pubescente, indumento formado por tricomas fasciculados estipitados, con rayos largos extendidos que dejan ver la epidermis ligeramente ampulosa y densamente papilosa; nervaduras elevadas; pecíolos de 1-4 x 0.5-1 mm, pubescentes; amentos masculinos de hasta 1.5 cm de largo, raquis densamente pubescente; perianto sésil, de 2 mm de diámetro, lóbulos ciliados; anteras oblongas de 1 mm de largo, filamentos de 1.5 mm de largo; fruto solitario o en pares, sobre un pedúnculo de 3.10 mm de largo; cúpula hemisférica de 7-13 mm de diámetro, con escamas triangulares, pubescentes, excepto en el dorso superior, engrosadas en la base; bellota ovoide, pared interna del pericarpo glabra, de 5-11 mm de diámetro, incluida 1/3 de su largo en la cúpula (Rodríguez, 2003).

ARQUITECTURA FOLIAR

Hojas maduras coriáceas; forma elíptica-elíptica o elíptica-angosta; lámina simétrica; ápice obtuso convexo, redondo o pocas veces agudo; base simétrica redonda o cordada; margen dentado crenado o entero, borde revoluto, 2-4 dientes por lado cuando los presenta; dientes con mucrones redondos o convexos, de 0.2-0.3mm de largo; vena media fuerte; venas secundarias divergen de la vena media en ángulo agudo moderado (45°-65°) y en ocasiones más de 65° sin pasar de 80°, presenta de 2-5 venas intersecundarias; venas terciarias con ángulo de origen agudo-agudo, modelo percurrente alterno, recorrido derecho; venas cuartas de tamaño moderado y trayectoria ortogonal; venas quintas tamaño fino, moderado o grueso, trayectoria ortogonal; venación última marginal incompleta; vénulas ramificadas una vez; areolas bien desarrolladas con disposición orientada, forma cuadrangular y tamaño pequeño; haz verde con tricomas estrellados 6-8 ramas, sesiles; envés amarillento tomentoso, tricomas estrellados de 8 ramas, con estípite largo; epidermis ampulosa o poco ampulosa, papilosa; pecíolo de 2-5 mm de largo y 0.6-1.5 mm de diámetro (Romero *et al.*, 2002).

Reconocimiento. *Quercus frutex* se reconoce por ser un arbusto rizomatoso, con ramillas densamente pubescentes y hojas pequeñas con el ápice mucronado y bordes sin aristas (Fig. 1). Puede confundirse con *Quercus microphylla*. Se distinguen porque *Quercus microphylla* posee el envés de las hojas con tricomas fasciculados sésiles y *Q. frutex* los presenta estipitados (Romero *et al.*, 2002).

En México se distribuye en los estados de Jalisco, Hidalgo, Estado de México, Michoacán y Tlaxcala y se le encuentra en bosques de *Quercus*, pastizal y formando manchones densos en matorral xerófilo. Se asocia con *Pinus*, *Juniperus*, *Cupressus* y *Alnus*, también se le encuentra en vegetación perturbada, en altitudes de 2360-3000 m (Romero *et al.*, 2002).

Sus nombres populares son encino, encino compasillo, encino chaparro, encino comalillo. Sus individuos se han usado para leña y postes para cerca (Bello y Labat, 1987).

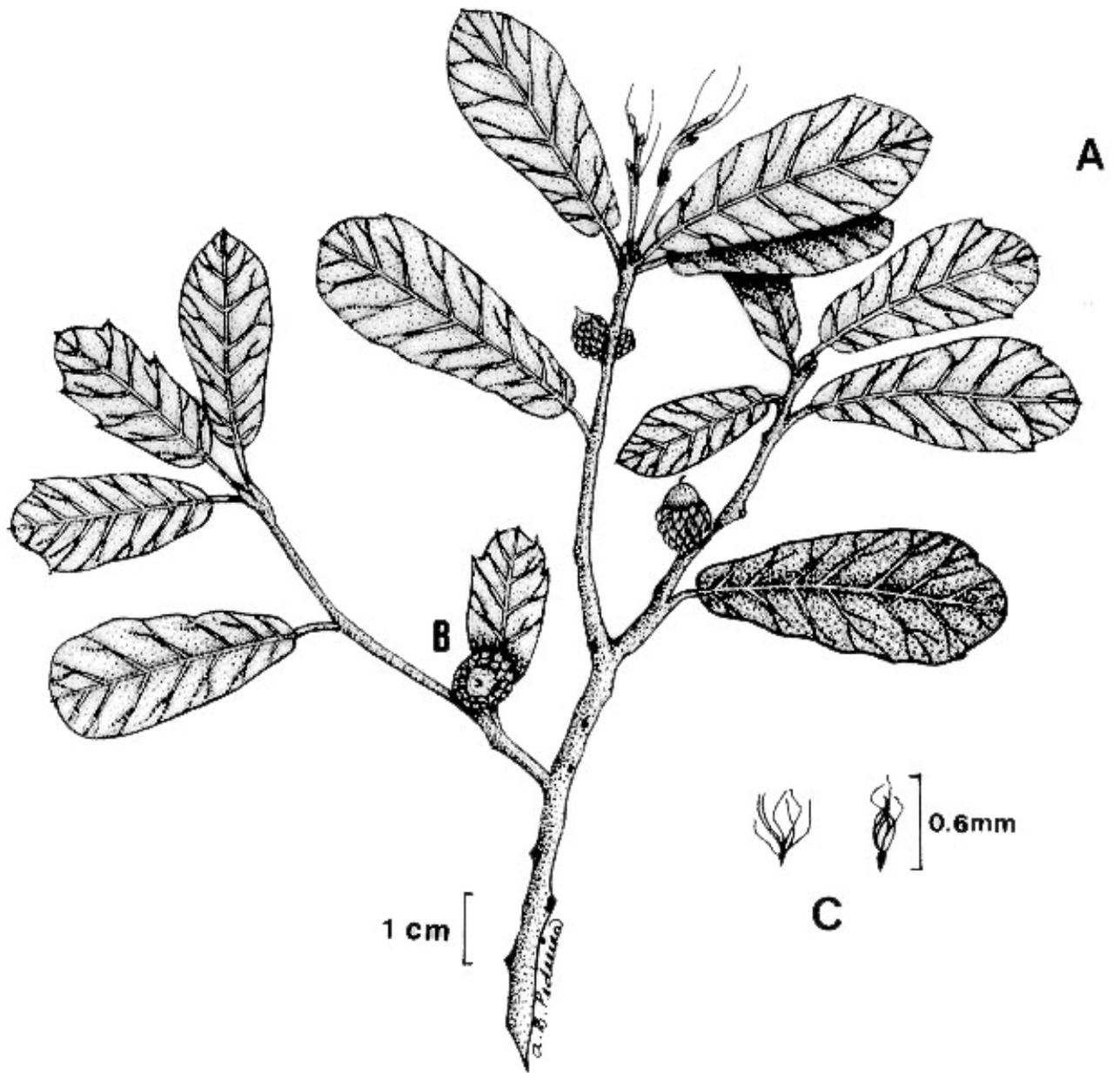


Fig. 1 *Quercus frutex*. Morfología general: A, rama con hojas; B, fruto y C, tricomas. (Tomado de Rodríguez y Romero, 2007)

ANTECEDENTES

TRABAJOS QUE CITAN ESPECIES ARBUSTIVAS DE ENCINO:

Rzedowski *et al.*, (1964). Menciona que en la parte septentrional del Valle de México se encuentra un matorral denso de *Q. microphylla* que mide de 20–100 cm, debiendo su existencia a incendios periódicos, desarrollándose a expensas de bosques de pino y encino.

González, (1968). Reporta que en el Valle del Mezquital se encuentra a *Quercus microphylla*, el cual es característico de laderas riolíticas, en altitudes de 2200 y 2300 msnm, con tallas de 20–30 cm.

Rzedowski, (1988). Refiere de la región de Comitán, Chiapas, un encino arbustivo, *Quercus sebifera*, que cubre los cerros en forma de tapiz uniforme de 2-4 m de altura, pero que al descender a la llanura su talla se reduce a 30-60 cm

Encina y Villarreal, (2002). Encuentran que los encinos blancos (sección *Quercus*) son los mejores distribuidos en las zonas montañosas de Coahuila, presentando un mayor rango de tolerancia ecológica, siendo los de hábito arbustivo lo más abundantes en hábitats xéricos, sobre laderas bajas de montañas secas o en la transición con el matorral rosetófilo. Por lo que los encinos blancos son las especies más diversas, formando encinares bajos o comunidades arbustivas.

ESTUDIOS FLORÍSTICOS Y ECOLÓGICOS QUE CITAN A *Q. frutex*:

Zavala, (1995). Cita a *Quercus frutex* en su trabajo realizado en el Parque Nacional El Chico y sus alrededores, menciona que se le encuentra en colinas áridas, terrenos rocosos de laderas de cerros, formando matorrales abiertos o semiabiertos, a veces en bosques semisecos con *Bursera*, *Ipomoea* y otros encinos, o bosques de coníferas, entre 1500 y 2500 msnm, comúnmente formando un estrato arbustivo denso en bosques alterados de *Pinus rudis*. Y que para el área estudiada se le encuentra en encinares, bosque de oyamel, bosques alterados de *Pseudotsuga*, bosque de pino-encino, en altitudes entre 2500 y 2800 m.

Zavala, (1995). En su publicación de Encinos y Robles, realiza un listado de la distribución de los encinos mexicanos por entidad federativa en la República Mexicana, trabajo en el que indica que *Q. frutex* se encuentra en el Distrito Federal, Hidalgo, Jalisco, México, Michoacán, Morelos, Oaxaca, Puebla, Tlaxcala, y Veracruz

Zavala, (2000). En su publicación "El fuego y la Presencia de Encinos", menciona que *Q. frutex* es una de las especies de encinos en México que en apariencia se relaciona con factores ambientales sujetos a incendios relativamente frecuentes.

Medina y Tejero, (2006). Realizaron un inventario florístico y descripción de los tipos de vegetación de la zona (Parque Estatal Atizapán-Valle Escondido, Méx.), encontrando bosque de encino con dos asociaciones; una de tipo abierto y otra de tipo cerrado, ambas conformadas por *Q. frutex*, *Q. deserticota* y *Q. crassipes*, comunidad arbórea con alturas de entre 2-4 m. Menciona que es frecuente la presencia de manchones de matorral de *Q. frutex* sobre todo en sitios perturbados por tala y fuego.

Flores *et al.*, (2006). Llevaron a cabo estudios cariológicos de ocho especies del género *Quercus*, una de las especies en estudio fue *Q. frutex* en donde se encontró que el número cromosómico es diploide ($2n = 2x = 24$) con cariotipos moderadamente asimétricos.

ENTRE LOS ESTUDIOS TAXONÓMICOS QUE CITAN A *Q. frutex* SE ENCUENTRAN LOS SIGUIENTES:

Rodríguez, (2003). Describió la arquitectura foliar de varias especies de *Quercus*, entre ellas *Q. frutex*, con el propósito de facilitar su identificación taxonómica.

Romero *et al.*, (2002). Reconocen 23 especies de *Quercus* para el estado de México, en donde mencionan a *Q. frutex*, para cada especie proporcionan datos etnobotánicos, fenológicos y ecológicos.

Vázquez, (1992). Menciona a dicha especie en su trabajo de los encinos del estado de Puebla.

TRABAJOS QUE REFIEREN FENOLOGÍA, GERMINACIÓN, SEMILLAS Y REPRODUCCIÓN DE ENCINOS.

Zavala, (1996). Describe a los encinos como árboles y arbustos monoicos, con fruto del tipo nuez, al cual se le da el nombre común de bellota, dicho término se refiere a la nuez y a la cúpula que la protege. La semilla de los encinos tiene dos cotiledones y carece de endospermo. La morfología de las bellotas es muy variable, el color que presentan es un indicador de su estado de madurez; también afirma el autor, que la producción de frutos en *Quercus* presentan grandes variaciones anuales en la producción de bellotas y que pueden ser almacenadas por un período de tiempo muy breve, por lo que su almacenamiento es importante para prolongar su viabilidad.

Camacho, (1994). Refiere características de semillas forestales en cuanto a la fisiología de la germinación, de la dormición, quiescencia, ecología y métodos de almacenamiento, información que es útil para estudios de encinos.

Cuevas, (1994). Indica que con el conocimiento y la adecuada planeación de la recolección de semillas puede asegurar un suministro continuo a corto y mediano plazo de plantas para programas de plantaciones, satisfaciendo la demanda a pequeña y gran escala.

González, (1994). Menciona que es necesario el conocimiento de los cambios fenológicos de las especies en la recolección adecuada, detectando los cambios de madurez en los frutos y estableciendo técnicas para no dañar el arbolado y obtener una cosecha abundante.

Grant, (1989). Indica que la mayoría de encinos presentan rizomas rastreros produciendo brotes, que probablemente más tarde se convertirán en plantas. Lo anterior se demuestra en *Quercus virginiana* de Texas, en donde los brotes jóvenes se encuentran adheridos a una red de rizomas subterráneos que provienen de un árbol central. Los árboles maduros de esta especie, se agrupan en manchones uniclonales o colonias clonales.

Marañón *et al.*, (2005). Presentan resultados preliminares del crecimiento de plántulas de *Quercus suber* y *Quercus canariensis* llevado a cabo en campo en donde se sembraron semillas de dichas especies en diferentes tipos de micrositios con distinta intensidad luminosa y en un experimento de invernadero donde se aplicaron tratamientos de luz y riego. En el campo, las plántulas de *Q. suber* de los micrositios abiertos fueron mayores que bajo los árboles. En contraste, la supervivencia fue menor en los mismos sitios abiertos, en comparación con la zona bajo los árboles. La zona de sombra densa fue la más adversa: además de ser las plántulas más pequeñas, la supervivencia fue la menor. Existe, por tanto, un desacoplamiento entre la supervivencia y el crecimiento de las plántulas de *Quercus*. En el invernadero, los niveles más altos de luz y de agua determinaron una mayor biomasa de las plántulas, pero las especies respondieron de forma diferente. Las plántulas de *Q. suber* tuvieron mayor biomasa que las de *Q. canariensis*. Se encontró una interacción entre los tratamientos de luz y agua: en la sombra densa no se manifestaron diferencias entre el peso de las plántulas regadas respecto a las que sufrieron la sequía.

Pérez *et al.*, (2006). Realizan la descripción anatómica, macroscópica y microscópica de la madera de ocho especies de *Quercus* provenientes del Estado de Oaxaca.

Pérez *et al.*, (2000). Hacen una descripción de la situación del uso de la madera de encino en México. Incluyen las estadísticas de existencias maderables y de producción más reciente y referencia

a la distribución de este importante recurso en el país. Los temas tratados son: utilización de la madera de encino (incluyendo celulosa, combustible, durmientes, postes, pilotes, morillos, chapa y madera contrachapada) y la influencia de las características tecnológicas en su uso. Se discute el aprovechamiento de la madera de encino en México en el contexto del panorama internacional. Concluyen que es una tarea urgente buscar la conservación de los encinares para preservar el equilibrio ecológico de los sitios donde crecen.

Cabe mencionar que no se han realizado trabajos con especies arbustivas en cuanto a capacidad germinativa, crecimiento de plántulas en vivero, caracterización fenológica y descripción morfológica de individuos de vivero con diferentes edades.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Contribuir al conocimiento de la ecología de las comunidades de *Quercus frutex* en el norte del Estado de México, con la finalidad de aportar información necesaria para su conservación y manejo silvícola.

OBJETIVOS PARTICULARES

Describir edafológicamente y florísticamente las comunidades de *Quercus frutex* ubicadas en los municipios de Tepetzotlán y Villa del Carbón, Estado de México.

Medir la producción de frutos de individuos del Parque Ecológico Xochitla, Tepetzotlán, Estado de México.

Describir el comportamiento germinativo de semillas de *Quercus frutex*, a través de la capacidad germinativa, tiempo de germinación, uniformidad germinativa y calidad de germinación.

Monitorear el crecimiento temprano y en vivero de plantas obtenidas en el estudio de comportamiento germinativo.

Describir la morfología de plantas de *Quercus frutex* de diferentes edades.

ÁREA DE ESTUDIO

El Estado de México cuenta con una superficie de 22,499.95 kilómetros cuadrados, que representa 1.1 % del total nacional y 122 municipios, dentro de los cuales se encuentran Villa del Carbón y Tepetzotlán, donde se ubican las localidades de estudio del presente trabajo.

MUNICIPIO DE TEPOTZOTLÁN, ESTADO DE MÉXICO.

El municipio de Tepetzotlán se localiza en el Estado de México entre los 19° 38' 50" y los 19° 47' 30" de latitud norte y entre los 99° 11' 30" y los 99° 25' 10" de longitud oeste. Las altitudes que se encuentran están alrededor de los 2,300 msnm (Neri, 1995). Su ubicación es a 42.5 Km. de la ciudad de México, sobre la autopista México-Querétaro hacia el noreste del Valle de Cuautitlán-Texcoco. Posee una superficie de 208.83 km², con una longitud perimetral de 88,256.21 m, representando el 0.93 % de la superficie total del Estado de México.

Tepetzotlán limita al norte con el poblado de San José Piedra Gorda de Tepeji de Ocampo en el Estado de Hidalgo, así como con los municipios de Huehuetoca y Coyotepec del Estado de México; al sur con las poblaciones de Axotlán, Huilango y Santa María Tianguistengo, perteneciente al municipio de Cuautitlán Izcalli y Nicolás Romero; al este con Teoloyucan y Cuautitlán y al oeste con Villa del Carbón.

La primera localidad se encuentra cerca del poblado conocido como "Las Cañadas de Cisneros" y de un brazo de río que desemboca en la Presa "La Concepción". La segunda localidad es el "Parque Ecológico Xochitla", con una extensión de 70 hectáreas que se localiza al este de Tepetzotlán. El clima del municipio es templado húmedo con lluvias en verano. Existen tres subtipos de clima dentro del municipio, con base en los datos de las estaciones la Presa "La Concepción" y la estación meteorológica de "Tepetzotlán", situadas en el límite sur de la Sierra de Tepetzotlán: C(w0)(w)b(i'): el más seco de los templados subhúmedos con lluvias en verano, C(w1)(w)b(i'), intermedio entre los templados subhúmedos con lluvias en verano y el C(w2)(w)b(g), el más húmedo de los templados subhúmedos con lluvias en verano. Los tipos de vegetación predominantes son bosque de encino, bosques de encino-pino y matorral xerófilo (Fig. 2) (Miranda y Hernández, 1963).

MUNICIPIO DE VILLA DEL CARBÓN, ESTADO DE MÉXICO.

Villa del Carbón se localiza al noreste de la entidad federativa, en las coordenadas extremas siguientes: máximas 19° 54' 24" latitud norte y 99° 39' 07" longitud oeste; mínimas 19° 36' 48" latitud norte y 99° 22' 21" longitud oeste. Su extensión es de 320.51 km², ó 32,051 hectáreas. Presenta tres características de relieve: la primera corresponde a las zonas accidentadas y abarca el 57 % de la superficie; la segunda está integrada por zonas semiplanas y comprende el 34 % y la tercera corresponde a zonas planas, comprendiendo el 9 % de la superficie. Se encuentra a una altitud de 2,600 msnm.

Colinda al norte con el estado de Hidalgo y Jilotepec; al sur con Jiquipilco y Nicolás Romero; al este con el estado de Hidalgo, Tepetzotlán y Nicolás Romero y al oeste con Morelos y Chapa de Mota.

La tercera localidad es el Barrio de "Santa Catarina", en donde se aprecia bosque de encino con claros que se empiezan a rellenar con manchones de encino arbustivo. El clima es templado con invierno frío. Las heladas fuertes son en febrero, marzo, agosto y septiembre. La temperatura media es de 20° C con humedad constante.

Los tipos de vegetación predominantes son bosque de encino, bosques de encino-pino y matorral xerófilo (Fig. 2) (Miranda y Hernández, 1963).

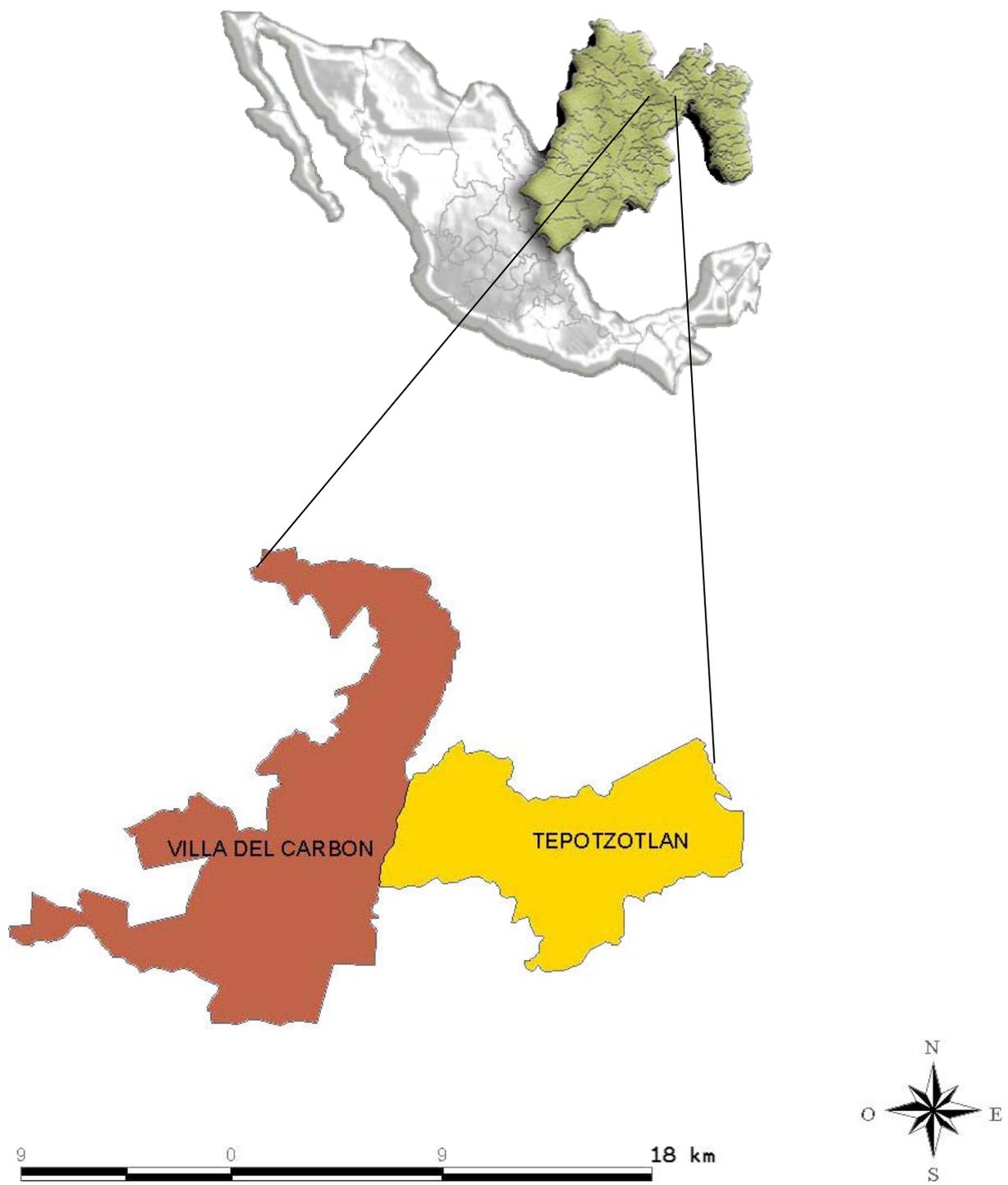


Fig. 2 Ubicación del área de estudio

MATERIAL Y MÉTODOS

1. BÚSQUEDA BIBLIOGRÁFICA.

Se hizo la revisión bibliográfica relacionada con los objetivos del presente trabajo.

2. TRABAJO DE CAMPO Y LABORATORIO

Se hicieron recorridos en los municipios de Tepetzotlán (zona sur y este en donde se ubicaron las localidades de “Las Cañadas” y “Xochitla”) y Villa del Carbón (zona norte donde se ubica “Santa Catarina”) para la localización de los matorrales de *Quercus frutex*.

Se recorrieron las manchas arbustivas para elaborar polígonos de las zonas donde habita *Quercus frutex* para calcular el área aproximada que ocupa, se utilizó un sistema de posicionamiento global (GPS) para la toma de puntos de verificación, orthofotos a escala 1:75 ,000 y el programa ArcView 3.0.

En salidas al campo se registraron diámetros, alturas máximas y mínimas de algunos individuos adultos tomados al azar; también se registró su estado fenológico (caída y formación de hojas, floración y producción de frutos).

Se realizó el levantamiento florístico de las comunidades de *Q. frutex*, durante las épocas de lluvia y seca; dentro de los manchones y alrededor, con el fin de integrar un listado de la flora acompañante de la especie en estudio.

Se llevó a cabo un análisis edafológico para evaluar la fertilidad del suelo dentro de manchones arbustivos de *Quercus frutex*, en Las Cañadas, Tepetzotlán y Santa Catarina, Villa del Carbón. Se utilizó la técnica de comparación con tablas de color (desarrollada por Munsell, 1975 en Muñoz *et al.*, 2000), para reducir las diferencias de apreciación personal; el método del hidrómetro para determinar la textura de la fracción fina del suelo, es decir partículas menores a 2 mm (Bouyoucos, 1962 en Muñoz *et al.*, 2000); el método volumétrico o de la probeta (desarrollado por Beaver, 1963 en Muñoz *et al.*, 2000), utilizado para calcular la densidad aparente a través del peso de un volumen conocido de suelo tamizado y ligeramente compactado; el método del picnómetro (tomado de Aguilera y Domínguez, 1980 en Muñoz *et al.*, 2000), para determinar la densidad real de un suelo; método cualitativo, (desarrollado por Cuanalo, 1981 en Muñoz *et al.*, 2000), usado para determinar la estructura del suelo y la consistencia del suelo; el método de oxidación con ácido crómico y ácido sulfúrico (desarrollado por Walkley y Black, 1947 en Muñoz *et al.*, 2000), utilizado para calcular la cantidad de materia orgánica en

un suelo; el método potenciométrico para determinar el pH real (desarrollado por Bates, 1954., Willard, *et al.*, 1958 en Muñoz *et al.*, 2000); el método volumétrico del versenato (desarrollado por Schollenberger y Simón, 1945 en Muñoz, *et al.*, 2000), para medir la capacidad de intercambio catiónico.

En Xochitla se monitorearon 40 individuos adultos de *Q. frutex*, en cuanto a la producción de frutos y fenología, los cuales se encuentran en suelo, en hileras y con una distancia entre uno y otro de un metro aproximadamente.

La recolección de frutos se llevó a cabo en “Las Cañadas”, “Xochitla” en Tepetzotlán y “Santa Catarina” en Villa del Carbón durante los meses de julio, agosto y septiembre, fueron obtenidos tanto del suelo como de las ramas, la disponibilidad de los frutos fue muy variable en los diferentes años (2004, 2005, 2006) en que se realizó la colecta (Cuadro 1).

Cuadro 1. Se indican las diferentes localidades y años en los que se colectó frutos para su establecimiento.

Localidades y años.	No. Frutos usados en los establecimientos.
“Santa Catarina” (2004)	250 bellotas
“Parque Xochitla” (2005)	32 bellotas
“Parque Xochitla” (2006)	182 bellotas
“Las Cañadas” (2006)	159 bellotas

Las bellotas de *Quercus frutex* obtenidas en 2004 procedentes de “Santa Catarina”, Villa del Carbón se llevaron al laboratorio, los frutos fueron separados de la cúpula para lavarlos con agua corriente y desinfectarlos con una solución de hipoclorito de sodio al 15 % durante 15 minutos, después se escurrieron y tendieron sobre una superficie plana con el fin de secar su exterior. Ya secos se tomaron al azar 200 frutos para registrar su peso. El remojo de los frutos fue durante 24 horas en agua corriente y después se escarificaron de manera mecánica y manual retirando todo el pericarpo con navajas. Se establecieron cinco lotes de 50 semillas tomadas al azar, para ello se usaron cajas de plástico tipo domo, utilizando como sustrato papel absorbente blanco, se colocaron en una cámara a 25°C con fotoperíodo de 24 hrs. luz y humedad a inhibición del papel filtro. Se efectuó el registro diario de las semillas germinadas hasta que se alcanzó el 100 %; también se midió la talla de la raíz cada tercer día.

Para probar la viabilidad de las semillas, algunos frutos (colectados en “Santa Catarina”, Villa del Carbón en el 2004) se almacenaron en un recipiente de plástico que se puso en refrigeración a 4°C, y que al cumplir uno y dos meses se extrajeron para monitorear su germinación.

En el “Parque Xochitla” en el 2006 se realizaron dos colectas; la primera durante el mes de julio y el establecimiento en la germinadora en agosto y en donde después de monitorear la emergencia de la radícula durante dos semanas, los frutos se traspasaron a recipientes con tierra forestal y se dispusieron en la casa de sombra del vivero (FES-I) para iniciar el monitoreo en el momento que se percatara de la emergencia del epicotilo. Paso anterior se repitió con los frutos colectados durante la segunda colecta realizada en agosto y principios de septiembre, por lo que se tiene dos establecimientos de frutos de la misma localidad pero con un mes de diferencia uno de otro.

Se realizó la descripción morfológica de las plantas de vivero a los 3, 6, 9, 12 y 19 meses de edad. Se describió la arquitectura foliar de las mismas plantas utilizando la técnica de diafanización, para ello se eligieron hojas maduras de los ejemplares. Las descripciones fueron hechas con base a Ash *et al.*, (1999).

Después de que germinaron las semillas se transplantaron a recipientes sin fondo con suelo forestal, con el fin de podar la raíz. Los recipientes se colocaron sobre camas de malla de alambre dentro de la casa de sombra en el Jardín Botánico de la FES-Iztacala.

Posteriormente, cuando las plantas se encontraban entre los 8 cm y 15 cm fueron transplantadas a bolsas de uso forestal. El riego se aplicó cada tercer día en época seca y en época de lluvia se aprovechó la precipitación pluvial.

Se realizó el registro del diámetro y altura del tallo, número de hojas, cobertura y el largo y ancho de la hoja de menor y mayor tamaño. Así mismo se hicieron observaciones de las condiciones fenológicas durante un año.

Se tomó del vivero (FES-I) la mitad de un grupo de 80 individuos de *Q. frutex* de igual edad y procedentes de la misma localidad. Las plantas fueron llevadas al Parque Xochitla, en donde el cepellón se protegió con una malla biodegradable y se plantaron directamente en suelo quedando en condiciones de cielo abierto. El resto del grupo de plantas permaneció en bolsa forestal y dentro del vivero de la FES-I. Posteriormente se realizó el monitoreo de altura, diámetro, cobertura y número de hojas de ambos grupos durante cuatro meses aproximadamente.

Se monitoreó en individuos adultos de *Q. frutex* en condiciones de plantación en el “Parque Xochitla” durante seis meses aproximadamente: altura, diámetro y cobertura

3. ANÁLISIS DE DATOS

Se realizó la fotointerpretación de imágenes digitales para ubicar los matorrales de *Quercus frutex*. Dicha información se muestra en fotomapas.

Se elaboró el listado florístico de las comunidades de *Quercus frutex*.

Se elaboraron cuadros con las características edafológicas del suelo.

Los datos de peso de frutos se analizaron mediante una prueba de anova ($p \leq 0.05$), utilizando Excel Minitab versión 15. Lo cual sirvió para notar las diferencias entre el peso de frutos procedentes de diferentes localidades.

Para la interpretación de datos de germinación se realizó un análisis estadístico considerando a Camacho y Morales (1992) para obtener los índices de capacidad germinativa, tiempo de germinación, uniformidad germinativa y calidad de germinación (Cuadro 2).

El crecimiento de las plantas en condiciones de vivero, se analizó utilizando Excel Minitab versión 15. En donde uno de los objetivos fue encontrar el tipo de correlación existente entre el diámetro, altura del tallo, número de hojas y cobertura.

Se hicieron las descripciones de las plantas obtenidas de diferentes edades.

Se realizaron cuadros donde se muestra la información sobre la fenología de la especie en campo y en vivero, así como la producción de frutos observada en el "Parque Xochitla".

Cuadro 2. Formulario de los índices de Germinación.

Variable	Fórmula	Componentes de la Fórmula
CAPACIDAD GERMINATIVA	$CG = (Ae \bullet 100) / M$	<p>CG= Capacidad Germinativa</p> <p>Ae= Germinación Acumulada hasta la última evaluación.</p> <p>M= Muestra evaluada (Total de semillas establecidas)</p>
UNIFORMIDAD GERMINATIVA (Desviación Típica de los tiempos de germinación)	$DTG = \sqrt{\left\{ \left[\frac{SCG - (SPG \bullet SPG / SG)}{SG - 1} \right] \right\}}$ $SCG = \left(\sum_{i=1}^e Pi^2 \right) Gi$ $Pi = \frac{[Ti - (Ti - 1)]}{2}$ $SPG = \sum_{i=1}^e Pi$ $SG = \sum_{i=0}^e Gi$	<p>DTG= Desviación Típica del Tiempo de Germinación.</p> <p>SCG= Suma de los puntos Medios Cuadrados por germinaciones sencillas ($[P_1 \times P_1 \times G_1] + [P_2 \times P_2 \times G_2] \dots + [P_e \times P_e \times G_e]$).</p> <p>SPG= Suma de los puntos Medios por Germinaciones Sencillas ($[P_1 \times G_1] + [P_2 \times G_2] \dots + [P_e \times G_e]$).</p> <p>SG= Suma de las Germinaciones Sencillas ($G_1 + G_2 \dots + G_e = Ae$).</p> <p>Pi= Marca clase o Punto Medio entre dos evaluaciones (i toma valores desde 1 hasta "e").</p> <p>e= Número total de evaluaciones realizadas durante la incubación (última evaluación realizada).</p> <p>Ti= Tiempo transcurrido desde el establecimiento hasta la evaluación número "i").</p> <p>Gi= Germinación sencilla de la i-ésima evaluación.</p>
TIEMPO DE GERMINACIÓN	$TMG = \frac{SPG}{SG}$	<p>TMG= Tiempo Medio de Germinación.</p> <p>SPG= Suma de los Puntos Medios por Germinaciones Sencillas.</p> <p>SG= Suma de Germinaciones Sencillas.</p>
CALIDAD GERMINATIVA (Índice de Maguire, 1962)	$MG = \left(\frac{G1}{T1} + \frac{G2}{T2} \dots + \frac{Ge}{Te} \right) \bullet \frac{100}{M}$	<p>MG= Valor Germinativo o Índice de Maguire.</p> <p>Gi= Germinación Sencilla de la i-ésima evaluación.</p> <p>Ti= Tiempo transcurrido desde la siembra hasta la i-ésima evaluación.</p> <p>M= Cantidad de semillas establecidas.</p>

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

UBICACIÓN DE MATORRALES DE *Quercus frutex*.

El matorral de *Quercus frutex* en las cercanías a la localidad “Las Cañadas”, Tepetzotlán se encuentra rodeado por lomeríos, áreas de cultivo y fragmentos de una vegetación que corresponde a matorral xerofilo. El área muestreada para esta localidad es de aproximadamente 62187.645m², la cual se encuentra a una altitud de 2412 a 2025 msnm (Fig. 3).

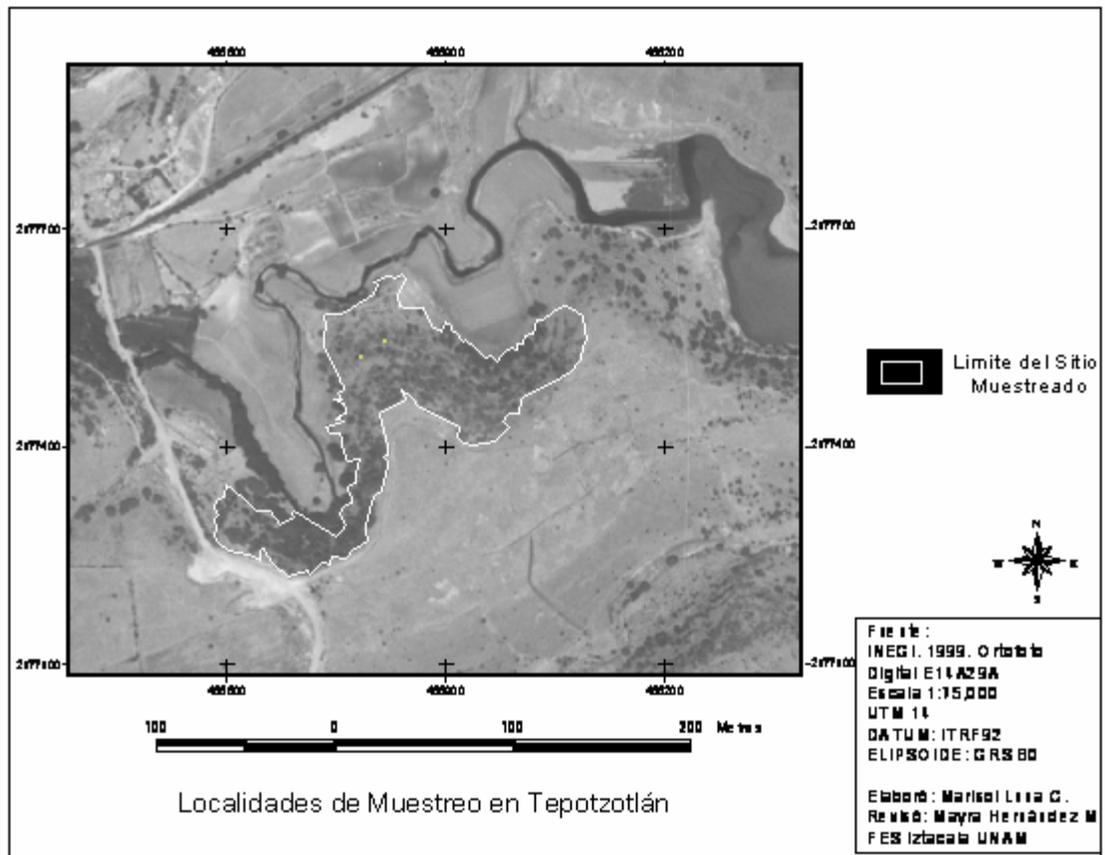


Fig. 3 Ubicación de los manchones arbustivos de *Quercus frutex* en “Las Cañadas, Tepetzotlán.

En la localidad “Santa Catarina”, ubicada en Villa del Carbón (Fig. 4), el encinar arbustivo se encuentra en algunos de los claros que se han formado en el bosque de *Quercus*. El área muestreada para esta localidad es de aproximadamente 3314.755 m² en una altitud que va de 2454 a 2482 msnm.

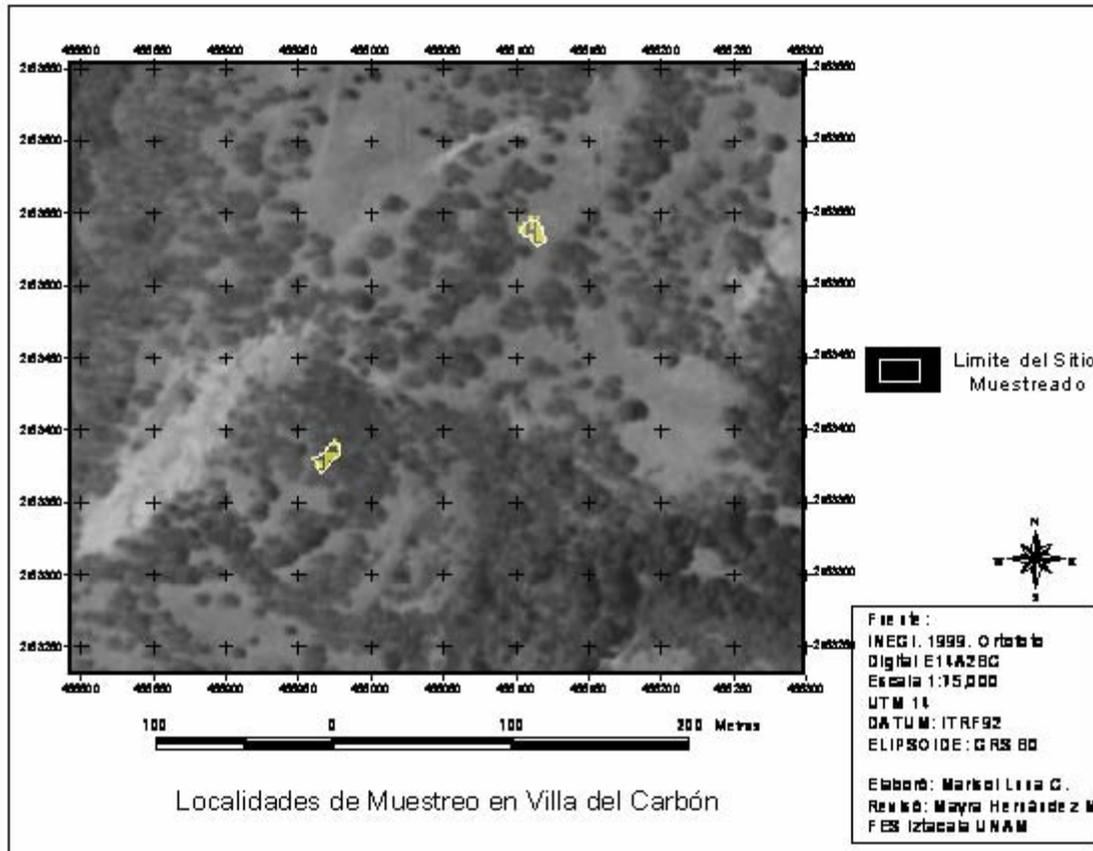


Fig. 4. Ubicación de los manchones arbustivos de *Quercus frutex* en “Santa Catarina”, Villa del Carbón.

TALLA DE INDIVIDUOS ADULTOS

Se observó que los diámetros de los arbustos de *Q. frutex* son disímiles de una localidad a otra; los ubicados en “Las Cañadas”, tienen un mayor diámetro que los encontrados en “Santa Catarina”. En cuanto a la altura, se vio que la mayoría que los individuos de “Las Cañadas” tienen más de un metro, alcanzando alturas de hasta poco más de 2.50 m; mientras que los de “Santa Catarina” pocos son los que alcanzan los 2 m (Fig. 5).

En relación con lo anterior, el área ocupada por el encinar arbustivo es pequeña en relación a la superficie circundante. A pesar de que es un tipo de vegetación al que se le acuña haberse originado a partir de

disturbios tanto naturales como antropogénicos, se encuentra en peligro de desaparecer por asentamientos humanos. La importancia de este encinar resalta a simple vista: dentro de él se encuentra un número importante de herbáceas y arbustivas, no faltando otras especies arbóreas; provee de alimento y albergue a la fauna (Fig. 6); y sobre todo evita la compactación y pérdida de suelo por erosión. *Quercus frutex* es una especie candidata para restauración de suelos. Puede decirse, como en el Mediterráneo, que las comunidades arbustivas de encino proveen sombra y favorecen la germinación de semillas y el establecimiento de plántulas de numerosas especies (Jordano *et al.*, 2000).

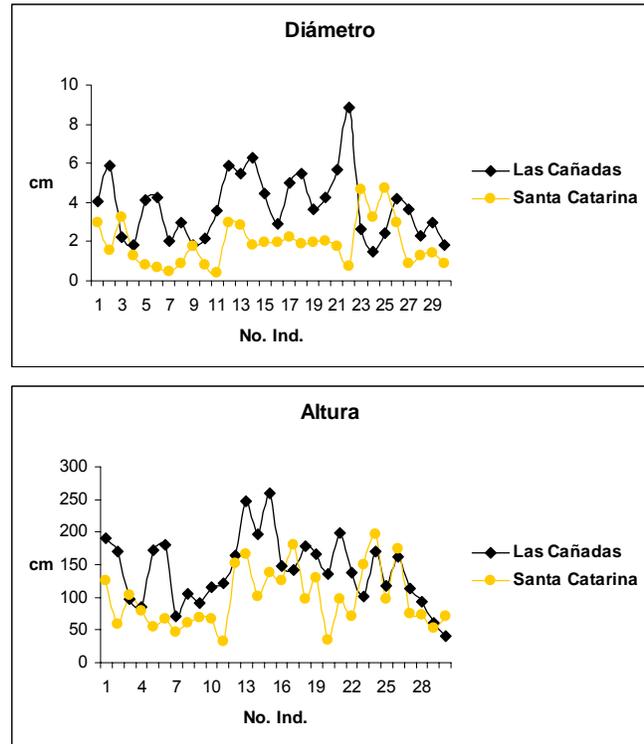


Fig. 5 Diámetros y alturas de individuos en Tepetzotlán y Villa del Carbón



Fig. 6 Se muestra algunos de los elementos que alberga el encino arbustivo *Q. frutex*, como begonias, mirasoles, hongos y nidos de aves pequeñas como los gorrioncillos.

En cuanto a la altitud en que se encontró el encinar arbustivo en ambas localidades, entra en el Intervalo reportado de 2000-2800 msnm para *Q. frutex* en otras localidades de México (Romero *et al* 2002). En cuanto a la altura y diámetro, se vio que son mayores a lo señalado por los mismos autores; así los ubicados en “Las Cañadas”, presentan ≥ 1.41 m y diámetros de ≥ 3.8 cm; muy probablemente se deba a las condiciones climáticas, edafológicas y biológicas que prevalecen en la zona de estudio. En el caso de los arbustos en “Santa Catarina” (Fig. 7), estos se encuentran dentro de los intervalos reportados para la especie, presentando para la altura y diámetro un promedio de ≥ 0.98 m y 1.90 m respectivamente, mostrando características propias de la especie.



Fig. 7 Arbustos encontrados cerca de la localidad de “Santa Catarina”, Villa del Carbón.

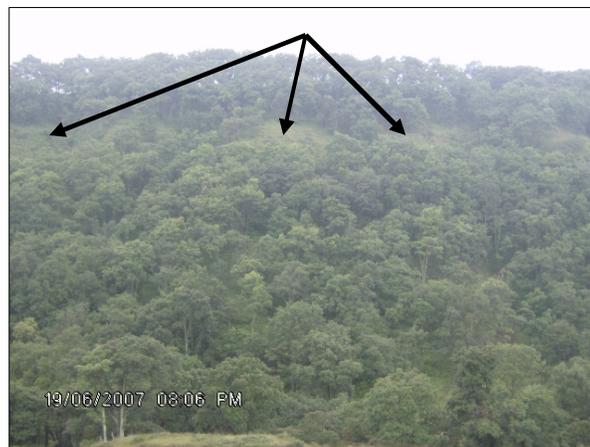
MEDIO EN EL QUE SE DESARROLLA *Q. frutex* Y SU ESTRATEGIA DE REPRODUCCIÓN VEGETATIVA.

En la localidad de “Las Cañadas”, la comunidad de *Q. frutex* (Fig. 8), se halla en un alto grado de disturbio, el cual ha sido y es causado por actividades antropogénicas que conforme avanza el tiempo se intensifican, entre ellas se puede mencionar: el pastoreo, la minería, la agricultura, asentamientos humanos y actividades recreativas, en donde estas últimas han sido la causa de constantes incendios en la zona. Esta especie es una de las que emite rebrotes a partir de la base del tallo ó de la raíz (Zavala y García, 1997) de manera continua después de la muerte de las partes aéreas, mostrando gran capacidad de regeneración ante estas condiciones; muy posiblemente su presencia se deba a una suma de factores.



Fig.8 Arbustos ubicados cerca de la localidad “Las Cañadas”, Tepetztlán

Las condiciones de los manchones de *Quercus* encontrados en “Santa Catarina”, son similares a las del encinar arbustivo en “Las Cañadas”. Cabe resaltar la considerable influencia que ha tenido el cambio de uso del suelo en la modificación de la vegetación natural, (posiblemente antes se encontraba bosque de *Q. obtusata*) y que ahora se ve conformada por una fragmentación de hábitats de diversos tipos (bosque de *Quercus*, pastizal y matorral de *Quercus*) y que aparecen en el escenario como mosaicos, en los que se alternan áreas con diferentes grados de alteración, lo que lleva al rompimiento de la continuidad de comunidades (Fig. 9).



Claros en medio del Bosque señalados con flechas, en donde se aprecian pequeños manchones de *Q. frutex*.

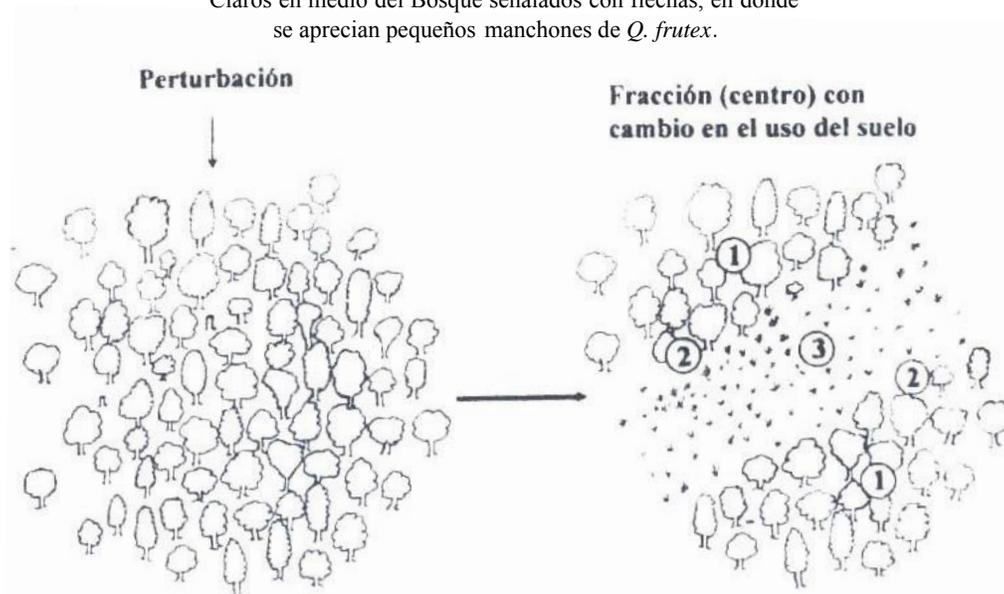


Fig. 9 Representación simplificada del concepto de fragmentación de hábitat (A= apariencia del bosque antes de la perturbación; B= apariencia del bosque después de la perturbación; ambientes de fragmentación: 1=dentro; 2=orilla; 3=fuera del bosque) Tomado de Zavala (2000).

El fuego es uno de los factores de disturbio más relacionado con la estrategia de reproducción vegetativa de *Quercus frutex*. La capacidad de rebrotamiento de la mayoría de los encinos es estimulada por el aumento de la temperatura del suelo causada por el fuego (Zavala, 2000).

En México, algunas especies de encino aparentemente se relacionan con factores ambientales sujetos a incendios relativamente frecuentes. Entre estas especies se encuentran *Q. crassifolia*, *Q. crassipes*, *Q. frutex*, *Q. laeta*, *Q. microphylla*, *Q. obtusata* y *Q. repanda*. Falta investigar cuáles especies se asocian directamente con el fuego, de tal manera que éste sea un beneficio en su regeneración, además de determinar cómo se relaciona con la evolución (Zavala, 2000).

Se sabe que los rebrotes son más abundantes en bosques más secos con algún efecto causado por el fuego, en tanto que son escasos en los bosques más húmedos no afectados por incendios, en donde las plántulas son las más evidentes (Zavala y García, 1997). Es decir, es escasa la producción de frutos en las comunidades donde la reproducción vegetativa es más intensa (Zavala, 2000). Ejemplo de esto es la comunidad de “Las Cañadas”, en donde a pesar de que la mancha arbustiva cubre un área aproximada de 62187.645 m², se colectaron sólo 10 frutos maduros en el 2005.

En “Las Cañadas”, donde una parte del manchón fue incendiada en tiempo de sequía, se observó que en marzo se produce gran cantidad de rebrotes a nivel del suelo. Al siguiente año los arbustos estaban completamente regenerados, recobrando su altura (Fig. 10 y 11). Se sabe que la pérdida de tallos ocasionados por el fuego libera la latencia de las yemas que se encuentran bajo la corteza. Las yemas latentes, localizadas en las axilas de las ramillas, están conectadas a la parte interna del tronco, por lo que estas especies rebrotan fácilmente, ya sea a partir de las yemas de las ramas, si el incendio es ligero, o de las yemas localizadas en la unión entre la raíz y el tallo, cuando el incendio destruye la parte aérea (Kozlowski, 1971 en Peña y Bonfil, 2003). Las plántulas sobreviven al fuego debido a que desarrollan una raíz pivotante que penetra profundamente en el suelo, en donde el aumento en la temperatura ocasionado por los incendios se atenúa rápidamente. La temperatura del frente de los incendios superficiales normalmente fluctúa entre 200 y 300°C, aunque puede llegar hasta 500°C. Sin embargo, decrece en las capas internas del suelo y raramente excede 100°C por debajo de una profundidad de 3 cm (Peña y Bonfil, 2003).

Los rebrotes son maduros sexualmente en corto tiempo, es decir no necesitan alcanzar alturas ni diámetros promedio para ser fructíferos, pues se encuentran plantas de 35 cm de altura, con un diámetro de menos de un centímetro que ya producen frutos que alcanzan la madurez. Esta especie ha

desarrollado una estrategia de supervivencia que no sólo funciona en campo, sino que se manifiesta también en condiciones de vivero (Fig. 12, 13 y 13a).



Fig. 10 Rebrotos después del incendio



Fig. 11 Aspecto de los arbustos a un año después del incendio.



Fig. 12 Rebrotos. Vivero (FES-I)



Fig.13 Ejemplar adulto con múltiples rebrotes alrededor del tallo (Parque Xochitla).



Fig.13a Rebrotos en *Q. frutex* adulto, plantado en el Parque Xochitla.

En laboratorio se observó que la emergencia de la radícula ocurre al día siguiente de su establecimiento; la raíz se alarga rápidamente produciendo una capa de mucilago gruesa, que como se sabe ayuda a prevenir la desecación y es la interfase de contacto con las partículas del suelo; la

emergencia del tallo se da algunos días después y se lleva a cabo en alguna o varias zonas de lo que aparentemente es la "raíz" (Fig. 14 y 15). Otros rebrotes se producen de tallos sobre el nivel del suelo.

Los encinos, en ausencia de otras especies "rebrotadoras" prolíficas, podrían dominar gradualmente debido a la tenacidad de sus rebrotes (Carvell y Tryon, 1961 en Zavala, 2001).



Fig. 14 Se muestra con flechas el lugar de emergencia de los tallos.

Desarrollo de plántulas en *Q. frutex*.

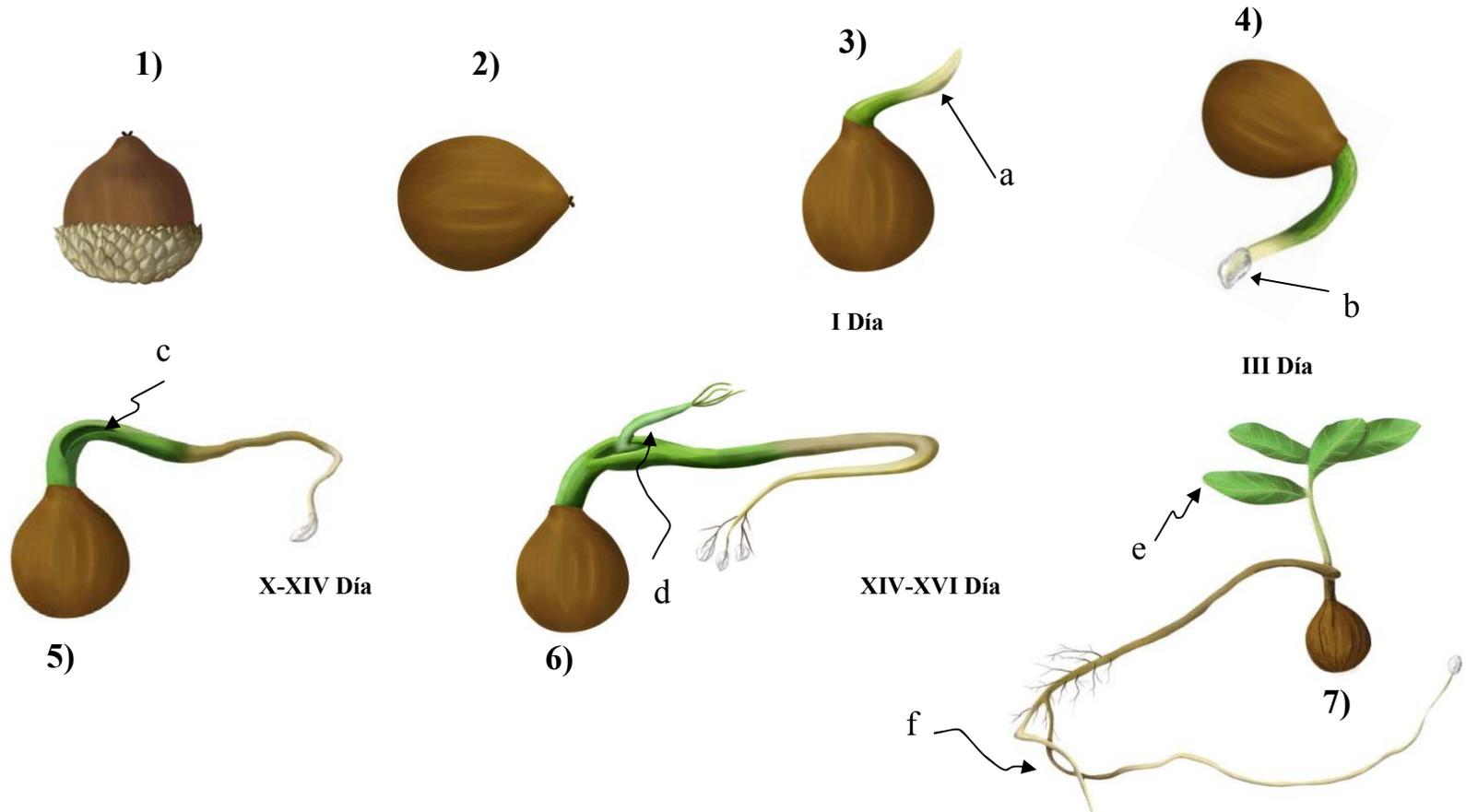


Fig. 15 1) Bellota; 2) Nuez; 3) Emergencia de la radícula (a); 4) mucilago (b); 5) Abertura sobre la raíz (c); 6) Emergencia del epicotilo y algunos folíolos (d); 7) Desarrollo de la plántula (e) y crecimiento de las raíces (f). Borrador: Biol. Marisol Luna, Dibujo terminado: Biol. Enrique Gil. (FES-I)

FLORA ACOMPAÑANTE DE *QUERCUS FRUTEX*.

Listado florístico de los manchones arbustivos de *Quercus frutex*, localidad "Las Cañadas".

Nombre Científico	Forma de vida	Usos	Nombre Común
Acanthaceae			
<i>Ruellia lactea</i> Cav.			
<i>Tetramerium nervosum</i> Nees.			
Amaranthaceae			
<i>Gomphrena serrata</i> L.	Herbácea		"Amor seco"
Anthericaceae			
<i>Echeandia nana</i> (Baker) Cruden.	Herbácea		
<i>Echeandia undulata</i> Cruden.	Herbácea		
Apiaceae			
<i>Eryngium carlinae</i> Delar. f.	Herbácea	Medicinal	"Hierba del sapo", "Mosquitos"
Asclepiadaceae			
<i>Matelea decumbens</i> W.D. Stevens.			"Talayote", "Tlalayotera"
<i>Matelea pedunculata</i> (Decne.) Woods.			
Asteraceae			
<i>Baccharis heterophylla</i> H.B.K.	Arbustiva		"Escobilla"
<i>Baccharis pteronoides</i> DC.	Semiarbustiva		"Escobilla", "Hierba del carbonero"
<i>Bidens aurea</i> (Ait.) Sherff.			
<i>Bidens triplinervia</i> H.B.K.	Herbácea		"Acahual cimarrón"
<i>Centaurea rothrockii</i> Greenm.	Herbácea		"Pincel"
<i>Dahlia coccinea</i> Cav.	Herbácea		
<i>Helenium mexicanum</i> H.B.K.		Acción insecticida	"Amargosa", "Cabezona", "Hierba de las ánimas"
<i>Heliopsis annua</i> Hemsl.			
<i>Sanvitalia procumbens</i> Lam.			"Ojo de gallo", "Ojo de pollo"
<i>Schkuhria pinnata</i> (Lam.) Kuntze.			
<i>Selloa plantaginea</i> H.B.K.			
<i>Stevia elatior</i> H.B.K.	Herbácea		
<i>Stevia hirsuta</i> DC.	Herbácea		
<i>Stevia serrata</i> Cav.	Herbácea		"Chile burro", "Cola de borrego"
<i>Stevia sp</i>			

Nombre Científico	Forma de vida	Usos	Nombre Común
<i>Stevia tomentosa</i> H.B.K.	Herbácea		
<i>Tagetes lucida</i> Cav.	Herbácea	Medicinal	"Pericón"
<i>Tagetes micrantha</i> Cav.	Herbácea	Té contra dolor estomacal	"Anisillo"
<i>Zinnia peruviana</i> (L.) L	Herbácea		"Mal de ojo"
Begoniaceae			
<i>Begonia gracilis</i> H.B.K.	Herbácea	Ornamental	"Ala de ángel", Carne de doncella"
Bromeliaceae			
<i>Tillandsia usneoides</i> (L.) L.		Ornamental	"Heno"
Calochortaceae			
<i>Calochortus barbatus</i> (H.B.K.) Painter.	Herbácea		
Commelinaceae			
<i>Gibasis pulchella</i> (H.B.K) Raf.			
<i>Tinantia erecta</i> (Jacq.) Schlecht.	Herbácea		
<i>Tradescantia crassifolia</i> Cav.	Herbácea		
Caryophyllaceae			
<i>Stellaria media</i> (L.) Cyrillo.	Herbácea		
Cistaceae			
<i>Helianthemum glomeratum</i> (Lag) Lag.			"Juanita"
Convulvulaceae			
<i>Dichontra argentea</i> Humb.y Bonpl.	Herbácea		"Oreja de ratón"
<i>Ipomoea emetica</i> Choisy.			"Campanitas". "Manto de la virgen"
<i>Ipomoea purpurea</i> (L.) Roth	Herbácea		
<i>Ipomoea</i> sp			
Cyperaceae			
<i>Cyperus spectabilis</i> Link			"Tule" o "tulillo"
<i>Cyperus squarrosus</i> L.			
Euphorbiaceae			
<i>Croton</i> sp			
<i>Euphorbia</i> sp			
<i>Euphorbia indivisa</i> (Engelm)	Herbácea		
Tidestr.			
Fagaceae			
<i>Quercus crassipes</i> Humb.& Bonpl.	Arbórea		
<i>Quercus frutex</i> Trel.	Arbustiva, Arbórea		
<i>Quercus mexicana</i> Humb.& Bonpl.	Arbórea		
Fabaceae			
<i>Acacia</i> sp			

Nombre Científico	Forma de vida	Usos	Nombre Común
<i>Brongniartia intermedia</i> Moric.	Arbustiva		
<i>Desmodium</i> sp			
<i>Lupinus simulans</i> Rose.			
<i>Phaseolus maculatus</i> Scheele.	Herbácea	Ornamental	
<i>Trifolium repens</i> L.	Herbácea		
Lamiaceae			
<i>Salvia hirsuta</i> Jacq.	Herbácea		
<i>Salvia laevis</i> Benth.	Herbácea		
<i>Salvia lavanduloides</i> Benth.	Herbácea		
<i>Salvia mexicana</i> L.	Herbácea		
<i>Salvia mocinoi</i> Benth	Herbácea		
<i>Salvia patens</i> Cav.	Herbácea		
<i>Salvia reptans</i> Jacq.	Herbácea		
Lythraceae			
<i>Cuphea aequipetala</i> Cav.	Herbácea		
Onagraceae			
<i>Oenothera purpusii</i> Munz.	Herbácea		
<i>Oenothera rosea</i> L'Hér. Ex Ait.			"Agua de azahar", "Yerba del golpe"
Oxalidaceae			
<i>Oxalis corniculata</i> L.	Planta		"Agritos", "Xocoyole"
<i>Oxalis</i> sp			
Poaceae			
<i>Briza subaristata</i> Lam.	Herbácea		
<i>Eragrostis intermedia</i> Hitchc.			
<i>Paspalum prostratum</i> Scribn. & Merr.			
Polygonaceae			
<i>Polygonum acuminata</i> Kunth.	Herbácea		"Chilillo", "Sangrina"
<i>Polygonum capitatum</i> Buch.-Ham. Ex D. Don.	Herbácea	Ornamental	
Rubiaceae			
<i>Bouvardia ternifolia</i> (Cav.) Schlecht.	Herbácea	Ornamental	"Trompetilla"
Scrophulariaceae			
<i>Lamourouxia rhinanthifolia</i> H.B.K.	Herbácea		
<i>Penstemon roseus</i> (Sweet) G. Don.	Herbácea		
Selaginellaceae			
<i>Selaginella</i> sp			
Solanaceae			
<i>Physalis chenopodiifolia</i> Lam.	Herbácea		"Tomate"
<i>olanum americanum</i> Mill.	Herbácea	Comestible, lavados para la urticaria	"Hierba mora"

Listado florístico de los manchones arbustivos de *Quercus frutex*, localidad "Santa Catarina".

Nombre Científico	Forma de vida	Usos	Nombre Común
Amaranthaceae			
<i>Gomphrena serrata</i> L.	Herbácea		"Amor seco"
Apiaceae			
<i>Eryngium serratum</i> Cav.	Herbácea		
Asteraceae			
<i>Bidens aurea</i> (Ait.) Sherff.	Herbácea		"Acahualillo, "Té de milpa" "Amor seco"
<i>Bidens laevis</i> (L.) B.S.P.	Herbácea		
<i>Brickellia nutanticeps</i> Blake.	Herbácea		
<i>Centaurea rothrockii</i> Greenm.	Herbácea		"Pincel"
<i>Conyza filaginoides</i> (DC.) Hieron.	Herbácea	Contra afecciones intestinales	"Simonilla", "Simonillo"
<i>Conyza Schiedeana</i> (Less.) Cronq.	Herbácea		
<i>Conyza sophiifolia</i> H.B.K.	Herbácea		
<i>Cosmos bipinnatus</i> Cav.	Herbácea	Ornamental	"Girasol morado", "Mirasol"
<i>Cosmos scabiosoides</i> H.B.K.	Herbácea	Ornamental	
<i>Eupatorium</i> sp	Herbácea		
<i>Gnaphalium luteo-album</i> L.	Herbácea		
<i>Helianthus</i> sp	Herbácea		
<i>Heliopsis annua</i> Hemsl.			"Hierba cabezona"
<i>Helenium mexicanum</i> H.B.K.			"Amargosa", "Cabezona", "Hierba de las ánimas"
<i>Porophyllum linaria</i> (Cav.) DC.	Herbácea	Consumo humano	"Venado", "Papaloquelite"
<i>Senecio mairetianus</i> DC.	Arbustiva		
<i>Stevia micrantha</i> Lag.	Herbácea		
<i>Stevia ovata</i> Willd.	Herbácea		
<i>Stevia serrata</i> Cav.	Herbácea		"Chile burro", "Cola de borrego"
<i>Tagetes lucida</i> Cav.	Herbácea	Medicinal	"Pericón"
<i>Tagetes micrantha</i> Cav.		Té contra dolor estomacal	"Anisillo"
<i>Verbesina encelioides</i> (Cav.) Benth.			
Boraginaceae			
<i>Borago officinalis</i> L.	Herbácea	ornamental	"Borraja"
Caryophyllaceae			
<i>Stellaria cuspidata</i> Willd.	Herbácea		

Nombre Científico	Forma de vida	Usos	Nombre Común
Ciperaceae			
<i>Cyperus seslerioides</i> H.B.K	Herbácea	Ornamental y forrajera	"Tulillo"
<i>Cyperus spectabilis</i> Link.			"Tule", "Tulillo"
Cistaceae			
<i>Helianthemum glomeratum</i> (Lag.) Lag.	Herbácea	Enfermedades digestivas	"Juanita"
Fabaceae			
<i>Astragalus sp</i>	Herbácea		Chinchines y Sonadoras
<i>Dalea versicolor</i> Zucc.	Arbustiva	Ornamental	Dalia
<i>Desmodium alamanii</i> DC.	Herbácea		
<i>Desmodium grahamii</i> A. Gray			
<i>Desmodium sp</i>			
<i>Melilotus alba</i> Med.			
<i>Trifolium sp</i>	Herbácea		
Fagaceae			
<i>Quercus frutex</i> Trel.	Arbustiva, Arbórea		
<i>Quercus obtusata</i> Humb.& Bonpl.	Arbustiva, Arbórea		
Lamiaceae			
<i>Salvia gracilis</i> Benth.	Herbácea		
<i>Salvia hispanica</i> L.	Herbácea	Bebida refrescante	Chía
<i>Salvia laevis</i> Benth..	Herbácea		
<i>Salvia leucantha</i> Cav.	Herbácea	Ornamental	
<i>salvia microphylla</i> H.B.K	Arbustiva		
<i>Salvia polystachya</i> Ort.	Herbácea		
Lythraceae			
<i>Cuphea aequipetala</i> Cav.	Herbácea		
Oxalidaceae			
<i>Oxalis corniculata</i> L.	Planta		"Agritos", "Xocoyole"
Plantaginaceae			
<i>Plantago major</i> L.			"Lantén", "Llantén"
Poaceae			
<i>Briza subaristata</i> Lam.	Herbácea		
<i>Eragrostis intermedia</i> Hitchc.			
<i>Paspalum prostratum</i> Scribn. & Merr.			
Polygalaceae			
<i>Monnina ciliolata</i> DC.	Arbustiva	Expectorantes y eméticas	
Primulaceae			

<i>Anagallis arvensis</i> L. Nombre Científico	Herbácea Forma de vida	Usos	"Hierba del pájaro" Nombre Común
Rubiaceae <i>Bouvardia ternifolia</i> (Cav.) Schlecht.	Herbácea	Ornamental	"Trompetilla"
Selaginellaceae <i>Selaginella sp</i>			
Scrophulariaceae <i>Castilleja tenuiflora</i> Benth. <i>Penstemon campanulatus</i> (Cav.) Willd.	Herbácea Herbácea		"Cola de borrego"
Solanaceae <i>Physalis chenopodiifolia</i> Lam.			"Tomate"
Verbenaceae <i>Lippia mexicana</i> Nesom.	Arbustiva		
Violaceae <i>Viola tricolor</i> L.	Herbácea	Ornamental	"Pensamiento"

La flora acompañante de los manchones arbustivos de *Q. frutex* localizados en las cercanías a "Las Cañadas" se integra por 27 familias a las cuales pertenecen 52 géneros y 75 especies. En "Santa Catarina" se registraron 23 familias, 45 géneros y 61 especies (Fig. 16).

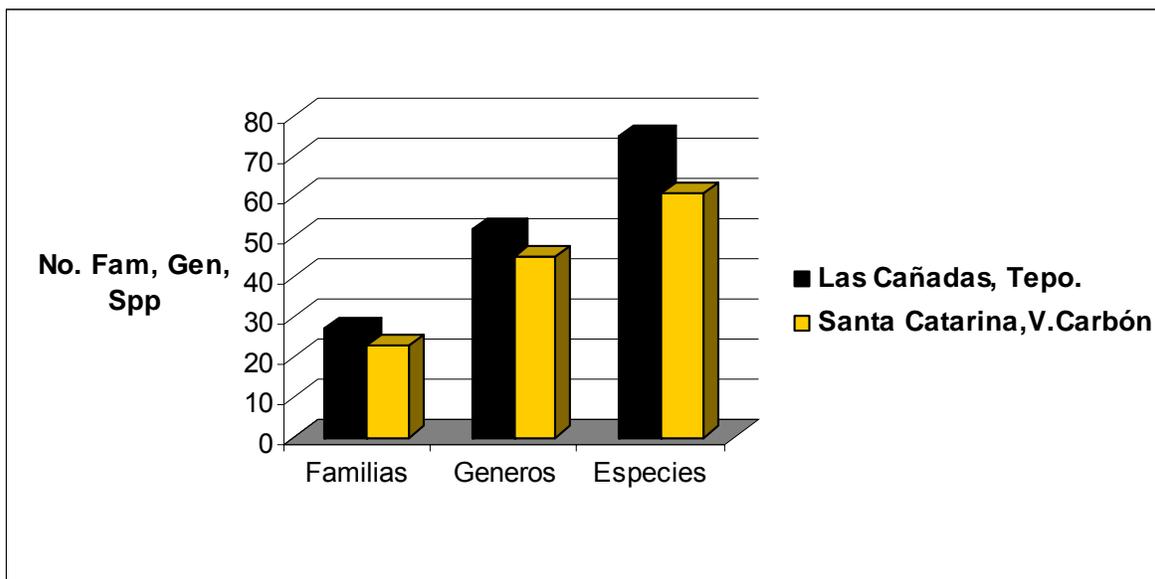


Fig. 16 Muestra el número de familias, géneros y especies para cada una de las localidades en que se encontraron los manchones de *Q. frutex*.

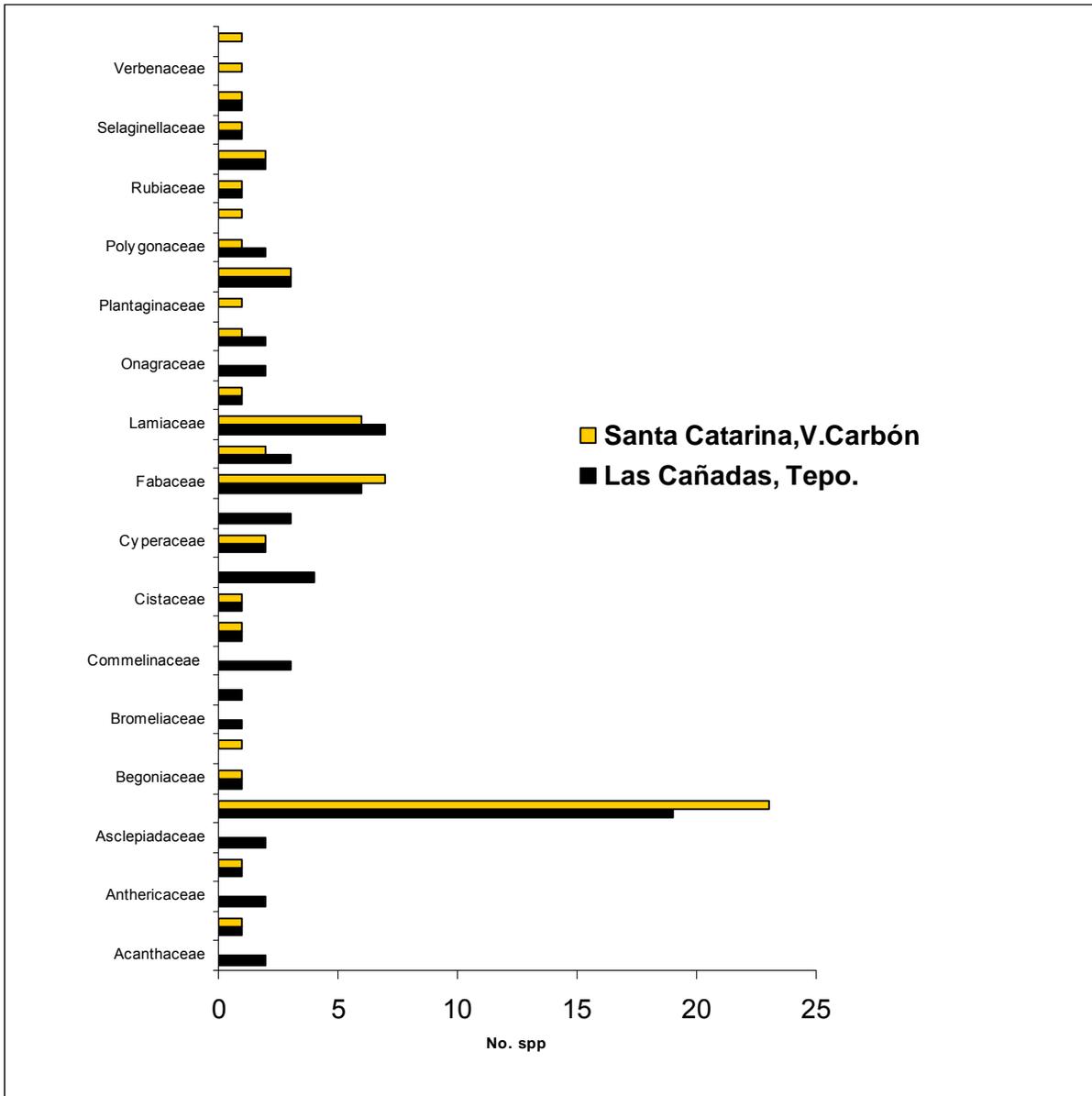


Fig. 17 Número de especies por familia de los manchones arbustivos de *Q. frutex* en las dos localidades estudiadas

Los manchones arbustivos de ambas localidades comparten 18 familias, 26 géneros y 22 especies. Así se tiene que las familias mejor representadas en número de especies es la Asteraceae, Fabaceae y Lamiaceae (Fig. 17).

El número de familias, géneros y especies es aproximadamente similar en ambas localidades. Cantidad que es importante y que difiere con lo reportado para matorral de *Quercus*, pues se indica que son pocas las especies que conviven con *Q. frutex* (Rzedowski y Rzedowski *et al.*, 2005). Entre las especies que comparten una y otra localidad y que son características de lugares perturbados y se

consideran como malezas ruderales y arvenses (Fig. 18), se encuentran: *Bidens aurea*, *Bouvardia ternifolia*, *Conyza schiedeana*, *Cuphea aequipetala*, *Heliopsis annua*, *Oxalis corniculata*, *Paspalum prostratum* y *Tagetes lucida* entre otras.

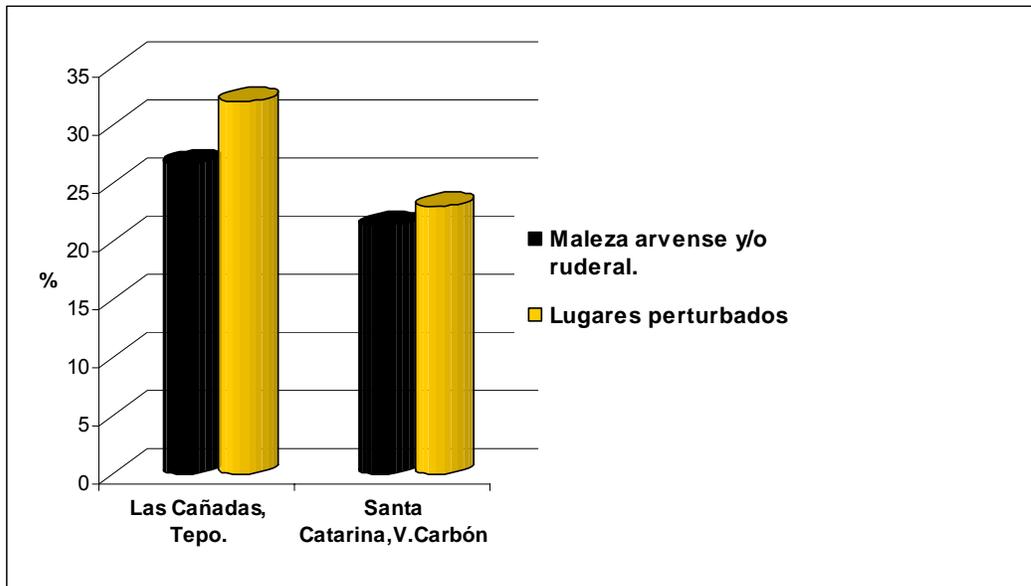


Fig. 18 Muestra el porcentaje de especies consideradas como maleza de tipo arvense y/o ruderal y de lugares perturbados.

También se encontró especies que son propias de otros tipos de vegetación como matorrales xerófilos, y pastizales: *Bouvardia ternifolia*, *Cosmos bipinnatus*, *Cuphea aequipetala*, *Dalea versicolor*, *Gomphrena serrata*, *Oxalis corniculata*, *Physalis chenopodiifolia*, *Tagetes lucida*, *Tagetes micrantha*, *Zinnia peruviana* (García *et al.*, 1999).

Se sabe que entre las especies que comparten el matorral de *Q. frutex* y el bosque de *Quercus* están: *Baccharis heterophylla*, *Bouvardia ternifolia*, *Brickellia nutanticeps*, *Calochortus barbatus*, *Conyza schiedeana*, *Cosmos bipinnatus*, *Cosmos scabiosoides*, *Dalea versicolor*, *Dahlia coccinea*, *Desmodium alamanii*, *Desmodium grahamii*, *Eragrostis intermedia*, *Gibasis pulchella*, *Lamourouxia rhinanthifolia*, *Lippia mexicana*, *Lupinus simulans*, *Monnina ciliolata*, *Oenothera purpusii*, *Penstemon campanulatus*, *Penstemon roseus*, *Salvia mexicana*, *Salvia microphylla*, *Salvia lavanduloides*, *Salvia mocinoi*, *Salvia patens*, *Salvia polystachya*, *Stellaria cuspidata* (Rzedowski y Rzedowski *et al.*, 2005).

Como es de notar las especies identificadas en este estudio se hallan dentro de varias categorías: malezas ruderales y arvenses, de áreas perturbadas y propias de vegetación primaria (Fig. 17), lo que en parte se debe a que en general la vegetación ha sufrido alteraciones a través del tiempo: desmontes, incendios, tala o uso excesivo de algunas especies arbóreas (García *et al.*, 1999). En

“Santa Catarina”, Villa del Carbón en donde predomina un bosque de encino, se observa que el matorral de *Quercus frutex*, se ha establecido en los claros que se han formado a causa de la alteración del bosque.

DESCRIPCIÓN EDAFOLÓGICA

A continuación se presentan los resultados obtenidos en las pruebas físico-químicas realizadas a las muestras de suelo obtenidas en las localidades de “Las Cañadas”, Tepetzotlán y “Santa Catarina”, Villa del Carbón.

Análisis físico del suelo.

Los resultados del análisis de color, textura, densidad y estructura son similares tanto en ambas localidades como en las diferentes profundidades muestreadas (20 y 40 cm).

El color pardo claro, grisáceo ó pardo muy oscuro (según sea la condición seca o de humedad), está relacionado con el elevado contenido de materia orgánica (rico en ambos sitios) (Cuadro 3), lo que provoca que el suelo sea muy poroso, friable (frágil), ligero y por tanto óptimo para el desarrollo de las plantas de al región, que en su mayor parte son pinos y encinos. Aunque cabe aclarar que en el caso del color pardo amarillento claro y oscuro, la tonalidad varía según la cantidad de materia orgánica y el tipo de mineral presente (probablemente fierro).

Cuadro 3. Resultados de color de las muestras de suelo.

Localidad	Profundidad (cm)	Seco		Húmedo	
		Color Munsell	Nombre	Color Munsell	Nombre
“Las Cañadas”	20	10 YR 5/2	Pardo grisáceo	10 YR 2/2	Pardo muy oscuro
	40	10 YR 5/2	Pardo grisáceo	10 YR 7.5/2	Pardo muy oscuro
“Santa Catarina”	20	10 YR 6/3	Pardo claro	10 YR 3/2	Pardo grisáceo muy oscuro
	40	10 YR 6/4	Pardo amarillento claro	10 YR 4/4	Pardo amarillento oscuro

En cuanto a la textura (Cuadro 4) el contenido de arcillas es moderado, lo cual clasifica a los suelos como franco arcillo arenoso; lo que favorece una alta capacidad de retención de agua y una capacidad de intercambio catiónico apropiada. Ambas propiedades del suelo necesarias para el desarrollo adecuado de las plantas. En el caso de la muestra que contiene 48 % de contenido de arcilla: corresponde a los suelos plásticos llamados pesados y difíciles de trabajar; que sugiere que el problema de las arcillas podría ser una baja concentración de oxígeno y por tanto una tasa baja de descomposición de la materia orgánica. En este caso la estrategia de reproducción de este encino

arbustivo para ganar espacio es precisamente mediante tallos que emergen de la raíz. Por lo que las raíces son demasiado fuertes para ir abriendo espacio y dar entrada al oxígeno y los microorganismos. Además de la presencia de una cantidad adecuada de materia orgánica que también provee buenas condiciones de aireación al suelo.

Cuadro 4. Resultados de las clases texturales determinadas.

Localidad	Profundidad (cm)	% de partículas		Clase textural
		Arena	Limo	
"Las Cañadas"	20	Arena	69.6	Franco Arcillo Arenoso
		Arcilla	16.8	
		Limo	13.6	
	40	Arena	65.6	Franco Arcillo Arenoso
		Arcilla	20.8	
		Limo	13.6	
"Santa Catarina"	20	Arena	50.4	Franco Arcillo Arenoso
		Arcilla	28.4	
		Limo	21.2	
	40	Arena	34.8	Arcilla
		Arcilla	48	
		Limo	17.2	

La estructura (Cuadro 5 y 6) predominante es la poliédrica subangular media y grande, que se caracteriza por la unión de las caras subredondeadas y subangulares que presentan y que forman el terrón. Las aristas redondeadas de los agregados dan como resultado una mejor distribución de poros, que las aristas angulares, por eso se dice que esta es la mejor estructura, así los poliedros son los que presentan las mejores condiciones estructurales para el desarrollo vegetal (Sampat, 1991). En cuanto al tamaño, este podría considerarse macroscópico y de ser así la mayor parte de los agregados provoca la existencia de espacios entre ellos, que son mucho más grandes que aquellos que pueden existir entre las partículas adyacentes de arena, limo y arcilla, lo que facilita el movimiento de aire, agua y que también sirven como corredores para la extensión y expansión de raíces y mesofauna del suelo.

Cuadro 5. Resultados de densidad aparente, real y porosidad.

Localidad	Profundidad (cm)	Densidad Aparente		Densidad Real		Porosidad	
		Valor gr/cm ³	Categoría	Valor gr/cm ³	Categoría	Valor	Categoría
"Las Cañadas"	20	0.9100	Bajo	2.3912	Bajo	54.9600	Alto
	40	1.077	Medio	2.5265	Medio	63.9800	Alto
"Santa Catarina"	20	0.9481	Bajo	2.25	Bajo	58.23	Alto
	40	1.1045	Medio	2.26	Bajo	51.13	Alto

El desarrollote la estructura (Cuadro 5) va de moderado a fuerte, esto quiere decir que los agregados se han desarrollado medianamente siendo duraderos, muy bien formados, que se distinguen con facilidad y son de alta estabilidad. Se sabe que la edad de los suelos tiene efecto sobre el desarrollo de la estructura, así los suelos viejos tienen una estructura más desarrollada que los jóvenes y en este caso los resultados obtenidos indican que es un suelo joven. Además es importante mencionar que al excavar se encontraron rocas de gran tamaño y en cantidad considerable, algunas de ellas afloraban fuera de los manchones donde se distribuyen los individuos muestreados.

Para la localidad "Las Cañadas", la consistencia en seco es blanda, lo cual indica que es tolerante a la deformación o la ruptura, no así cuando está húmedo pues es friable, situación que lo hace un suelo poco tolerante a las actividades antropogénicas como lo es el pastoreo, el cruce de personas y bicicletas. En el caso de "Santa Catarina", la consistencia en seco resulto ser muy dura y en húmedo de friable a extremadamente firme, situación que esta directamente relacionada con el contenido de arcillas, lo que en parte es desfavorable pues aumenta la compactación, sobre todo por los efectos que causa el paso de ganado o vehículos.

La adhesividad y la plasticidad registradas (Cuadro 5) se explican por la cantidad de arenas, limos y arcillas presentes, por lo que aún cuando las muestras presentan un alto porcentaje de arenas, la estructura que forman está influenciada fuertemente por la cantidad de arcillas; pues el efecto agregante de la materia orgánica se hace mayor a medida que decrece el contenido de arcilla, además de que promueve la agregación y ayuda a estabilizar la estructura del suelo, lo que ayuda a favorecer el establecimiento de las raíces de las plantas.

Cuadro 6. Resultados de estructura y consistencia de las cuatro muestras.

Localidad	Profundidad (cm)	Estructura	%	Grado de desarrollo	Consistencia en seco	Consistencia en húmedo	Adhesividad	Plasticidad
"Las Cañadas"	20	Laminar media	20	Moderado	Blando	Muy Friable	Ligeramente Adhesivo	Plástico
		Poliédrica subangular media	50					
		Esferoidal media	30					
	40	Poliédrica subangular grande	50	Moderado	Ligeramente Duro	Friable	Ligeramente Adhesivo	Plástico
		Poliédrica subangular media	8					
Esferoidal fina		42						
"Santa Catarina"	20	Poliédrica subangular grande	65	Moderadamente Desarrollada	Muy duro	Friable	Adhesivo	Plástico
		Poliédrica subangular media	15					
		Esferoidal grande	20					
	40	Poliédrica subangular grande	40	Fuertemente Desarrollada	Muy duro	Extremadamente Firme	Ligeramente Adhesivo	Plástico
		Poliédrica subangular media	40					
		Esferoidal muy grande	20					

Análisis químico del suelo (Materia orgánica, pH, Capacidad de intercambio catiónico total).

Dentro de los manchones formados por *Q. frutex*, se observó la presencia de materia orgánica sin degradar y en los resultados obtenidos se aprecia que así mismo hay una buena cantidad incorporada al suelo. El contenido de materia orgánica en tres de las cuatro muestras de suelo es superior al 2.6 %, que corresponde a un contenido moderadamente rico (Cuadro 7). Situación que favorece el desarrollo vegetal, pues la materia orgánica ayuda a la formación y estabilización de los agregados; optimiza la aireación; incrementa la infiltración del agua, evitando la escorrentía superficial; permite la penetración de las raíces con mayor facilidad; disminuye y amortigua la erosión y la compactación; evita pérdidas por lavado; libera nutrientes al mineralizarse; controla la acidez por su poder tampón y proporciona energía y nutrientes para la flora y la fauna del suelo (Bohn, *et al.*, 1993).

Cuadro 7. Muestra los valores de materia orgánica y su denominación.

Localidad	Profundidad (cm)	Valor (%)	Categoría
"Las Cañadas"	20	4.554	Moderadamente Rico
	40	2.622	Moderadamente Rico
"Santa Catarina"	20	3.774	Moderadamente Rico
	40	1.367	Moderadamente Pobre

En la localidad de "Las Cañadas" el pH, es ligeramente ácido, lo que permite una mayor disponibilidad de nutrientes como el nitrógeno, fósforo, potasio y azufre (Porta *et al.*, 1994). Además está entre los más favorables para el desarrollo de las plantas en general (Cuadro 8). En cambio en la localidad de "Santa Catarina", se presenta un pH fuerte y moderadamente ácido, lo que puede deberse a procesos de lavado de bases, lo que genera una reducción en los cationes básicos como: Ca^{++} , Mg^{++} , Na^+ y K^+ y por consiguiente un aumento en la acidez (Donahue *et al.*, 1981).

Cuadro 8. Muestra los valores de pH y su denominación

Localidad	Profundidad cm	pH	Categoría
"Las Cañadas"	20	6.30	Ligeramente ácido
	40	6.41	Ligeramente ácido
"Santa Catarina"	20	5.42	Fuertemente ácido
	40	6.10	Moderadamente ácido

La Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC) es un índice de la fertilidad del suelo y está condicionada por el pH y el contenido de materia orgánica (Ortega, 1981). Observando los resultados para las muestras de la localidad "Las Cañadas", tanto el pH como la materia orgánica son propiedades edáficas favorables (Cuadro 9), y ya que el proceso de intercambio catiónico ocurre entre las arcillas y las raíces, esto es probablemente una de las causas que favorecen la presencia de la gran cantidad de plantas que se encuentran asociadas a este encino arbustivo. La condición anterior no se observa para el suelo de "Santa Catarina". Lo que probablemente balancea las condiciones; son las propiedades físicas y el contenido de materia orgánica. Que favorecen y amortiguan el pH y el intercambio catiónico tan bajo que presenta este suelo. Permitiendo el crecimiento de varias herbáceas dentro de los manchones formados por *Quercus frutex*.

Cuadro 9. Valores de CICT y su denominación

Localidad	Profundidad cm.	CICT	Categoría
		Valor (cmol+) Kg ⁻¹ de suelo	
"Las Cañadas"	20	30.78	Medio
	40	29.196	Medio
"Santa Catarina"	20	13.2664	Bajo
	40	10.753	Bajo

Con base en los resultados obtenidos, se considera que las raíces de este encino arbustivo juegan un papel muy importante, pues en donde se ha logrado asentar *Q. frutex*, sus raíces son profundas y extensas que aflojan el suelo y proporcionan una mayor cantidad de materia orgánica que durante el paso del tiempo ha ido ayudando en el mejoramiento del suelo. Los factores ambientales como la lluvia o el viento, no tienen un gran impacto en las propiedades físicas y químicas del suelo dentro de los manchones; pues estos con su gran cobertura evitan que la estructura del suelo se

degrade, compacte, erosione o lave, aún cuando estos arbustos se encuentren en una ladera con cierto grado de pendiente. Además de que por su hábito de crecimiento vegetativo que forma manchas arbustivas impide el paso de animales y del hombre; lo cual propicia un microambiente favorable para albergar una gran diversidad de flora y fauna silvestre.

Uno de los problemas es cuando el terreno es plano o inclinado y con la superficie desnuda de vegetación, ya que no hay protección ante el viento y la precipitación que se distribuye aproximadamente seis meses; por lo que se da un constante deslave erosionado el poco suelo y quedando áreas erosionadas con afloramientos rocosos difíciles de ocupar por *Q. frutex*.

El hecho de que prácticamente no haya vegetación fuera de los manchones de *Quercus frutex* se debe a la influencia de las actividades antrópicas; como el pastoreo, la minería y el constante paso de personas y vehículos, dando como resultado una alta compactación, degradando los agregados y reduciendo el espacio poroso, pues se sabe que en sitios con la presencia de poros rígidos y de afloramiento rocoso es difícil que penetren las raíces, pues el proceso de formación de suelo está prácticamente detenido (Fig. 19 y 20).



Fig. 19 Suelo en el que se encuentra *Q. frutex* en “Las Cañadas”, Tepetzotlán.



Fig. 20 Suelo en el que se encuentra *Q. frutex* en “Santa Catarina”, Villa del Carbón.

PRODUCCIÓN DE FRUTOS

La producción de frutos sólo se evaluó en los *Q. frutex* de la localidad "Parque Xochitla". Así durante el 2006 el porcentaje total de individuos que florecieron fue del 69 %, porcentaje que aumento notablemente durante el 2007 (Fig. 21).

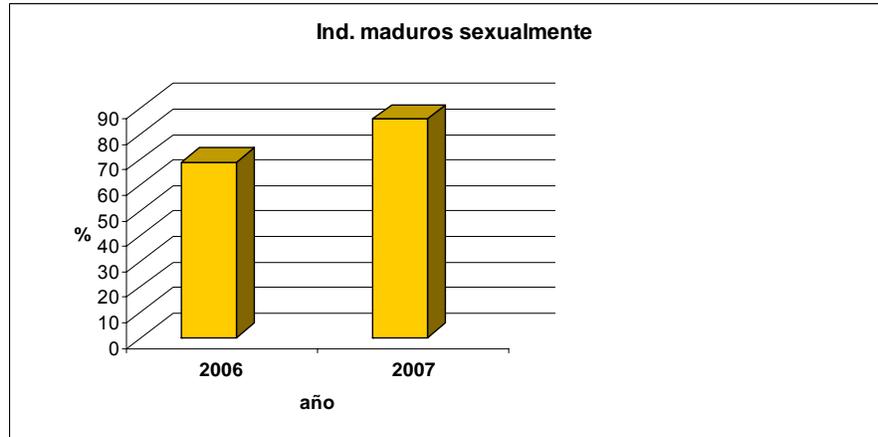


Fig. 21 Porcentaje de individuos que florecieron durante el 2006 y 2007.

La producción de frutos en los dos periodos del año 2006 fue de 1144 bellotas, de las cuales el 78.40 % fueron abortadas y el 21.32 % se desarrolló hasta alcanzar la madurez (Fig. 22).

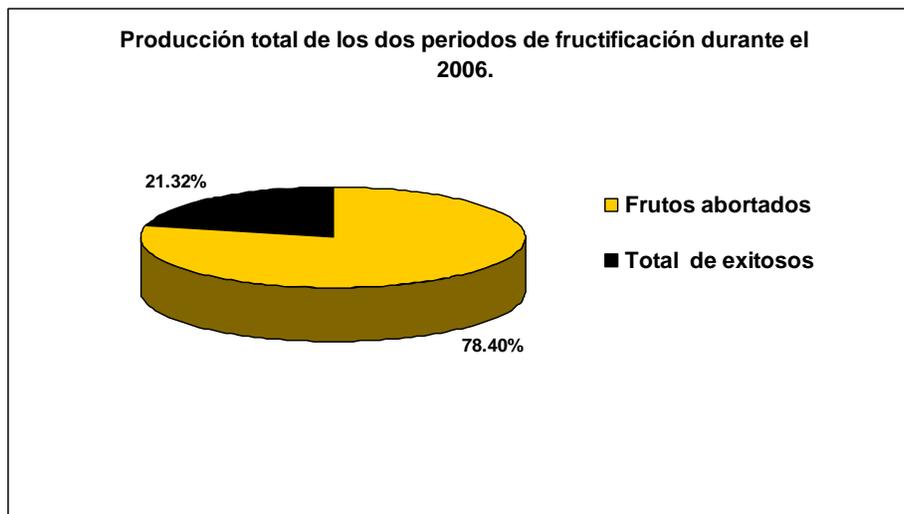


Fig. 22 Porcentaje de frutos producidos durante el 2006.

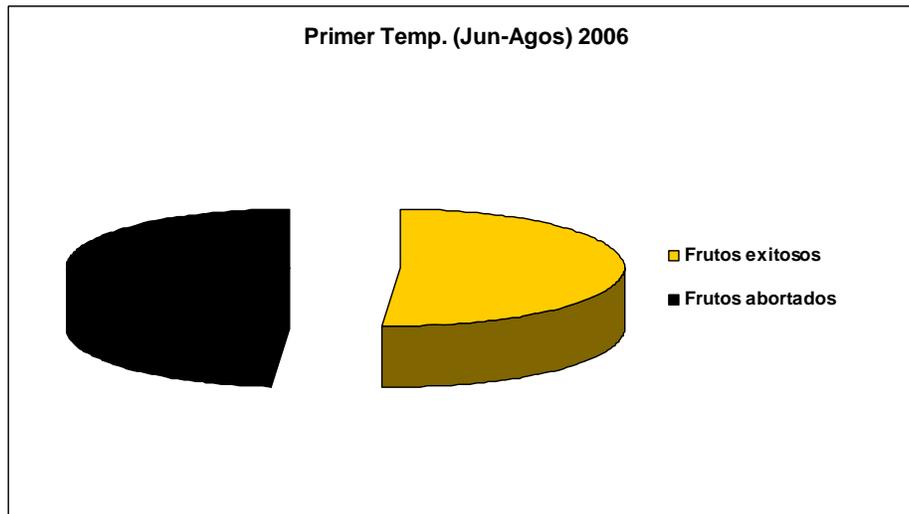


Fig. 23 Porcentaje de frutos maduros.

Durante los meses junio a agosto de 2006 (primer periodo) la producción fue de 478 frutos, de los que el 51 % llegaron a la madurez (Fig. 23). Este número no se vio superado por la producción de 2007 (junio a agosto), en el cual se produjeron 303 frutos (Fig. 24).

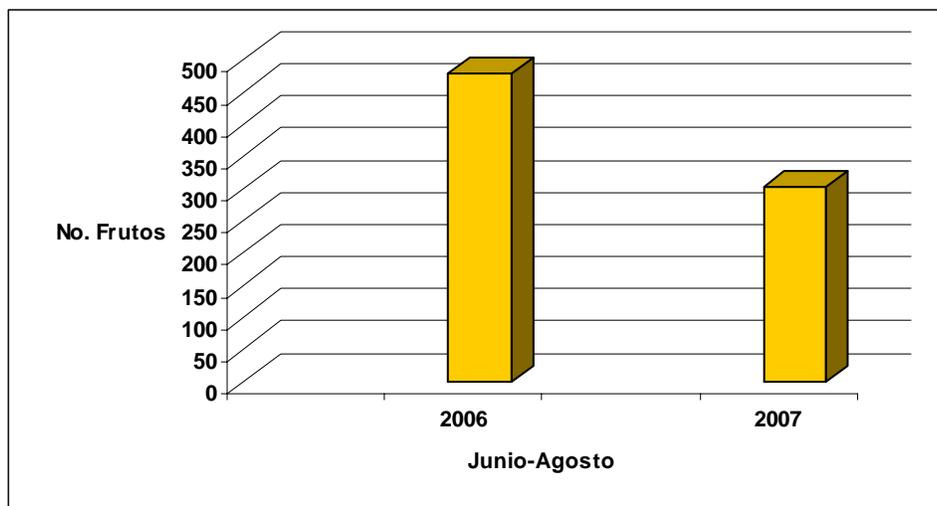


Fig. 24 Muestra la cantidad de frutos que se produjeron durante dos años consecutivos.

Vázquez (1998) menciona que diversos factores como edad, temperatura, lluvia, radiación solar y humedad relativa condicionan el proceso reproductor. Así, el principal factor para que comience la floración es la temperatura media a la que se encuentra el ambiente, que por lo general debe estar por encima de los 20°C. También debe existir 10 horas de luminosidad como mínimo, después de haber

pasado un periodo de heladas o temperaturas elevadas del verano. Lo anterior se confirma con lo observado en el "Parque Xochitla", en donde la temperatura ambiental durante los meses en que florecen (marzo y septiembre) se encuentra entre los 25 y 37°C; y las horas luz son de 10 a 13 según corresponda a días cortos o largos. Otros autores (Curras *et al.*, 1988 en Vázquez, 1998) han hecho observaciones similares con otras especies de encinos.

Como se observa (Fig. 21), durante el 2007 hubo un incremento de 10 % de individuos en floración, lo que en apariencia prometería un aumento en la producción de frutos. Sin embargo, la cantidad de frutos se redujo en un 36 %. Contrariamente con lo observado por Vázquez (1998), quien menciona que existe una relación directa entre las flores producidas y la producción de bellotas. Otra de las observaciones, es que no todos los individuos florecen en el mismo período, lo que probablemente puede llegar a regularizar o equilibrar la producción entre años dentro de una misma parcela (Martín *et al.*, 1998 en Rodríguez *et al.*, 2008).

Vázquez (1998) dice que la estimación de la producción de bellotas es básica para valorar su impacto potencial sobre las dinámicas poblacionales de los animales silvestres y sobre la regeneración de los encinos. La producción de bellotas depende fundamentalmente de la densidad de árboles y especies de *Quercus* presentes, las características de cada árbol como edad y porte, la variabilidad genética, el clima del año (principalmente pluviometría y temperatura), las características del suelo, etc. (Sullivan, 2001).

Por la cantidad de frutos maduros que pueden recolectarse en campo es difícil la propagación en vivero de la especie en estudio, en cuanto a la cantidad de individuos; pero una vez obtenidos presentan buen crecimiento y desarrollo, e incluso florecen y fructifican (Fig. 25).

En el presente trabajo se observó que se presentan dos períodos de floración y por tanto dos de fructificación; sin embargo, los frutos del segundo periodo todos son abortados, probablemente se deba a la cercanía de la sequía y heladas.

Se observó, también, que la cantidad de frutos es diferente en cada uno de los individuos y por estudios realizados en otras especies se sabe que las causas genéticas que determinan las variaciones en la producción de bellotas no sólo obedecen a la conformación y morfológica del fruto, existen variaciones genéticas que condicionan a determinados individuos de una misma especie a producir mayor número de bellotas que otros por la capacidad inicial que tienen de producir mayor número de flores femeninas (Sork, 1985 en Vázquez, 1998). De esta manera se encuentran individuos más

productivos que otros, independientemente de las condiciones sanitarias, climáticas o de manejo que presenten.

Algunos estudios indican que las especies de *Quercus* generalmente presentan grandes variaciones anuales en la producción de bellotas, lo que está relacionado con la fecundidad de las plantas, que cambia de un año a otro, y con factores ambientales (Zavala y García, 1996). Lo anterior se ajusta con lo observado en *Q. frutex*, que produjo pequeñas cantidades de bellotas en los años posteriores a uno de alta producción. Esto hablaría de ciclos de producción como se observa en muchas especies de climas templados; sin embargo muchas de la especies de encinos estudiadas muestran ciclos de años semilleros, pero éstos no siempre son regulares y tampoco es un fenómeno generalizado, pues especies como *Q. cautissima*, *Q. phellos* y *Q. virginiana* no muestran el hábito de años semilleros, pues producen bellotas, aunque pocas, cada año (Zavala y García, 1996), lo cual indica que los ciclos de años semilleros regulares de muchas especies de encinos aún tienen que ser demostrados (Zavala, 2001).

Otro aspecto importante es la edad en que empiezan a ser productivos, información escasa en las especies de *Quercus* en México. Los arbustos de *Q. frutex*, que se encuentran en condiciones de vivero en el Parque Xochitla, son productivos a los nueve años. Edad que resulta corta en comparación con *Q. alba*, quien lo es a los 20 años o *Q. macrocarpa* que necesita como edad mínima 35 años para producir frutos (Vázquez, 1998).



Fig. 25 Flores masculinas y bellotas casi maduras

PESO DE FRUTOS.

Los valores de peso obtenidos muestran una diferencia significativa ($F=108.91$, $P=0.000$) entre las medias de los años monitoreados (Fig. 26). Los pesos más grandes se registraron en los frutos colectados en “Las Cañadas” y “Santa Catarina” en el 2004, dándose una mayor variabilidad de peso en las bellotas pertenecientes a la primera localidad, no así para la segunda, en donde las bellotas muestran valores más homogéneos. Los pesos más bajos se reportaron en los frutos colectados en “Las Cañadas” durante el 2006, registrando valores desde 0.240 hasta 2.775 gr., siguiéndole los frutos colectados en el “Parque Xochitla durante el 2006 y que muestran valores más uniformes.

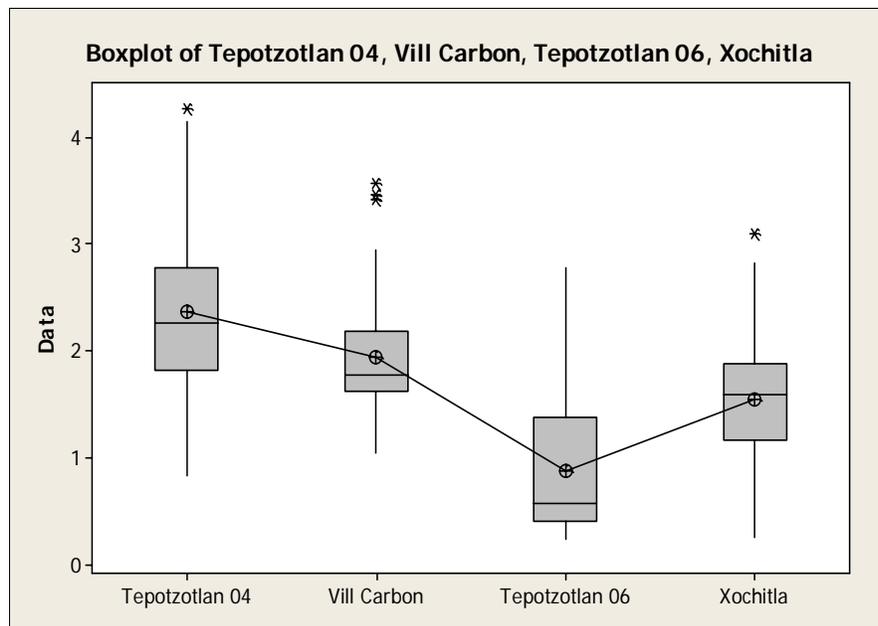


Fig. 26 Variación de pesos en las distintas localidades. Los asteriscos (*) indican valores extremos de peso.

Se observa una diferencia significativa entre el peso de los frutos y el de las semillas, aunque en ambos casos hay una gran diversidad de valores (Fig. 27).

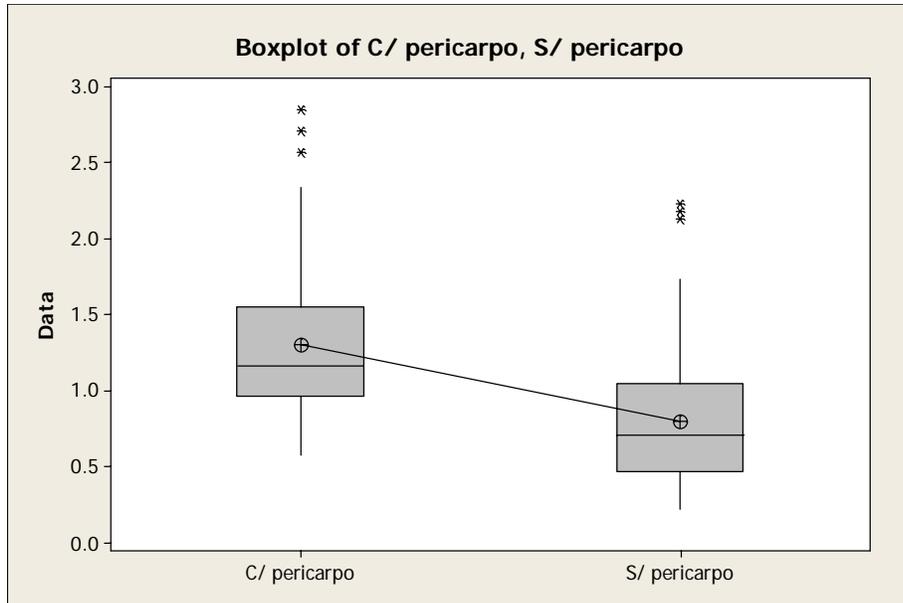


Fig.27 Muestra la diferencia de peso en frutos y semillas.

La diferencia de peso (Fig. 28) entre los frutos sin almacenar en refrigeración y los almacenados durante tres meses, ($T = 9.40$, $P=0.000$) muestra una diferencia significativa entre las medias lo cual indica que el peso se incrementa cuando los frutos se encuentran en refrigeración.

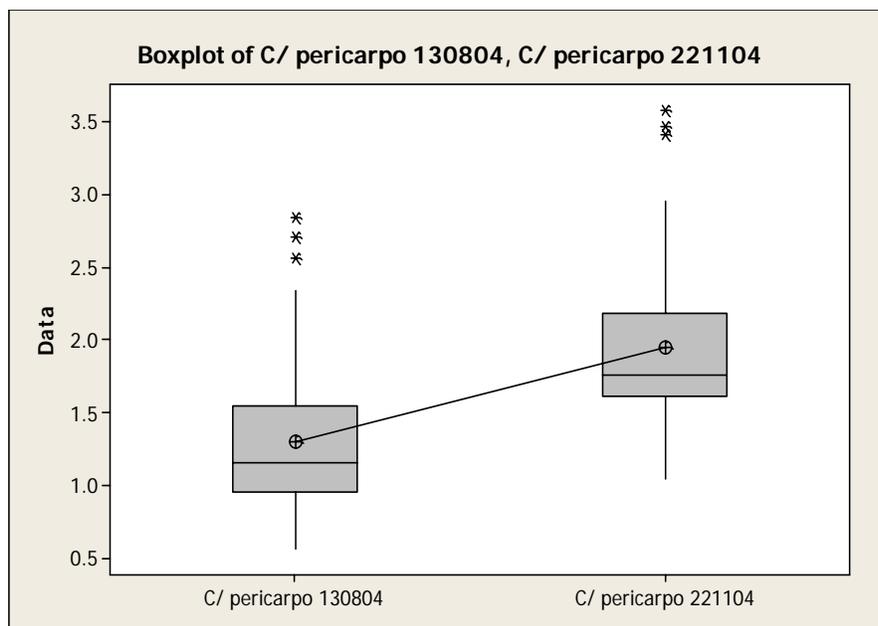


Fig. 28 Comparación del peso de frutos antes y tres meses después de su almacenamiento.

En el presente trabajo se encontró que hay una variabilidad en el peso de los frutos, tanto en las localidades como en diferentes años. Esto también se ha observado en California, Estados Unidos, en donde se encontró una relación entre la disponibilidad de humedad y el peso de las semillas de especies arbóreas de la región. La explicación de esta relación es que una semilla grande permite a las plántulas producir un sistema radical más extenso, y quizás más profundo para obtener agua de manera más eficiente y rápida que lo que ocurre con una semilla pequeña en un ambiente seco.

El tamaño de las semillas de encinos aparentemente está asociado con este mecanismo. Al respecto, se ha visto que las bellotas más pesadas de *Q. douglasii* mostraron mayor efectividad para producir plántulas más grandes y con mayor sobrevivencia que a partir de las mismas menos pesadas. Las plántulas procedentes de semillas de gran tamaño, son capaces de rebrotar antes y con mayor vigor que las procedentes de semillas pequeñas, o aquellas que han sido desprovistas de una fracción de los cotiledones, así lo refieren autores (Camacho, 1994; Zavala y García, 1996 y Vázquez, 1998). Con fines de producción, conviene trabajar con bellotas de mayor tamaño porque las plantas requerirán menor cantidad de fertilizante que las especies con menor tamaño de fruto (Ocaña *et al.*, 1997).

Entre especies y variedades el tamaño de las semillas es una característica determinada genéticamente, por lo que hay variaciones debidas al ambiente físico, y en la misma planta la variación del tamaño es un efecto materno resultante de la posición de las semillas en el fruto (Camacho, 1994). La variación en el tamaño de las semillas favorece a que algunas especies de *Quercus* posean la habilidad de establecerse en un mosaico de micrositos con diferentes condiciones físicas y abióticas, por lo que hay oportunidad de que su nicho se regenere (Grubb, 1977 en Bonfil, 1998).

Otra localidad en la que se colectó frutos y que en tamaño son similares a los registrados para las localidades de "Las Cañadas", y "Santa Catarina" en el 2004, son las bellotas colectadas en el "Parque "Xochitla" en donde durante dos años consecutivos se ha registrado producción de bellotas. En este caso hay que tomar en cuenta que son arbustos que aproximadamente hace dos años empezaron a producir, por lo que son muy jóvenes, además de encontrarse en un medio en el que hay riego constante, limpieza de malezas y aplicación de fertilizantes. En la mayoría de los casos se ha observado que las variaciones del tamaño del fruto están más sujetas a las variaciones genéticas de las especies y su expresión fenotípica que determina las pautas geográficas o ecológicas. El tamaño medio de las semillas en el género *Quercus* es muy relativo, sobre todo por la gran variabilidad morfológica que se encuentra en una misma especie. En especies de la Península Ibérica se pueden reconocer escasas variaciones con relación al tamaño de las semillas interespecificas, pero abundantes

intraespecíficas. En casi todas las especies existen ejemplares que presentan bellotas de gran tamaño, frente a otros con bellotas pequeñas (Vázquez, 1998). Existe una fuerte influencia genética en las características de las bellotas de cada árbol y las diferencias entre éstos explican el 62% de la varianza de la biomasa de las bellotas (Leiva y Fernández, 1998 en Rodríguez *et al.*, 2008).

El peso fresco de las bellotas sigue siendo indicador de la cantidad de reservas disponibles para el crecimiento de plántulas, aún cuando se sabe que las reservas energéticas están contenidas en los cotiledones (Bonfil, 1998); por lo que no es de preocuparse ante los resultados obtenidos (Fig. 27) en donde vemos una marcada diferencia entre el peso de los frutos y de las semillas. Además cabe resaltar la importancia de la cubierta tanto del fruto (pericarpio) como de la semilla (testa) las cuales funcionan como barreras mecánicas que evitan la deshidratación después de la dispersión.

En cuanto a los resultados obtenidos en donde se compara el peso de frutos antes de almacenar y después de tres meses de almacenamiento (Fig. 28), hay un incremento en este último. Lo que probablemente sea similar a lo encontrado en las bellotas de *Q. ilex* que pueden aumentar o disminuir su peso hasta en un 30 % dependiendo de las condiciones ambientales y de manejo del entorno en las que se ha desarrollado el fruto (Vázquez *et al.*, 2001).

Zavala, (2004) encontró que en nueve especies de encinos las nueces muestran pesos medios mayores de 2 gr en cuatro especies y menores en las otras cinco. Las de mayor peso pertenecen a encinos blancos, en tanto que las más pequeñas (< 2 gr) corresponden a encinos rojos. Las tres especies cuyas bellotas presentaron el contenido de humedad más alto fueron también encinos blancos, lo que sugiere una tendencia de los encinos blancos a generar bellotas más grandes y con contenido de humedad mayor que los rojos.

Investigadores consideran que se tiene que tener en cuenta la variación de peso de bellotas entre ejemplares de una misma especie (Ramírez y Gómez, 1982), afirman que éstas pueden variar su peso hasta en un 30 %, dependiendo de las condiciones ambientales en las que se han desarrollado (Vázquez *et al.*, 2001). Por consiguiente a la hora de estimar la producción de bellotas deberá de considerarse además de su número, su peso.

Las ventajas de utilizar bellotas más grandes en tamaño son: a) menor posibilidad de encontrar embriones helados, atacados por fitófagos o patógenos, b) mayores recursos nutritivos, c) posibilidades altas de emergencia, d) producen plántulas de mayor tamaño y e) mantienen su viabilidad en condiciones de estrés como la sequía y/o heladas (Vázquez, 1998).

COMPORTAMIENTO GERMINATIVO

Semillas colectadas en "Santa Catarina".

El porcentaje de germinación (Fig. 29 y 31) de las semillas procedentes de "Santa Catarina", colectadas en 2004 fue de 98.8 %, alcanzado al tercer día del establecimiento. Se obtuvo un Tiempo Medio de Germinación (TMG) de un día, siendo la desviación de éste reducida; el valor germinativo indica una buena calidad de germinación (Cuadro 10 y Fig. 30).

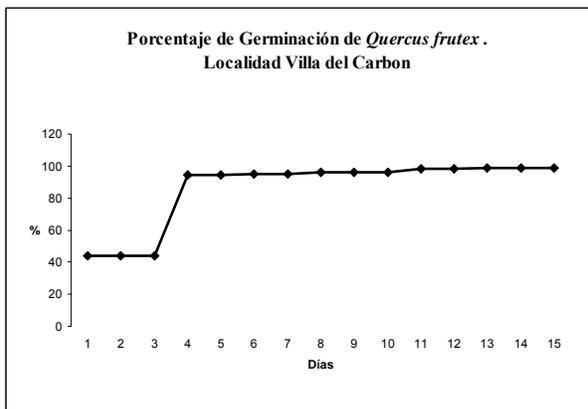


Fig. 29 Porcentaje de germinación, en semillas colectadas en el 2004

Índices de Germinación	"Santa Catarina"
Capacidad Germinativa (%)	98.8
Tiempo medio de Germinación (TMG) días	1.044
Desviación del TMG días (DTMG)	0.481
Valor germinativo de Maguire (I. Maguire)	57.0804

Cuadro 10. Valores obtenidos para los Índices de germinación.

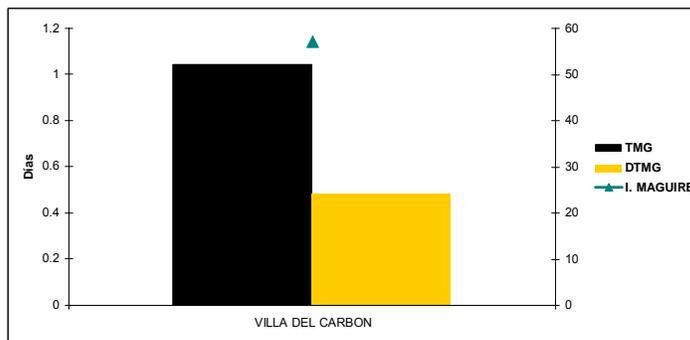


Fig. 30 Índices de germinación para las semillas colectadas en el 2004



Fig. 31 Domos con semillas durante los primeros días en la germinadora.

Semillas colectadas en el "Parque Xochitla" y "Las Cañadas".

El porcentaje de germinación (Fig. 32) en estas localidades fue de 87.1 % al 96.8 %. El tiempo de germinación fue de menos de un día para ambas localidades, siendo menor para "Parque Xochitla" en el 2005.

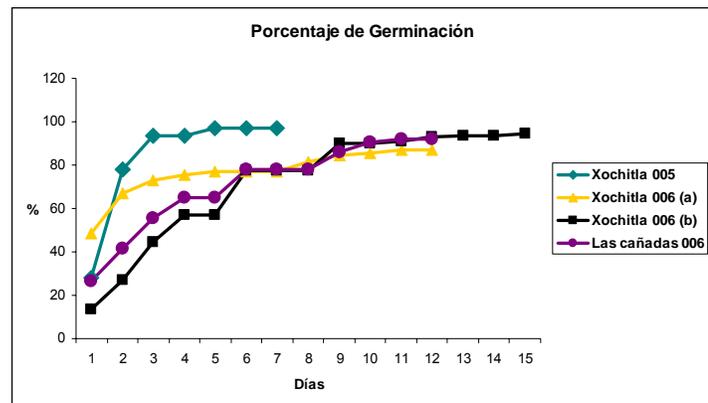


Fig. 32 Variación de porcentajes de germinación en "Xochitla" y "Las Cañadas", Tepetzotlán.

La Uniformidad Germinativa, medida a través de DTMG, con un valor menor también fue para Xochitla-2005; la mayor fue para Xochitla-2006 debido a que el tiempo de germinación entre las primeras semillas y las últimas se alarga hasta los 15 días. Los valores para el Índice de Maguire o calidad de germinación más altos corresponden a Xochitla-2006 (Cuadro 11 y Fig. 33).

Cuadro 11. Valores de los Índices de germinación en Xochitla y Las Cañadas, Tepetzotlán.

Índices de Germinación	XOCHIT. 005	XOCHIT. 006(a)	XOCHIT. 006 (b)	CAÑ. 006
Capacidad Germinativa (%)	96.875	87.142	94.642	91.82
(TMG) días	0.51	0.54	0.75	0.66
(DTMG)	0.091	0.218	0.360	0.315
(I. Maguire)	58.93	61.885	34.31	44.59

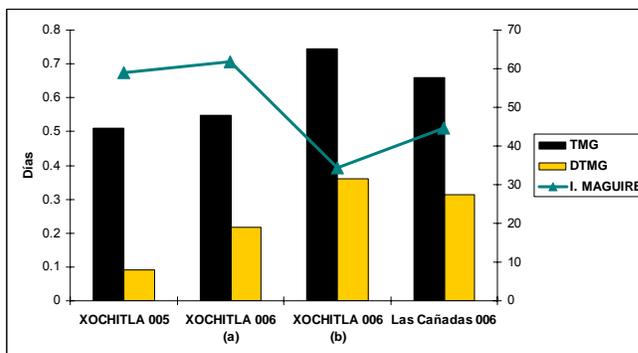


Fig. 33 Gráfico que muestra los valores de los Índices de germinación en Xochitla y Las Cañadas, Tepetzotlán.

La recuperación exitosa de un ecosistema degradado requiere información ecológica básica que permita desarrollar estrategias útiles para revertir el deterioro de los ecosistemas. Por lo que el conocimiento de los aspectos básicos para la propagación de especies nativas, entre ellos el comportamiento germinativo, permitirá contar con una base sólida para desarrollar una estrategia

eficiente de recuperación de superficies deterioradas, por supuesto, con evaluaciones de la sobrevivencia de las plantas en condiciones naturales (Godínez y Flores, 1999).

Las características requeridas para la germinación de las semillas de encinos es altamente variable entre especies, especialmente en los blancos y rojos, aunque en ambos grupos la germinación es de tipo hipogea. Así mismo se sabe que en general, las semillas de encinos blancos germinan casi inmediatamente después de la diseminación (Zavala y García, 1997).

La falta de información necesaria para germinar las semillas de varias especies nativas ha impedido su uso con fines de reforestación, reintroducción o restauración. Un primer paso para determinar las condiciones necesarias para que las semillas germinen es identificar si éstas presentan latencia, la cual se manifiesta cuando no ocurre la germinación de semillas viables a pesar de que éstas se encuentran en condiciones óptimas para ello (Baskin y Baskin, 2004, en Martínez *et al.*, 2006). Los encinos poseen semillas recalcitrantes, es decir no presentan latencia, y aunque esto sucede es común escarificar para acelerar la germinación; sin embargo, en *Q. frutex* se obtuvieron porcentajes altos de germinación tanto con semillas escarificadas como no escarificadas.

La evaluación de la capacidad germinativa, es una herramienta de gran utilidad, ya que valora la calidad de las semillas. La cual presentó valores altos en las semillas provenientes de las diferentes localidades y años ("Parque Xochitla 2005 y 2006, "Las Cañadas" en el 2006). A lo anterior se suma que los tiempos de germinación (lapso que necesitan las semillas para iniciar la germinación) en todas las localidades fueron cortos (al día siguiente del establecimiento). En cuanto a la uniformidad germinativa, la mayoría de las curvas tienden a la verticalidad, por lo que el tiempo entre las primeras germinaciones y las últimas es corto. En el caso de las curvas ("Xochitla" y "Las Cañadas") (Fig. 29), se observan etapas de estabilización temporales, que se relacionan con lapsos en que el ambiente es desfavorable a la germinación (Camacho, 1994). En general los índices de germinación muestran que las semillas son de buena calidad, lo que hace a *Q. frutex* un candidato a propagación en vivero.

Al final de la incubación, las semillas que no germinaron se encontraron muertas con una coloración oscura y textura viscosa; también las hubo firmes, que se caracterizan por que aún cuando no germinaron, no muestran descomposición, las semillas firmes sirven para detectar mecanismos inhibitorios de la germinación distintos a la impermeabilidad de las semillas (Camacho, 1994).

El entendimiento de los factores que afectan el tamaño de las poblaciones en condiciones naturales nos permite desarrollar estrategias para su conservación y utilización (Schemske *et al.*, 1994 en Pérez *et al.*, 2005). La importancia de las semillas en la persistencia de las poblaciones, así como

para su dispersión, establecimiento y diversidad genética ha sido descrita en detalle (Bewley y Black, 1994 en Pérez *et al.*, 2005). Por tanto, el conocimiento de la biología de las semillas y la supervivencia de las plántulas son una parte crucial del ciclo de vida de las plantas y de su dinámica poblacional, el destino de las semillas en el suelo es un tema poco estudiado (Orozco *et al.*, 2003).

VIABILIDAD DE SEMILLAS DE *Q. frutex* EN ALMACENAMIENTO.

El porcentaje de germinación para las frutos almacenados por un mes fue de 87.5 %, el cual disminuye a 21 % con tres meses de almacenamiento (Fig. 34 y 35, Cuadro 12).

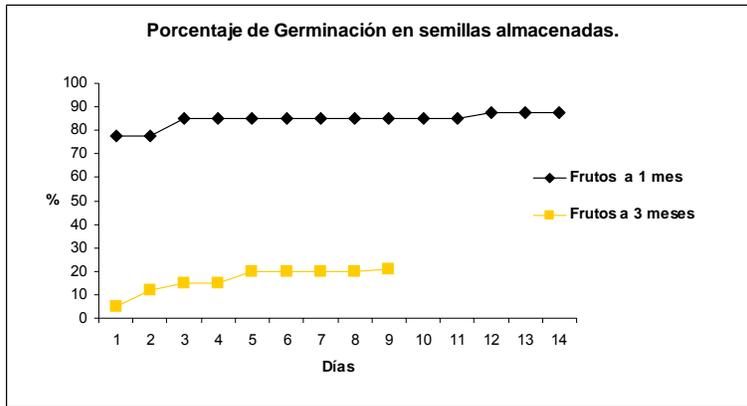


Fig. 34 Porcentaje de germinación alcanzado a uno y tres meses de almacenamiento.

Los índices de germinación para las semillas almacenadas durante un mes son mejores que los que se observaron para los de tres meses.

Cuadro. 12 Valores para cada índice de germinación de frutos almacenados.

Índices de Germinación	Frutos a un mes	Frutos a 3 meses
Capacidad Germinativa (%)	87.5	21
(TMG) días	1.442	0.76
(DTMG)	0.16	0.25
(I. Maguire)	27.51	6.513

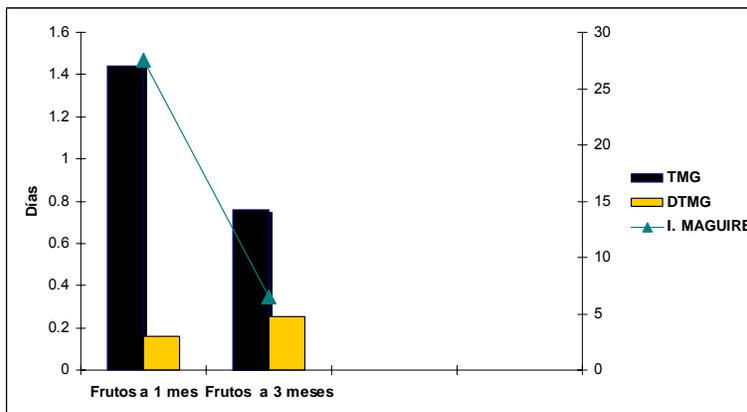


Fig. 35 Muestra gráficamente cada uno de los índices de germinación.

Una de las causas que impide la regeneración natural de encinos es la desecación de sus frutos lo cual sucede cuando son diseminados y caen en un suelo desnudo (Zavala, 2001). En estas condiciones, el contenido de humedad de las bellotas disminuye rápidamente y entonces no germinan, pues pierden su viabilidad (Zavala, 2000, 2001). La recalcitrancia en encinos es un carácter adaptativo

que confiere protección a los frutos contra la desecación, las bajas temperaturas y la depredación de insectos. Al germinar, poco después de ser diseminadas, las bellotas evitan la pérdida excesiva de humedad y la exposición a bajas temperaturas y a predadores. En encinos blancos, la viabilidad se pierde rápidamente (Zavala, 2004), y aunque es posible almacenarlas hasta por algunas semanas, lo recomendable es coleccionar las semillas e inmediatamente establecerlas para su germinación.

Las semillas al igual que cualquier organismo envejecen y mueren, por lo que se ha optado por el almacenamiento. El almacenamiento de semillas durante periodos largos o cortos, requiere de conocimientos sobre las características de las mismas, así como de los factores que las afectan durante el período que permanecen en el almacén (Camacho, 1994).

Aunque en ambos grupos se conservan buenos tiempos de germinación, pues empiezan a germinar en cuanto se establecen, la uniformidad germinativa se reduce, por lo que el tiempo entre las primeras y las últimas germinaciones se hace más largo; aunque se observó que varias de las semillas germinaron aún dentro de los recipientes de almacén. Después de tres meses de almacenamiento, el porcentaje de germinación alcanzado (21 %) ocupó más tiempo. Lo anterior se confirma con lo encontrado en bibliografía que dice que las semillas de encinos blancos pierden más rápido la viabilidad, por lo que el almacenamiento debe ser por periodos cortos. Un ejemplo de viabilidad más corta es la que presenta *Q. microphylla*, la cual fue inviable después de tres semanas en condiciones ambientales (Zavala, 2004) de suelo desnudo.

Las condiciones de almacenamiento que mantiene la viabilidad de las semillas son aquellas que reducen la respiración y otros procesos metabólicos sin dañar el embrión. La viabilidad de las semillas se ve afectada principalmente por el contenido de humedad de la semilla, la temperatura y la atmósfera de almacenamiento. El contenido de humedad de la semilla determinará la duración del almacenamiento, en general, las semillas de vida corta son sensibles a la desecación (recalcitrantes). Son semillas que poseen una humedad elevada y pierden su viabilidad cuando ésta es reducida. Especies como encinos (*Quercus*), nogales (*Juglans*), araucarias (*Araucaria*), avellano (*Gevuina*) y bellotos (*Beilschmiedia*) poseen semillas de este tipo (Camacho, 1994). Fluctuaciones de la humedad de las semillas reducen su viabilidad, ya que se aumenta la tasa respiratoria, provocando que las reservas de las semillas destinadas a alimentar al embrión durante la germinación sean consumidas mediante respiración al aumentar el metabolismo, lo que va reduciendo la calidad de las semillas (Hartmann y Kester, 1988).

Las semillas almacenadas en condiciones de baja temperatura y relativamente alta humedad germinan muy fácilmente en los primeros días, lo que parece ser más común en encinos blancos que en rojos, lo que dificulta la conservación de semillas viables por mucho tiempo, y repercute en el caso de querer un manejo de germoplasma de encinos.

A pesar de que fue corto el tiempo de almacenamiento, se realizaron revisiones periódicas en donde se retiraron semillas infectadas por hongos y algunas más por larvas y otras más se descartaron por que germinaron. Lo que probablemente se deba a un aumento de la humedad de las semillas, así con un 8 a 9 % de humedad se activan los insectos y se pueden reproducir, a un 12 al 14 % de humedad se inicia la actividad de los hongos, sobre un 20 % se producen calentamientos, y sobre el 40 al 60 % las semillas germinan (Hartmann y Kester, 1988). Por lo que es necesario mantener condiciones óptimas en relación a su estado sanitario, libre de hongos y larvas que impidan el proceso de conservación.

Es necesario mencionar que el tamaño, como se menciono con anterioridad, es un factor de interés para conservar las semillas. Se sabe que las semillas de mayor tamaño suelen ser más vigorosas en la germinación, que las de tamaño reducido. La explicación a este comportamiento estaría vinculada al mayor intercambio gaseoso que ofrecen las bellotas gruesas en las zonas donde se siembran (Shili, 1995 en Vázquez, 1998), aumentando la temperatura del entorno con el intercambio gaseoso, facilitándose la germinación; en contraste con lo que ocurre en semillas pequeñas con escaso intercambio. Desde el punto de vista químico se ha comprobado que el contenido de las semillas en grasas y carbohidratos es un factor decisivo en la capacidad de retención de agua. Los valores elevados de carbohidratos y grasas en la composición química de los cotiledones frenan la deshidratación y permite conservar en mejores condiciones de humedad las semillas por lo que duran más tiempo. En general las condiciones óptimas para el almacenamiento de las semillas a largo plazo son poco conocidas (Fonseca y Freire, 2003, en Magnitskiy y Plaza, 2007), teniendo en cuenta que hay una gran variabilidad en las respuestas fisiológicas en semillas recalcitrantes una vez cosechadas. Sería importante disponer de información sobre la composición química de las semillas de cada cosecha, así como su tamaño y si existe algún tipo de dormancia asociada para poder diseñar el modelo de conservación más apropiado (Vázquez, 1998). El encontrar semillas germinadas en los recipientes posiblemente se deba a lo encontrado en un estudio realizado; en el cual almacenaron semillas maduras sin un grado de humedad elevado (50-60 %), y en donde frecuentemente germinan por efecto del desplazamiento de la concentración del ácido abscísico (ABA). Las semillas con bajo

contenido de humedad igualan concentraciones de humedad y ABA entre cotiledones y embrión, al reducirse el contenido de ABA en el embrión se fomenta la proliferación celular y consecuentemente la germinación de las semillas (Finch-Savage, et al., 1992 en Vázquez, 1998)

EVALUACIÓN DE LA LONGITUD DE LA RAÍZ EN SEMILLAS DE *Q. frutex*.

Las plantas emergidas de semillas colectadas en "Santa Catarina" en el 2004, desarrollaron raíces con una longitud en promedio de 2.5 cm a la edad de 15 días (fig. 36).

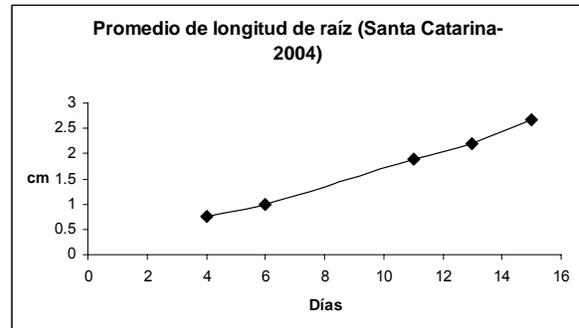


Fig. 36 Longitud radicular alcanzada en 15 días.

Las plantas emergidas de las semillas colectadas en el "Parque Xochitla" en el 2005 (Fig. 37), alcanzaron una mayor longitud de 5 cm en promedio en el mismo tiempo.

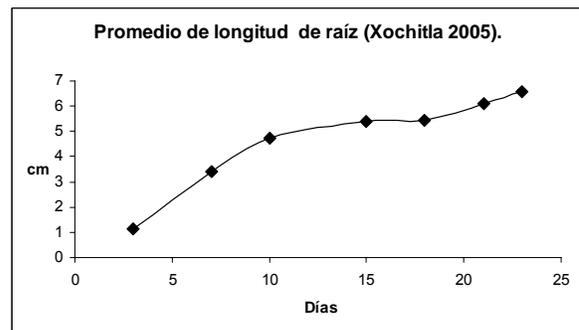


Fig. 37 Longitud de la radícula en semillas de frutos colectados en el 2005.

Se compara el crecimiento radical, a los 15 días (Fig. 38), de plantas obtenidas de semillas colectadas en el "Parque Xochitla" en el 2006. Un grupo se estableció en agosto y otro en septiembre; éste último alcanzó menor longitud de raíz, aunque su emergencia inicio antes que en las semillas del primer establecimiento.

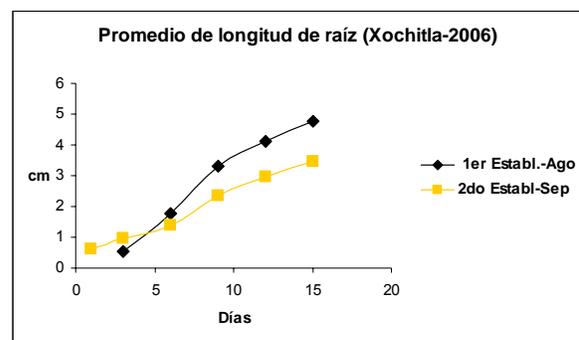


Fig. 38 Comparación de la longitud radicular en semillas, con un mes de diferencia en el establecimiento de unas y otras.

Al comparar las longitudes radicales de plantas emergidas de frutos colectados en diferentes años (2004 y 2006) y localidades (“Santa Catarina” y “Parque Xochitla”), se observó que las raíces de las bellotas del “Parque Xochitla”-2006 (establecimiento en septiembre) presentaron un promedio mayor de longitud de 3.5 cm (Fig. 39).

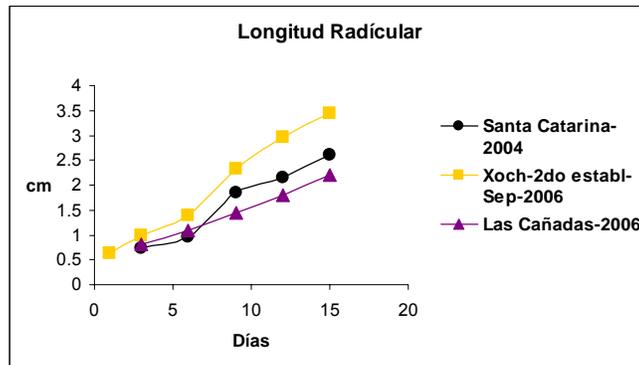


Fig. 39 Muestra la variación de la longitud radicular, en diferentes localidades.

Las plantas emergidas de frutos con un mes de almacenamiento alcanzaron en promedio 5 cm de longitud radical a los 15 días (Fig. 40).

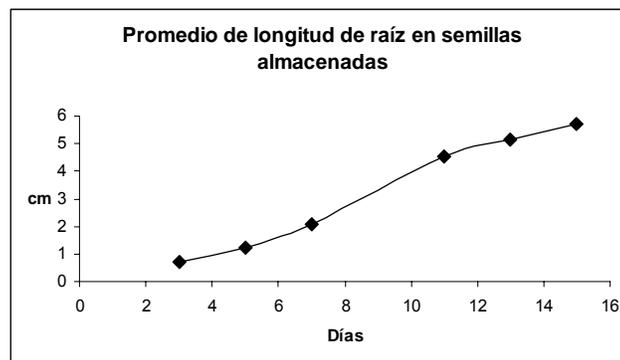


Fig. 40 Longitud de raíz alcanzada, con un mes de almacenamiento.

Lo anterior muestra que el crecimiento de la raíz es bueno. Hubo plantas de todas las procedencias, que a los 15 días sus raíces alcanzaron 14 cm, mostrando la emergencia de raíces secundarias. La gran cantidad de reservas alimenticias almacenadas favorecen extensivamente el desarrollo de la raíz antes que el vástago (Zavala, 2001). Durante la elongación de las raíces las yemas laterales y apicales permanecen bajo aparente dormancia (Champagnat *et al.*, 1986 citado por Collet y Frochot, 1996 en Rubio, 2006). El que *Q. frutex* muestre una porcentaje de germinación en corto tiempo y un valor alto en la longitud de la raíz, es una expresión de que es una especie candidata a ocupar

sitios más xéricos, como lo muestra la especie *Q. douglasii*, en un bosque de encino en Estados Unidos.

Una técnica (RPM) que fue desarrollada por un vivero forestal de Missouri en los Estados Unidos tiene como objetivo crear árboles más altos y robustos, que produzcan flores y semillas en un período más corto, acelerando el crecimiento radical. Este método combina el uso de contenedores de base abierta, selección de semillas y sucesivas podas radiculares a través del aire que circula por la base de los contenedores. Los resultados obtenidos después de tres temporadas de crecimiento, indicaron que la sobrevivencia, crecimiento y forma de las plantas fueron superiores en comparación con otras especies. Además de que la técnica RPM ayuda a incrementar el potencial económico al reducir el tiempo de establecimiento, permite una selección más temprana de los árboles que llegan a la cosecha final (Olave y McAdam, 2004).

EVALUACIÓN DEL CRECIMIENTO EN VIVERO Y SUELO DE *Q. frutex*.
Plantas de semillas colectadas en "Las Cañadas" en el 2004.

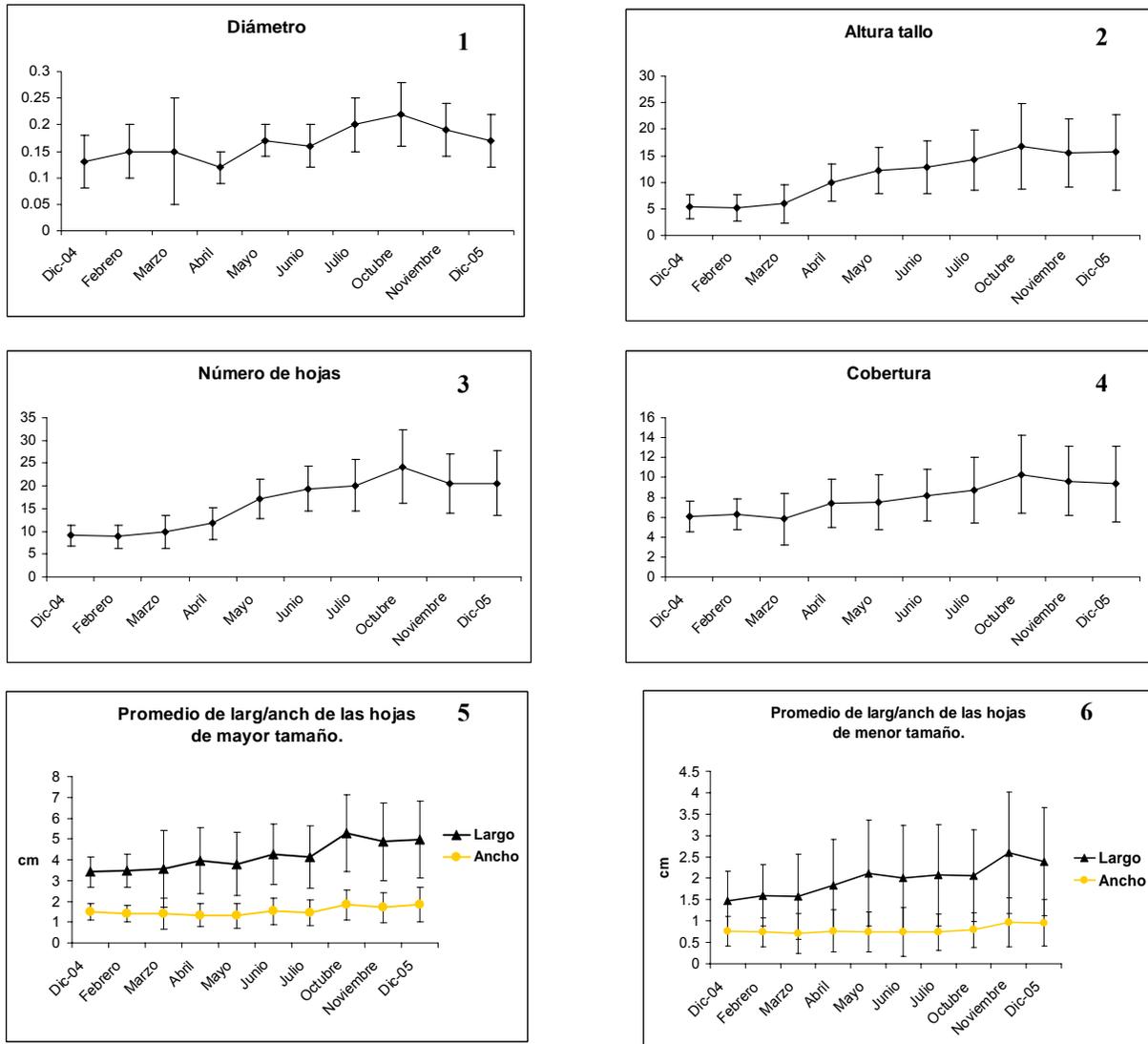


Fig. 41. Gráficas de crecimiento de las variables: diámetro (1), altura (2), Número de hojas (3), cobertura (4) y largo-ancho de hojas grandes y pequeñas (5 y 6).

Durante el año de monitoreo en vivero, que inició en diciembre, se observó que el diámetro de las plantas estuvo entre 0.12 y 0.20 cm, manteniéndose en este intervalo a lo largo del año. Los promedios de altura, número de hojas y cobertura se incrementaron con el tiempo, sobre todo en los meses de abril a octubre, no hubo incremento importante en los meses de noviembre a diciembre. En

cuanto al largo y ancho de las hojas se observa que hay un mayor incremento en el largo que en el ancho de las hojas (Fig. 41).

Cuadro 13. Coeficientes de correlación para las variables evaluadas en crecimiento en vivero, en donde el primer valor refiere a “r” y el segundo es el valor de “p”.

	Diámetro Tallo	Alt. Tallo	No. Hojas	Largo Grandes	Ancho. Grandes	Largo. Pequeñas	Ancho. Pequeñas
Altura Tallo	r= 0.305 p= 0.031						
No. Hojas	0.155 0.283	0.474 0.001					
Largo Grandes.	0.265 0.062	0.638 0.000	0.273 0.055				
Ancho Grandes.	0.187 0.192	0.526 0.000	0.117 0.420	0.865 0.000			
Largo Pequeñas.	0.108 0.457	0.402 0.004	-0.100 0.487	0.758 0.000	0.775 0.000		
Ancho pequeñas.	0.081 0.574	0.271 0.057	-0.198 0.168	0.640 0.000	0.791 0.000	0.924 0.000	
Cobertura	0.224 0.118	0.606 0.000	0.382 0.006	0.925 0.000	0.793 0.000	0.735 0.000	0.622 0.000

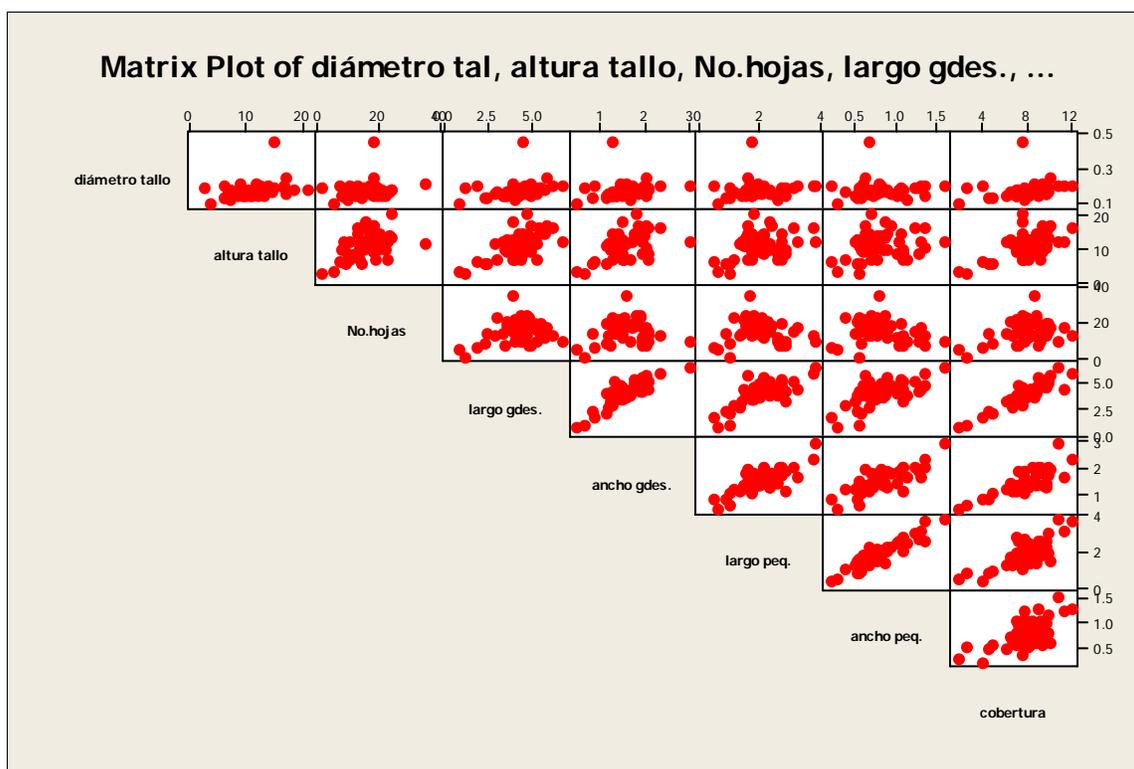


Fig. 42 Correlaciones entre las variables diámetro, altura, cobertura, número de hojas, largo y ancho de hojas grandes y pequeñas.

Las correlaciones con valores $r = 0.925$ y $P = 0.000$ para la variable largo de hojas grandes muestra una relación directa fuerte con la cobertura, lo que se reafirma con el valor de probabilidad, el cual es menor de 0.05, lo que indica que sí hay correlación (Cuadro 13). Es menor la relación del ancho de las hojas grandes, aunque sus valores no son despreciables ($r = 0.793$, $P = 0.000$) mostrando una relación directa débil. En cuanto el ancho de hojas grandes muestra un valor de $r = 0.865$ y $P = 0.000$, con respecto al largo de las mismas y el ancho de hojas pequeñas tiene un valor de $r = 0.924$ y $P = 0.000$ en relación con la longitud de las mismas; por lo que en ambas variables hay una relación directa y el crecimiento es proporcional (Fig. 42).

Plantas de semillas colectadas en el "Parque Xochitla" en el 2006.

En los gráficos se muestran dos establecimientos (etiquetados como: Xoch (a) y Xoch (b)) de semillas de la misma localidad pero con un mes de diferencia uno de otro. Las plántulas de ambos establecimientos muestran valores similares, aunque Xoch (b) muestra un incremento en los promedios durante el mes de junio (Fig. 43).

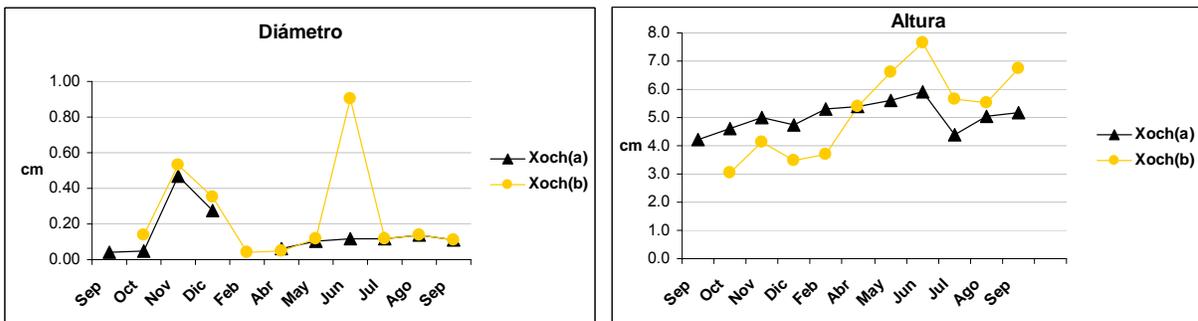


Fig. 43 Diámetro y Altura, de plantas originadas de semillas colectadas en Xochitla en el 2006.

En el segundo establecimiento se denota tanto en la altura como en la cobertura (Fig. 44) y en el No. hojas un crecimiento directamente proporcional al tiempo, a diferencia del primero Xoch (a) en el cual se observa un crecimiento más pausado y decrementos muy marcados.

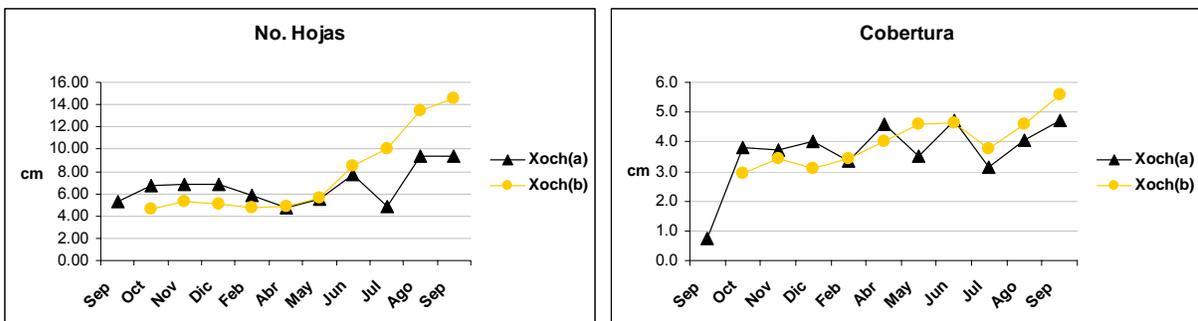


Fig. 44 No. Hojas y Cobertura, de plantas originadas de semillas colectadas en Xochitla en el 2006.

En el largo de las hojas grandes y pequeñas hay un crecimiento general constante en el establecimiento Xoch (b) y un marcado decremento en el mes de junio al mes de agosto. Mientras que para Xoch (a) se notan dos decrementos espaciados. Al final de las líneas en ambos gráficos se nota el inicio de otro periodo de alargamiento (Fig. 45).

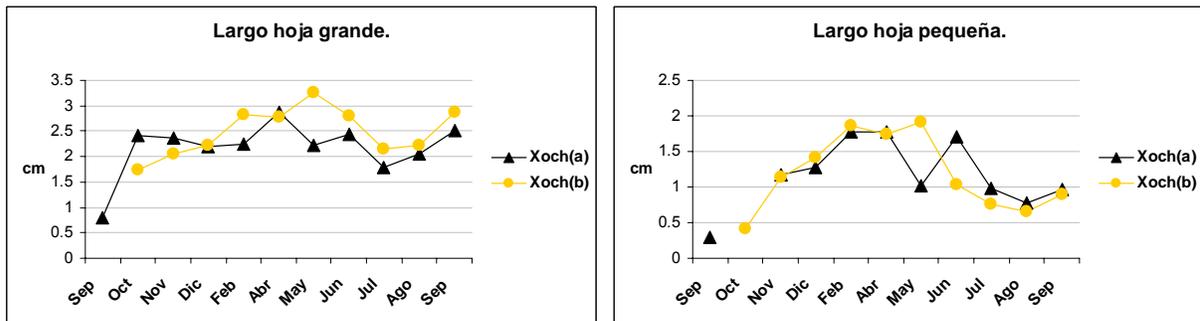


Fig. 45 Largo de Hojas Grandes y Pequeñas, de plantas originadas de semillas colectadas en Xochitla en el 2006.

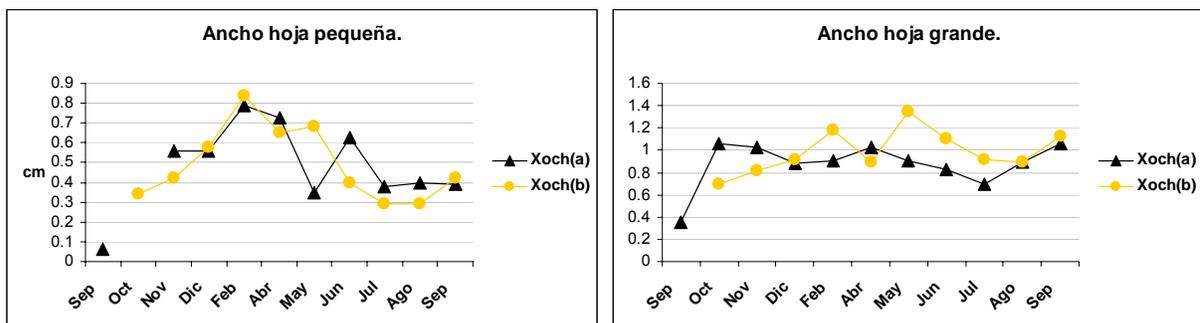


Fig. 46 Ancho de Hojas Grandes y Pequeñas, de plantas originadas de semillas colectadas en Xochitla en el 2006.

En el ancho de las hojas grandes, ambos establecimientos presentan pausas e incrementos, los cuales son mayores para Xoch (b). En el ancho de las hojas pequeñas hay un decremento en el establecimiento Xoch (b) (Fig. 46).

Cuadro. 14 Coeficientes de correlación para las variables evaluadas en crecimiento en vivero, en donde el primer valor refiere a “r” y el segundo es el valor de “p”.

	Diámetro Tallo	Alt. Tallo	No. Hojas	Largo Grandes	Ancho. Grandes	Largo. Pequeñas	Ancho. Pequeñas
Altura Tallo	r= 0.241 p= 0.209						
No. Hojas	0.086 0.675	0.477 0.014					
Largo Grandes.	0.078 0.704	0.617 0.001	0.473 0.013				
Ancho Grandes.	0.070 0.734	0.589 0.002	0.445 0.020	0.946 0.000			
Largo Pequeñas.	0.266 0.257	0.113 0.625	0.006 0.981	0.243 0.288	0.130 0.576		
Ancho pequeñas.	0.326 0.160	0.086 0.711	-0.000 0.999	0.237 0.301	0.208 0.365	0.959 0.000	
Cobertura	0.061 0.773	0.550 0.004	0.441 0.024	0.862 0.000	0.774 0.000	0.599 0.004	0.606 0.004

En el caso de las correlaciones realizadas para el primer establecimiento, etiquetado como "Xoch (a)", (Cuadro 14), se observan valores $r = 0.946$, 0.959 y $P = 0.000$ para las variables ancho de hojas grandes y pequeñas mostrando una relación directa fuerte con el largo de las mismas, lo que se reafirma con el valor de probabilidad, el cual es menor de 0.05 , lo que indica que en efecto hay una correlación. Se observa que los puntos tienden casi a la verticalidad (Fig. 47), lo que denota una relación del ancho y largo de las hojas de mayor tamaño en el aumento de la cobertura, siendo sus valores de $r = 0.862$, 0.774 y $P = 0.000$, mostrando una relación débil.

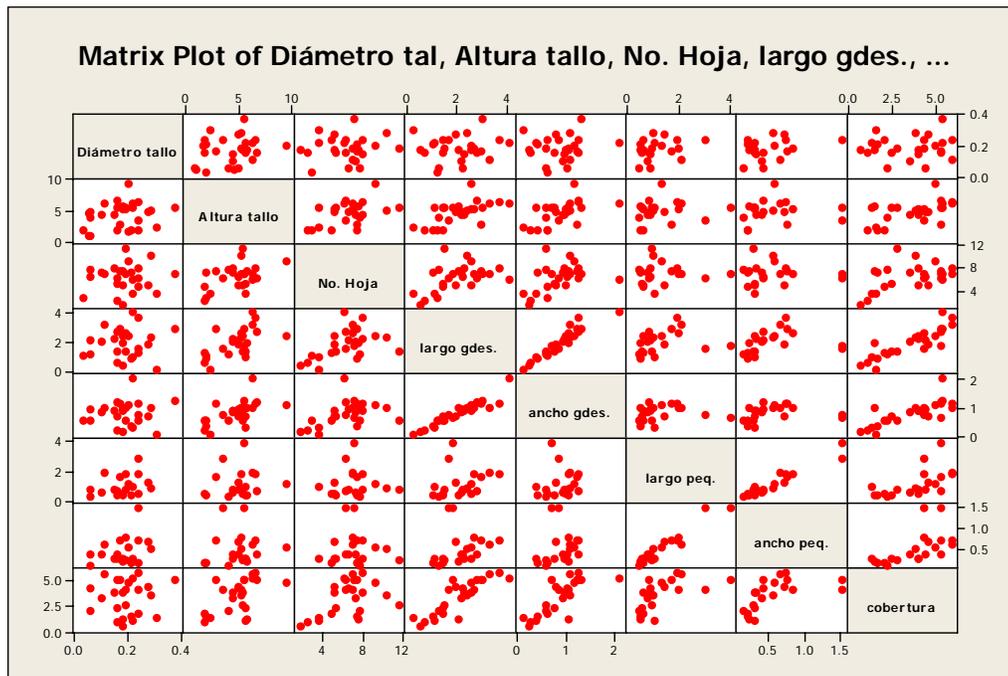


Fig. 47 Correlaciones entre las variables diámetro, altura, cobertura, número de hojas, largo y ancho de hojas grandes y pequeñas.

Cuadro.15 Coeficientes de correlación para las variables evaluadas en crecimiento en vivero, en donde el primer valor refiere a “r” y el segundo es el valor de “p”.

	Diámetro Tallo	Alt. Tallo	No. Hojas	Largo Grandes	Ancho. Grandes	Largo. Pequeñas	Ancho. Pequeñas
Altura Tallo	r= -0.227 p= 0.196						
No. Hojas	-0.121 0.541	0.786 0.000					
Largo Grandes.	-0.192 0.308	0.838 0.000	0.798 0.000				
Ancho Grandes.	-0.128 0.501	0.845 0.000	0.818 0.000	0.965 0.000			
Largo Pequeñas.	-0.360 0.065	0.643 0.000	0.276 0.182	0.707 0.000	0.624 0.001		
Ancho pequeñas.	-0.403 0.037	0.628 0.000	0.286 0.166	0.720 0.000	0.649 0.000	0.961 0.000	
Cobertura	-0.191 0.311	0.838 0.000	0.805 0.000	0.927 0.000	0.892 0.000	0.662 0.000	0.664 0.000

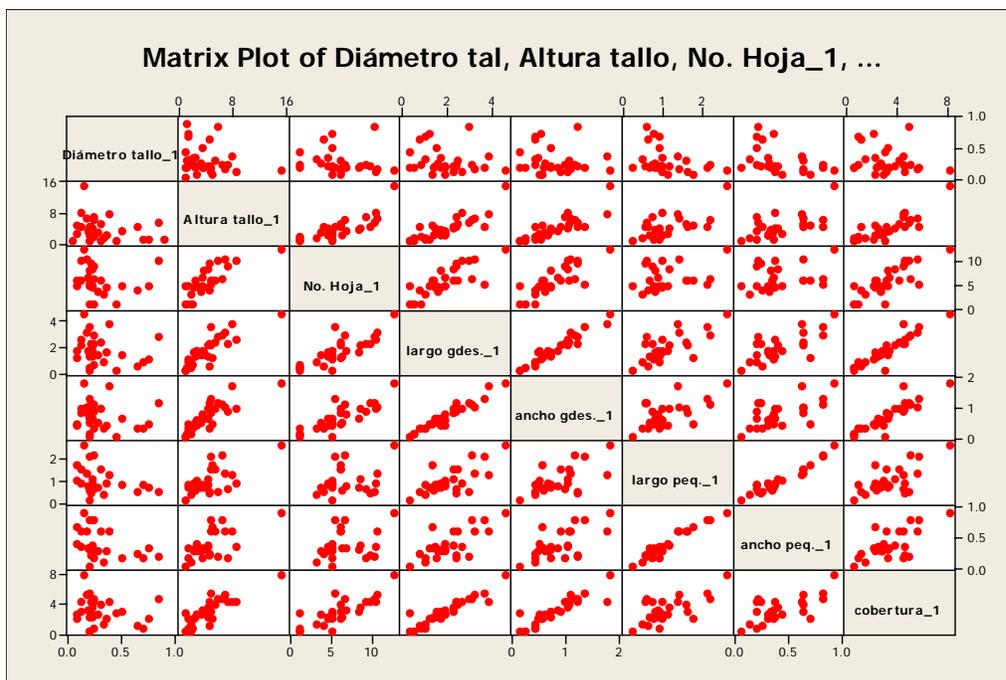


Fig. 48 Correlaciones entre las variables diámetro, altura, cobertura, número de hojas, largo y ancho de hojas grandes y pequeñas.

Las correlaciones pertenecientes al segundo establecimiento de plantas, etiquetado como Xoch (b) (Cuadro 15) arroja valores $r = 0.961$, 0.965 y $P = 0.000$ para la variable ancho de hojas grandes y pequeñas, mostrando una relación directa fuerte con el largo de las mismas respectivamente, lo que se reafirma con el valor de probabilidad, el cual es menor de 0.05, lo que indica que en efecto hay una correlación. Se observa una relación del número de hojas y el ancho y largo de las de mayor tamaño en

el aumento de la cobertura, presentando valores de $r= 0.805, 0.927, 0.892$ y $P= 0.000$, por lo que los puntos tienden casi a la verticalidad (Fig. 48), mostrando una relación directa fuerte. Así mismo es importante denotar que se observaron relaciones directas débiles entre las variables: número de hojas, largo y ancho de hojas grandes y pequeñas y la cobertura con respecto a la altura del tallo, mostrando valores de $r= 0.786, 0.838, 0.845, 0.643, 0.628$ y 0.838 y $P= 0.000$ respectivamente, lo cuál nos indica que el crecimiento se dio de manera proporcional, pues a medida que crece el tallo las hojas nuevas son de mayor longitud y por tanto se incrementa la cobertura. Este mismo efecto se presenta entre el ancho y largo de hojas grandes respecto al número de estas, mostrando una relación débil por lo valores que fueron de $Y= 0.798, 0.818$ y $P= 0.000$; lo que indica que en todas las plantas hay un mayor número de hojas de talla grande.

Plantas de semillas colectadas en el "Parque Xochitla" y "Santa Catarina" en el 2006).

Estos dos grupos fueron establecidos al mismo tiempo y, como se observa en el gráfico, las plántulas de ambos muestran diámetros similares (Fig. 49). Se observa que los promedios de altura del grupo "Santa Catarina" son mayores, superando a los de Xochitla (Fig. 49).

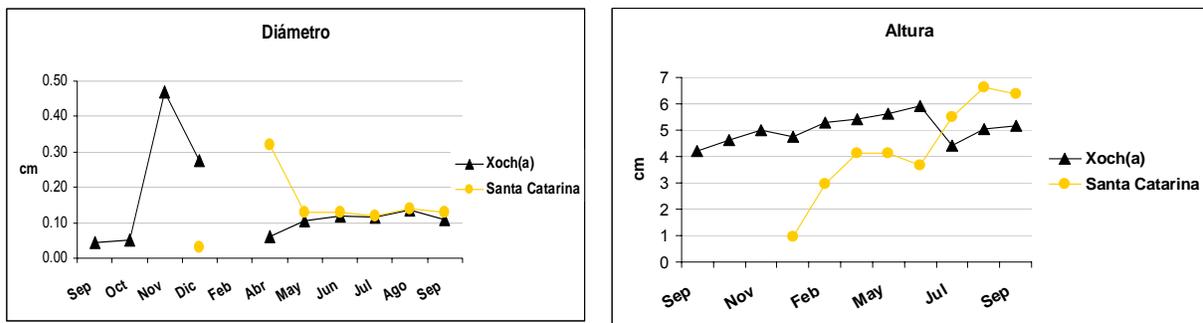


Fig. 49 Comparación de diámetro y altura del tallo de dos grupos de plantas que se originaron de semillas colectadas en diferentes localidades, pero que se establecieron al mismo tiempo.

En cuanto al número de hojas y cobertura, el establecimiento de "Santa Catarina", supera considerablemente en tiempo y promedio al de "Xochitla" (Fig. 50).

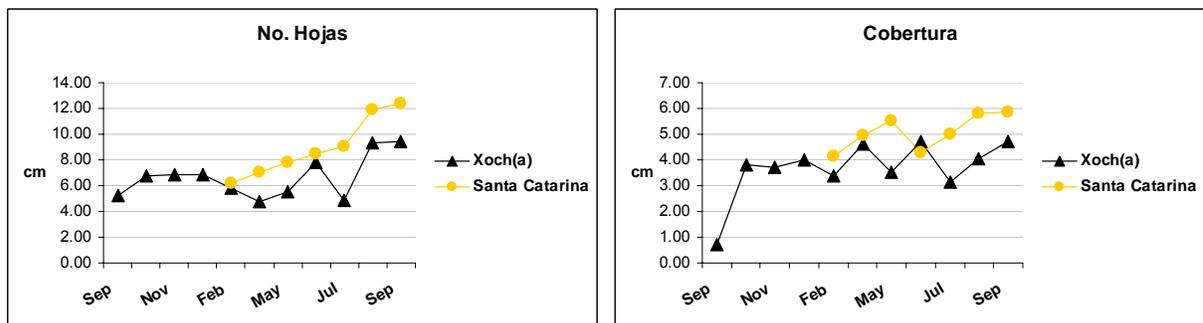


Fig. 50 Comparación del número de hojas y de la cobertura de dos grupos de plantas, que se originaron de semillas colectadas en diferentes localidades, pero que se establecieron al mismo tiempo.

En cuanto al largo y ancho de las hojas grandes, el gráfico muestra, que las láminas foliares alcanzaron mayor tamaño en las plántulas de "Santa Catarina", que en los de "Xochitla" y el largo y ancho de las hojas pequeñas en ambos establecimientos fue similar (Fig. 51).

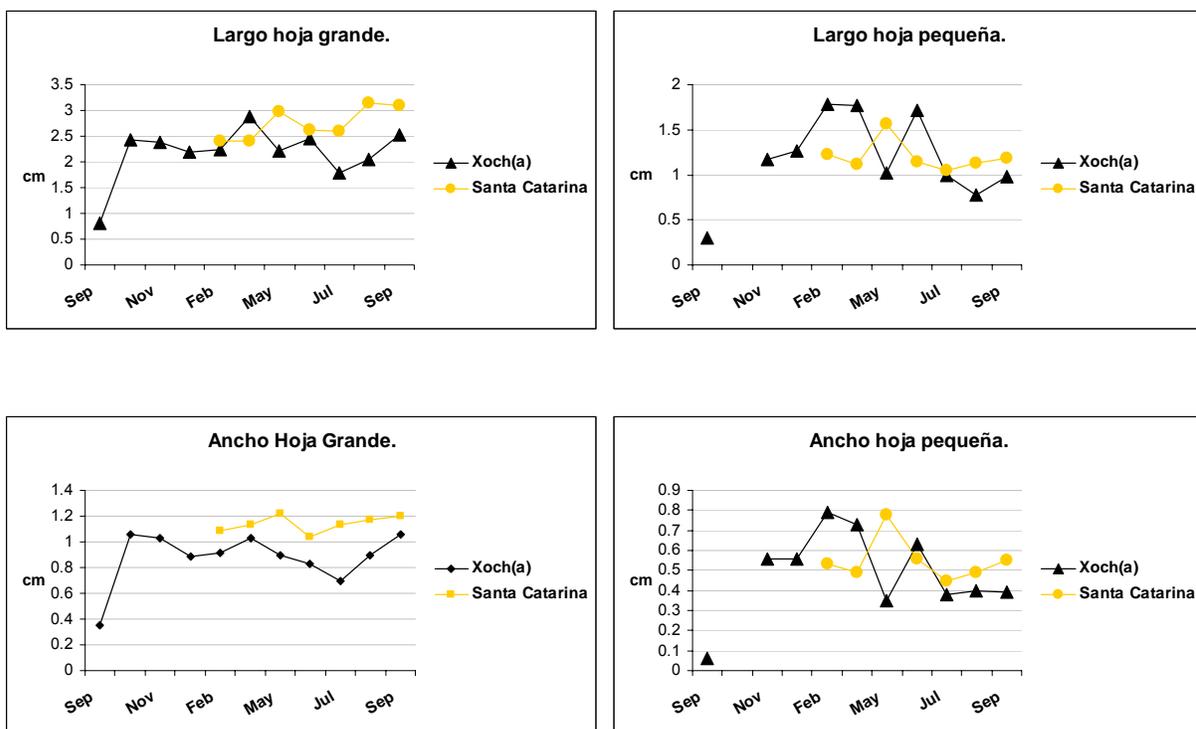


Fig.51 Comparación del largo y ancho de hojas grandes y pequeñas de dos grupos de plantas, que se originaron de semillas colectadas en diferentes localidades, pero que se establecieron al mismo tiempo.

Se puede decir que en las plantas emergidas de los frutos colectados en “Santa Catarina” en el 2006, los tallos emergieron hasta el mes de diciembre, pero en corto tiempo superaron las tallas (DAP, altura, cobertura, etc.) de las plántulas del grupo “Xochitla”.

Cuadro.16 Coeficientes de correlación para las variables evaluadas en plantas de vivero, procedentes de semillas colectadas en “Santa Catarina” en el 2006. En donde el primer valor refiere a “r” y el segundo es el valor de “p”.

	Diámetro Tallo	Alt. Tallo	No. Hojas	Largo Grandes	Ancho. Grandes	Largo. Pequeñas	Ancho. Pequeñas
Altura Tallo	0.102 0.420						
No. Hojas	0.104 0.453	0.303 0.026					
Largo Grandes.	0.355 0.009	0.535 0.000	0.009 0.948				
Ancho Grandes.	0.364 0.007	0.393 0.003	0.048 0.729	0.786 0.000			
Largo Pequeñas.	0.126 0.378	0.401 0.004	-0.307 0.028	0.585 0.000	0.444 0.001		
Ancho pequeñas.	0.198 0.151	0.400 0.003	-0.271 0.048	0.650 0.000	0.595 0.000	0.900 0.000	
Cobertura	0.385 0.004	0.567 0.000	0.182 0.188	0.920 0.000	0.757 0.000	0.518 0.000	0.600 0.000

Se muestran las correlaciones con valores $r = 0.786$ y $P = 0.000$ para la variable ancho de hojas grandes, mostrando una relación directa débil con la variable largo de hojas grandes y que se reafirma con el valor de probabilidad, el cual es menor de 0.05, lo que indica que sí hay correlación (Cuadro 16), y en donde a mayor longitud, mayor anchura en los folíolos. El mismo caso se da en las hojas pequeñas en donde el crecimiento es proporcional. En el caso de la variable en que los puntos tienden a la verticalidad (Fig. 52) presentando valores: $r = 0.920$, $P = 0.000$, se denota la relación del largo de las hojas en el aumento de la cobertura, mostrando una relación directa fuerte; así es menor la relación del ancho de las hojas, aunque sus valores no son despreciables $r = 0.757$, $P = 0.000$, dando una relación directa de carácter débil.

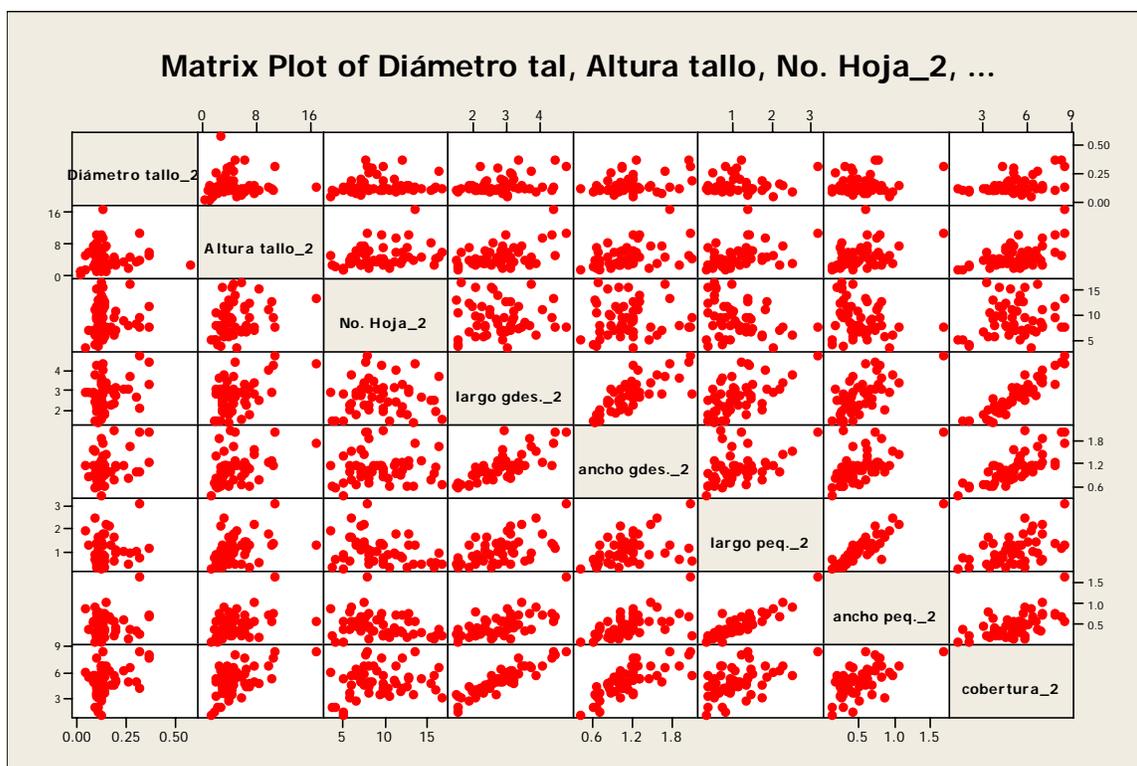


Fig. 52 Correlaciones entre las variables diámetro, altura, cobertura, número de hojas, largo y ancho de hojas grandes y pequeñas en plantas de vivero, procedentes de semillas colectadas en Santa Catarina-2006.

En general en todas las plantas monitoreadas y que provienen de semillas colectadas en diferentes localidades y tiempos se observa que el tallo no muestra un crecimiento notable en su diámetro, por lo que seguramente, los nutrientes se utilizan en la elongación del tallo y en la producción de hojas y ramas. Así, la altura del tallo, el número de hojas y la cobertura se incrementan conforme

avanza el tiempo. En las correlaciones de los diferentes grupos se encontró que la cobertura esta más bien relacionada con el largo de las hojas y no con el número de ellas.

Plantas de *Quercus frutex* en condiciones de vivero (FES-I) y en suelo (Parque Xochitla).

En el diámetro como en la altura no hay diferencia significativa entre los grupos comparados, aunque es claro que los valores de diámetro y altura son más diversos en “FES-I” que en “Xochitla”, Tepetzotlán.

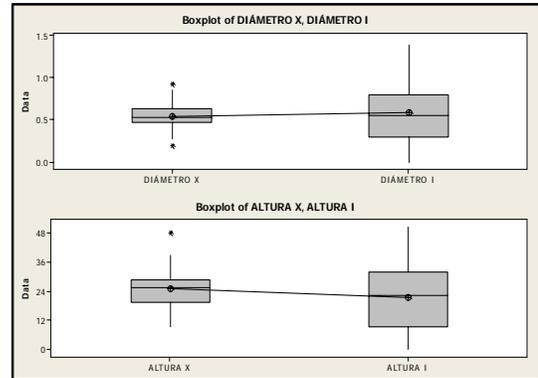


Fig. 53 Comparación en el diámetro y altura de plantas en condiciones diferentes.

Se denota que los arbustos de *Q. frutex* de “Xochitla”, Tepetzotlán presentan un mayor número de hojas en comparación con “FES-I”. La cobertura de ambos grupos es similar, el valor de los promedios es homogéneo en “FES-I” y un poco más diverso por encima de la media en “Xochitla”, Tepetzotlán.

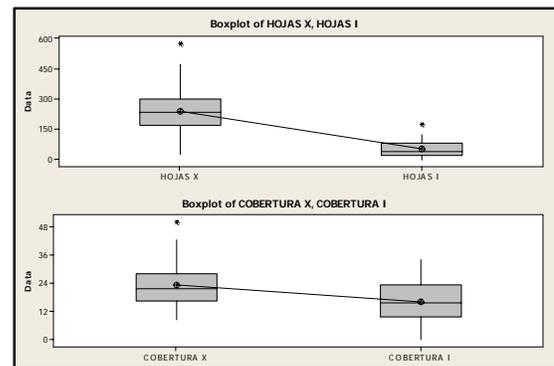


Fig. 54 Comparación en No. de hojas y cobertura de plantas en condiciones diferentes

Las hojas de *Q. frutex* que permanecen en el vivero de “FES-I”, alcanzan mayor tamaño que las de “Xochitla”, aunque en este último hay más homogeneidad en los valores en comparación con “FES-I”.

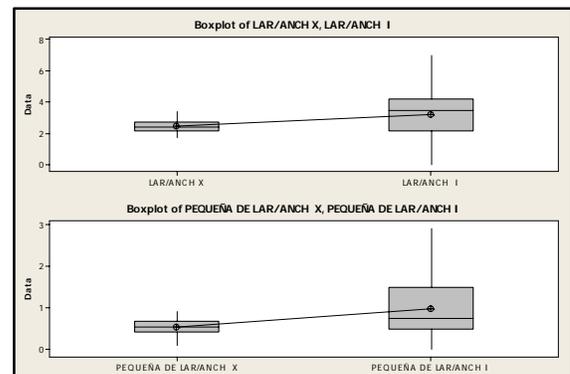


Fig. 55 Comparación en tamaño de hojas grandes y pequeñas de plantas en condiciones diferentes.

La comparación hecha entre las plantas en condiciones de vivero en la “FES-I” y las plantas que se establecieron directamente en suelo en el Parque Xochitla, muestra que el diámetro y la altura en ambos grupos es similar (Fig. 53), aunque los valores de DAP en las plantas de la “FES-I” son mayores, lo que probablemente se debe al riego constante que se les aplica. La diferencia mayor entre uno y otro grupo es el número de hojas (Fig. 53), el cual es más grande en las plantas que se encuentran directamente en suelo; estas últimas también desarrollaron más ramas, lo que se ve reflejado en una cobertura más grande, a pesar de presentar hojas tres veces más grandes que las del otro grupo (Fig. 54).

Los cotiledones de las semillas almacena suficiente agua y reservas alimenticias para restablecer el epicotilo si éste es dañado, sumando que el estar bajo tierra y manteniendo el pericarpio, los cotiledones se salvan de ser consumidos por animales carpófagos (Zavala, 2001).

Algunos de los comportamientos antes observados, son parecidos a los que encontraron en las plantas de *Q. suber*, las cuales tuvieron un mayor crecimiento en los micrositios abiertos que bajo los árboles. En el invernadero, los niveles más altos de luz y de agua determinaron una mayor biomasa de las plántulas. Por lo anterior, es necesario conocer las medidas de actividad ecofisiológica de las plántulas, en particular de fotosíntesis, ganancia de carbono, conductancia estomática, etc., las cuales nos permitirán explicar los procesos que determinan las diferencias de crecimiento tanto en las condiciones controladas de invernadero, como en las condiciones naturales en el campo (Marañón *et al.*, 2005).

Q. frutex adultos plantados en suelo en el "Parque Xochitla".

De acuerdo al análisis de varianza aplicado no se encontraron diferencias significativas ($F=0.99$, $P=0.42$) en el diámetro, ni en la altura del tallo ($F=1.31$, $P=0.25$) a lo largo de los meses de muestreo (Fig. 56).

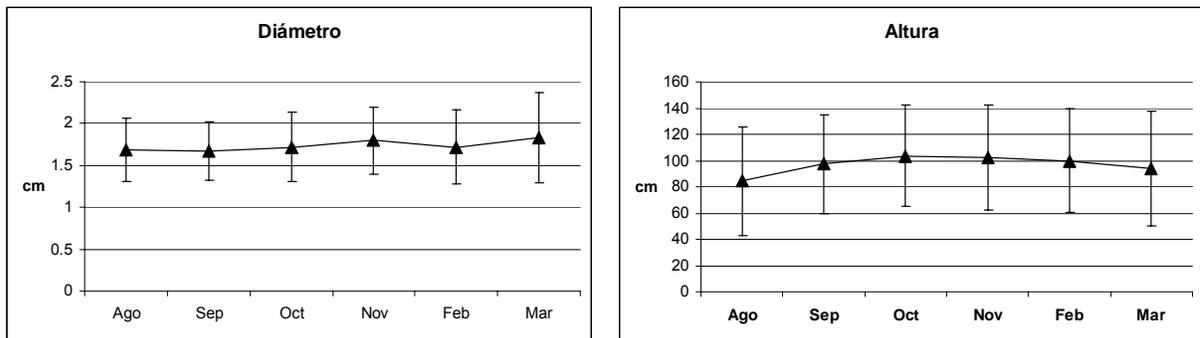


Fig. 56 Valores promedios de diámetro y altura en arbustos maduros.

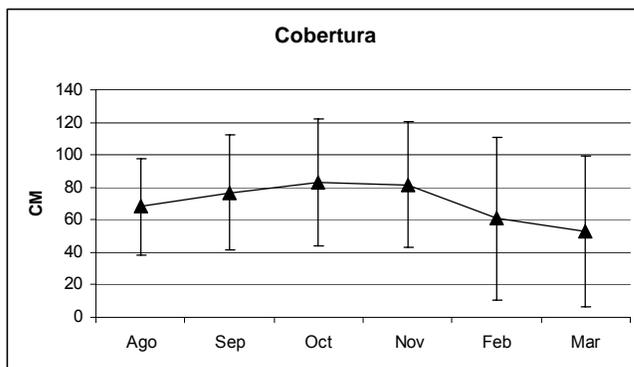


Fig. 57. Valores promedios de cobertura en arbustos maduros.

En el caso de la cobertura se observa que la línea disminuye desde noviembre hasta febrero, en donde empieza a recuperar altura (Fig. 57).

Las correlaciones entre las variables altura, diámetro y cobertura ($Y= 0.544$, 0.654 y 0.657 , $P=0.000$) denotan una relación directa de carácter débil con un valor de probabilidad menor de 0.05, lo que indica que si hay correlación. Aún cuando los puntos se perciben dispersos, estos tienden casi a la verticalidad lo que hace notar la influencia de la altura y diámetro sobre la cobertura.

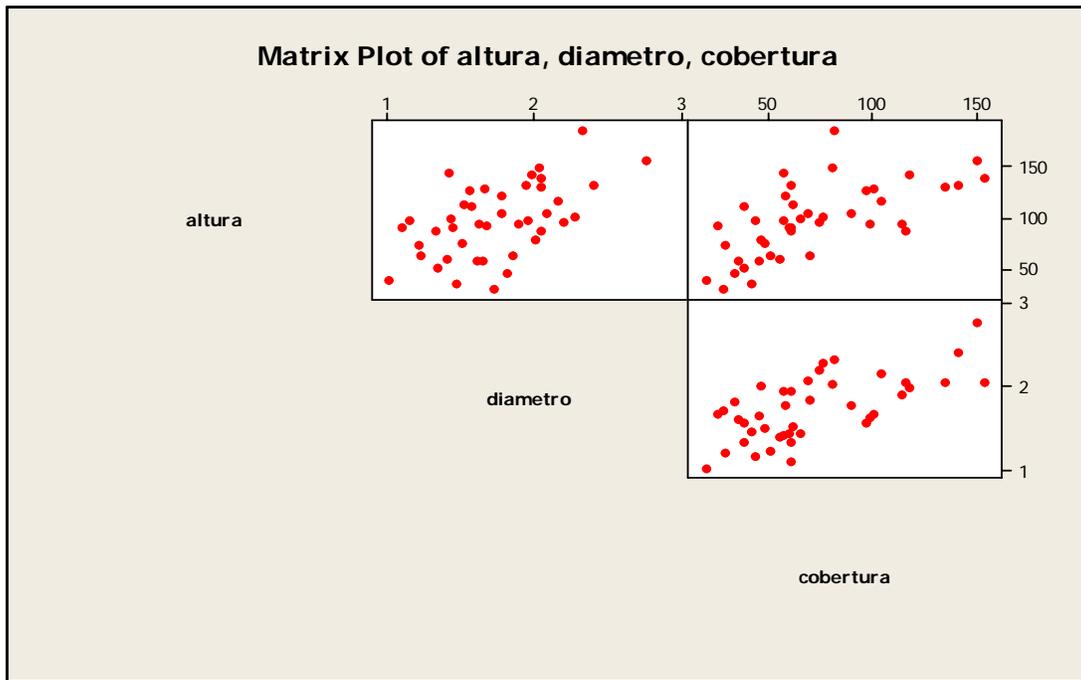


Fig. 58 Matriz que muestra la correlación entre las variables. Evaluadas.

La evaluación de los *Q. frutex* maduros, no presentaron grandes variaciones en sus tallas en el transcurso del tiempo, los incrementos más notables se dan antes de los periodos de floración (marzo y septiembre), y en menor proporción a lo largo de la temporada de lluvias. En las correlaciones realizadas en adultos, a diferencia de las plantas muy jóvenes, se encontró que hay una correlación entre el diámetro, la altura y la cobertura (Fig. 58).

DESCRIPCIONES MORFOLÓGICAS DE PLANTAS A DIFERENTES EDADES.

Cuadro 17. Características relevantes de las clases de edades

Edad de ejemplares	Longitud de raíz	Longitud y diámetro de tallo	No. Hojas	Margen.
Tres meses	de 2-12.5 cm, con 2-4 raíces secundarias.	de 7.2 cm por 0.01-0.06 cm.	de 5 a 8	Entero ligeramente ondulado
Seis meses	de 4.0-7.5 cm, con numerosos pelos absorbentes.	de 10.3-11.5 cm por 0.05-0.06 cm.	de 6-7	Entero ligeramente ondulado, dentado con 2 y 1 ó 3 y 2 dientes a cada lado.
Nueve meses	de 5.0 cm con numerosos pelos absorbentes.	de 28-21.5 cm por 0.14 cm.	de 14-16, en donde las hojas jóvenes son más largas y angostas, con pecíolos más largos.	Entero liso o con ligeras ondulaciones, a veces dentado con 1, 2, 3 en ambos o en un solo lado.
Doce meses	de 3.5-5.2 cm	de 17-19cm.	de 12-17, se observa la emergencia de ramillas en tallo y en el cuello.	Margen entero ondulado a veces dentado, presentando un diente de un solo lado.
Diez y nueve meses	De 12.5-28 cm	de 26.1-36.5 cm	de 37-137, se observa que las hojas jóvenes son de mayor tamaño y emergencia de numerosas ramillas.	Margen entero liso, ondulado o ligeramente ondulado, presenta un diente de un solo lado o a veces en ambos.

Plantas de 3 meses de edad.

Plantas con raíces axonomórfas de 4.2-12.5 cm de longitud, con 2-4 raíces secundarias, pueden o no persistir los cotiledones, en caso de mantenerlos estos miden de 1.0-2 cm de longitud y 0.34-0.50 cm de diámetro, hipogeos de apariencia seca y textura estriada, de color café y verdosos cerca del meristemo, aún protegidos por el pericarpo. Tallos ligeramente estriados, de 4.0-7.2 cm de longitud y 0.01- 0.06 cm de diámetro, de color café castaño-verde claro en la parte superior y con abundante indumento formado por tricomas estipitados con cuatro rayos largos extendidos; yemas esféricas de 1 mm de largo, lustrosas, de color verde-café castaño; estípulas lineares de 2 mm de largo, de color café dorado, pubescentes en margen y ápice. Hojas con disposición alterna, en número de 5 a 8, de color verde claro, la hoja más grande de 1.2-3.0 cm de largo por 0.5-1.2 cm de ancho y la hoja más pequeña de 0.7-1.7 cm de largo por 0.2,-0.9 cm de ancho, lámina de forma elíptica a veces oblonga, ápice convexo a veces redondeado, base convexa, margen entero ligeramente ondulado. Haz no lustroso, generalmente glabro, tricomas dispersos en la lámina, aunque la mayoría concentrados sobre la nervadura principal y en el margen, fasciculados con estípite, éste a veces muy corto, de 4-7 rayos cortos. Envés con algunos tricomas de estípite corto y rayos extendidos, dispuestos en la nervadura primaria; epidermis ligeramente ampulosa y papilosa. Nervaduras impresas, venas secundarias de 4-7 a cada lado, ascendentes y ligeramente curvadas, se ramifican y anastomosan cerca del margen. Pecíolos glabros o con denso indumento (Fig. 59).



Fig. 59 Plántulas de tres meses de edad.

Plantas de seis meses de edad.

Plantas con raíces axonomórfas de 4.0-7.5 cm de longitud por 0.19-0.41 mm de diámetro con presencia de pelos absorbentes. Tallos de apariencia estriada y lustrosa, de 10.3-11.5 cm de longitud y 0.05- 0.06 cm de diámetro, de color café claro en la parte inferior y verde claro en la parte media y superior, las partes viejas son glabras, ligeramente tomentoso en las partes jóvenes, indumento formado por tricomas de color blanco, estípites cortos y de cuatro a seis rayos; yemas ovoides a esféricas de 1 mm de largo, lustrosas de color crema a café castaño, no se observan escamas; estípulas lineares de 2 mm de largo, de color café-dorado, pilosas en margen y ápice. Hojas con disposición alterna, en número de 6 a 7, de color verde oscuro a opaco, la hoja más grande mide 3.2-3.6 cm de largo por 1.6-1.7 cm de ancho y la hoja más pequeña es de 2.3-2.9 cm de largo por 0.9-1.2 cm de ancho, lamina de forma elíptica, ápice convexo a veces redondeado, base convexa, margen entero ligeramente ondulado, dentado con 2 y 1 ó 3 y 2 dientes a cada lado en las dos terceras partes superiores de la lamina. Haz no lustroso con solo algunos tricomas dispersos en la lámina, y otros más concentrados sobre la nervadura principal y en el margen, fasciculados con estípites, de 3- 6 rayos cortos. Envés glabro con algunos tricomas estrellados de estípites cortos y con siete rayos extendidos dispuestos en la nervadura primaria y secundaria, epidermis densamente papilosa y ligeramente ampulosa. Nervaduras impresas, venas secundarias de 5-6 a cada lado, ascendentes y ligeramente curvadas. Pecíolos de 2 mm de largo por 0.01 mm de diámetro, poco pubescentes (Fig. 60).

Algunas hojas presentan necrosis apical y lateral probablemente indicando el inicio de temporada de caída de hojas. Se observan de dos a tres crecimientos y aun están presentes las hojas del penúltimo crecimiento.



Fig. 60 Plántulas de seis meses de edad.

Plantas de nueve meses de edad

Plantas con raíces axonomórfas de 5 cm de longitud y 0.21-0.41 mm de diámetro, se observan numerosos pelos absorbentes. Tallos estriados de 28-21.5 cm de largo y 0.14 cm de diámetro de color verde claro, apariencia lustrosa de 28, 21.5 cm de largo y 0.14 cm de diámetro, de color verde claro, glabro en la parte inferior y en los crecimientos recientes con abundante indumento formado por tricomas estrellados de estípite corto, con cuatro rayos muy largos y extendidos; yemas esféricas a veces ovoides de 1 mm de largo, cubiertas por pequeñas escamas de color café claro- oscuro; lenticelas de 0.01 mm de largo, protuberantes de color blanco, dispuestas a lo largo del tallo; estípulas lineares de 4.0, 5.0 mm de largo, de color café claro, pilosas más en ápice que en el margen. Hojas con disposición alterna, en número de 14 a 16, de color verde ligeramente oscuro (hojas maduras) a claro (hojas jóvenes), la hoja de mayor tamaño de 4.7-5.8 cm de largo y 1.7-2.2 cm de ancho y la de menor tamaño de 1.1-2.0 cm de largo por 0.6-0.7 cm de ancho, lámina de forma elíptica a veces oblonga y/o abovada, ápice convexo y rara vez agudo, base convexa, margen entero liso o con ligeras ondulaciones, a veces dentado presentando: uno, dos, tres en uno o ambos lados.

Hojas maduras con pecíolo corto y glabro, haz de color verde oscuro de textura ligeramente coriácea y glabra con pocos tricomas estrellados de estípite corto y de 6 a 4 rayos cortos dispuestos en la vena principal. Envés de color verde opaco con abundante indumento formado por tricomas estrellados de estípite largo y con 5 a 6 rayos muy largos y extendidos dispuestos en la nervadura primaria y secundarias, epidermis densamente papilosa y poco ampulosa. Las hojas jóvenes son de mayor longitud y ancho que las maduras, presentan pecíolos más alargados y pubescentes, margen dentado. Haz de color verde claro- oscuro, no coriáceo, a veces glabro, la mayoría con abundante indumento formado por tricomas estrellados de estípite corto y de cuatro a seis brazos cortos dispersos de forma uniforme en la lámina pero con una mayor concentración en la vena principal y margen. Envés de color verde claro más o menos pubescente con tricomas estrellados de estípite largo dispuestos en la vena primaria y algunos más en las venas secundarias. Epidermis densamente papilosa y ampulosa. Nervadura impresas, venas secundarias de 5 y 6, 6 y 6 a cada lado ascendentes y ligeramente curvadas, se anastomosan cerca del margen. Pecíolos de 1, 2, 3 mm de largo y 0.01, 0.02 mm de diámetro.

Se observan de cuatro a cinco crecimientos conservándose aún las hojas del tercer y último crecimiento, los cambios más notables son que las hojas maduras son más anchas y de menor longitud,

de margen entero liso o ligeramente ondulado y sin dientes a comparación de las hojas nuevas o más jóvenes las cuales son largas y angostas, presentan margen dentado y pecíolos más largos. Varias hojas presentan necrosis en ápice, margen y otras más están secas hasta la mitad muy probablemente indicando la temporada de caída de hojas y en contraste la emergencia de hojas nuevas (Fig. 61).



Fig. 61 Plántulas de nueve meses de edad. Se muestran hojas de margen dentado (a) y margen liso (b).

Plantas de doce meses.

Plantas con raíces axonomórfas de 3.5-5.2 cm de longitud y 0.24, 0.42 cm de diámetro, poco fibrosa con varios pelos absorbentes. Tallos estriados, de 17-19 cm de longitud y 0.14 cm de diámetro, de color café en la parte inferior y verde claro en la parte media y superior, glabro en los primeros crecimientos y en las partes más jóvenes abundante indumento formado por tricomas estrellados de estípites cortos y con 6 a 7 rayos muy largos y entretreídos; yemas esféricas con pequeñas escamas de 1 mm de largo, de color café claro; lenticelas 0.01 mm de largo, protuberantes, de color blanco y dispersas en el tallo; estípulas lineares de 4 mm de largo, de color café-dorado, pilosas en margen y ápice. Hojas con disposición alterna, en número de 12 a 17, de color verde oscuro-verde claro, la hoja más grande de 4.2-5.8 cm de largo por 1.3-1.5 cm de ancho y la hoja más pequeña 1.7-3.5 cm de largo y 0.8 cm de ancho, lámina de forma elíptica a veces abovada, ápice convexo, base convexa, margen entero ondulado a veces dentado, presentando un diente de un solo lado. Hojas maduras semicoriáceas de haz poco lustroso, de color verde claro u oscuro, con poco indumento formado por tricomas estrellados con cinco rayos muy cortos, dispuestos en la vena principal y el margen. Envés de color verde cenizo, glabro ó con pocos tricomas, estrellados de estípites largos con siete rayos largos y extendidos, dispuestos sobre la vena primaria y venas secundarias, epidermis densamente papilosa y a veces en igual medida ampulosa.

Hojas jóvenes poco coriáceas, con pocos tricomas, dispuestos en la vena principal y algunos más en el margen. Envés de color verde claro con tricomas estipitados, rayos largos y extendidos concentrados en la nervadura primaria, epidermis densamente papilosa y ampulosa. Pecíolos poco pilosos de 3 mm de largo por 0.01 mm de diámetro. Nervaduras impresas 6-6, 4-4 a cada lado. Las hojas más viejas (primeros crecimientos) son de menor tamaño en comparación con las hojas jóvenes. Se da la emergencia de ramillas tanto del tallo como del cuello del mismo. Se presentan tres crecimientos, las hojas persisten en el penúltimo crecimiento, varias hojas con necrosis hasta la mitad de la lámina (Fig. 62).



Fig. 62 Plantas de un año de edad. Se muestra claramente la variedad morfológica de las hojas y el desarrollo de la raíz.

Plantas de diez y nueve meses.

Plantas con raíces axonomórfas y tendiendo a ser fibrosas de 12.5, 28 cm de longitud por 0.37-0.45 cm de diámetro, de color crema a café claro y oscuro o castaño. Tallos estriados, de 26.1-36.5 cm de altura y 0.23-0.25 cm de diámetro, glabro, de color café claro en la parte inferior y verde claro en la parte superior, con abundante indumento formado por tricomas estipitados con siete rayos cortos; lenticelas de 0.01 a 0.05 cm de largo de color blanco y protuberantes, dispuestas desde la base hasta el ápice del tallo; yemas ovoides a esféricas de 0.1-0.16 cm de largo, de color café castaño, protegidas por escamas triangulares no pilosas; estípulas lineares de 1-5 mm de largo, de color café claro-castaño, la mayoría pilosas en margen y ápice. Hojas con disposición alterna, en número de 37 a 137, de textura no coriácea, lamina simétrica, de forma elíptica a veces oblonga de 6.0-3.6-(3.9, 2.6)-1.4, 0.5 cm de longitud y 2.1-1.7-(1.5, 1.2)-0.4-0.2 cm de ancho, ápice convexo a veces redondeado, base convexa a veces redondeada, margen entero liso (hojas viejas), ondulado o ligeramente ondulado (hojas jóvenes), dentado presentando un diente de un solo lado o a veces en ambos lados, mucrones de 0.01 mm de longitud.

Hojas maduras de haz no lustroso de color verde claro-oscuro, tricomas con seis rayos cortos, de color blanco, concentrados en la nervadura principal y margen; epidermis densamente papilosa y ligeramente ampulosa. Hojas jóvenes de color verde claro con abundantes tricomas dispersos sobre todas las nervaduras aunque concentrados en mayor número en la nervadura primaria; envés con indumento formado por tricomas de estípite largo con cuatro a siete rayos largos de color transparente a amarillo claro. Pecíolos pubescentes o poco pilosos de 2 mm de largo por 0.01 mm de diámetro (Fig. 63).

Las evidentes diferencias se presentan en la altura, diámetro, número de hojas y las dimensiones de las mismas, en donde se observa un incremento. Las jóvenes son de mayor tamaño, margen dentado u ondulado, no así en las maduras quienes son más pequeñas, de margen entero liso y con pecíolos cortos. En número de crecimientos a esta edad alcanzan de siete a diez. Emergencia de ramillas las cuales son más pubescentes que el eje principal y con numerosas hojuelas.

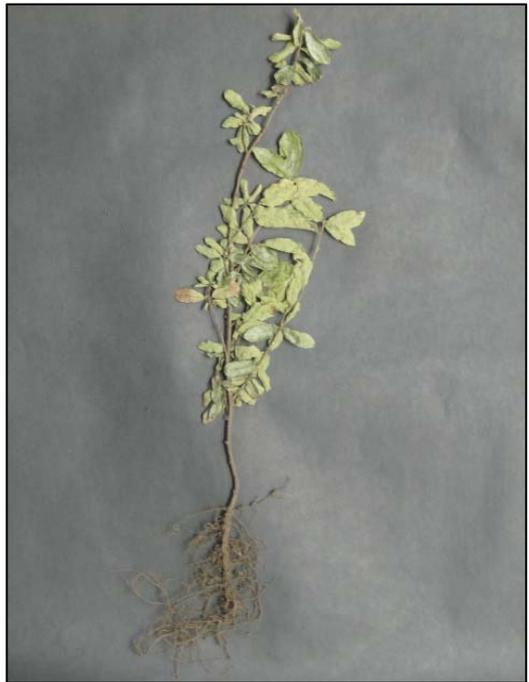


Fig. 63 Plantas de 19 meses de edad, mostrando diferencias en la morfología de hojas y un sistema radicular desarrollado.

Cuadro 18. Comparación de caracteres de la arquitectura foliar en plantas de *Quercus frutex* a diferentes edades.

Caracteres	Tres meses	Seis meses	Nueve meses	Doce meses	Diez y nueve meses	Arbusto de 9 años de edad
Forma de la Lamina	Ovada- Elíptica	Abovada- Elíptica	Oblonga- Elíptica	Abovada	Ovada- Abovada	Oblonga
Angulo de la base	Agudo-Obtuso	Agudo	Obtuso	Agudo	Agudo	Agudo-Obtuso
Angulo del ápice	Agudo	Agudo	Agudo	Agudo- Obtuso	Agudo- Obtuso	Agudo
Forma de la base	Convexa- Redondeado	Convexa	Redondeado	Convexa-Cuneada	Redondeado- Convexa	Convexa-Redondeado
Forma del ápice	Convexo- Redondo	convexo	convexo	convexo	Convexo- redondo	Convexo
Margen	Entero ligeramente Ondulado- Entero Liso	Crenado- Entero ligeramente Ondulado.	Margen Entero Liso	Entero ligeramente Ondulado- Entero Liso	Entero ligeramente Ondulado- Entero Liso	Crenado
Vena primaria pinnada						
Categoría de venación	Broquidódroma	Semicraspedódroma - broquidodroma	Broquidódroma	Broquidódroma	Broquidódroma	Semicraspedódroma
Espacio entre venas secundarias	Uniforme- Irregular	Irregular	Irregular	Irregular	Uniforme- Irregular	Irregular
Angulo de la venación secundaria	Uniforme- abruptamente incrementa hacia la base.	Igualmente decrece hacia la base	Abruptamente incrementa hacia la base.	Igualmente decrece hacia la base	Uniforme- Igualmente decrece hacia la base	Abruptamente incrementa hacia la base.
Venas intersecundarias simples; Venas terciarias y cuartas: Alternas percurrentes; Areólas bien desarrolladas de 4 caras y Vénulas con una ramificación o no presente y entonces es linear.						
Distribución de los tricomas en haz y envés	Sí, las hojas son jóvenes los tricomas se distribuyen de forma uniforme en toda la lámina tanto en haz y envés. Si estas son maduras, se vuelven glabras por lo que los tricomas que aún permanecen en el envés se concentran en la vena principal y en el haz los encontramos en el margen y en algunas ramas secundarias.					

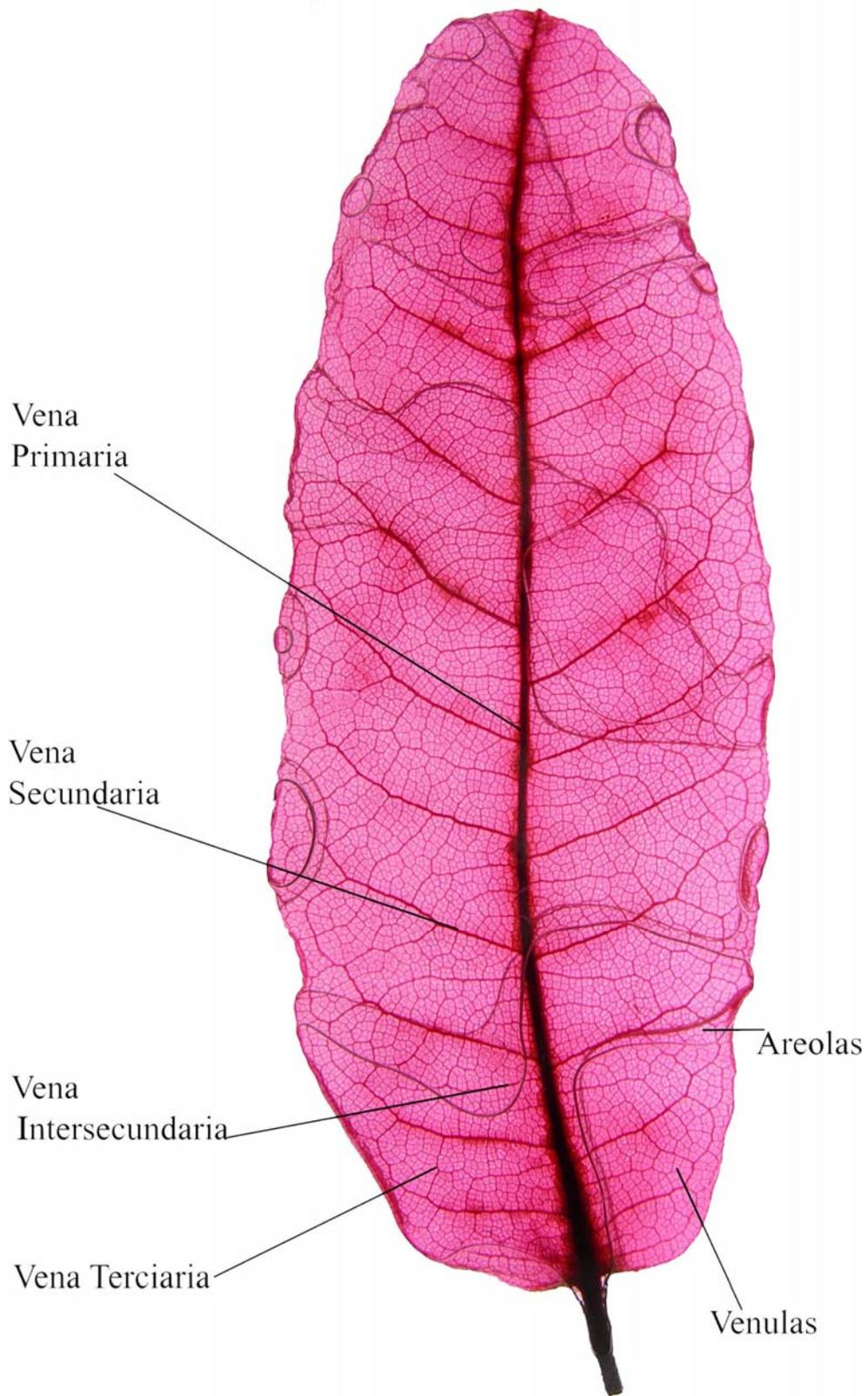
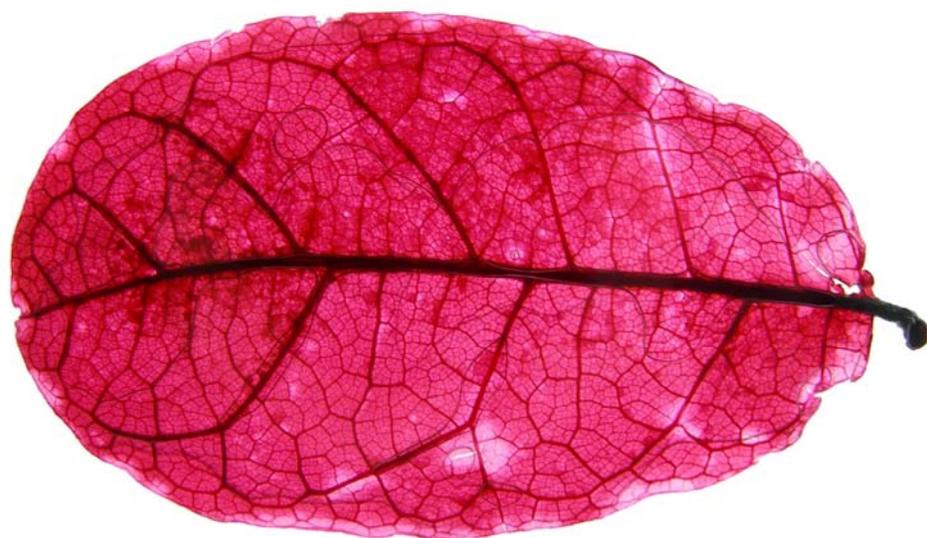


Fig. 64 Caracteres básicos en la arquitectura foliar de plantas de 19 meses de edad.

a)



b)

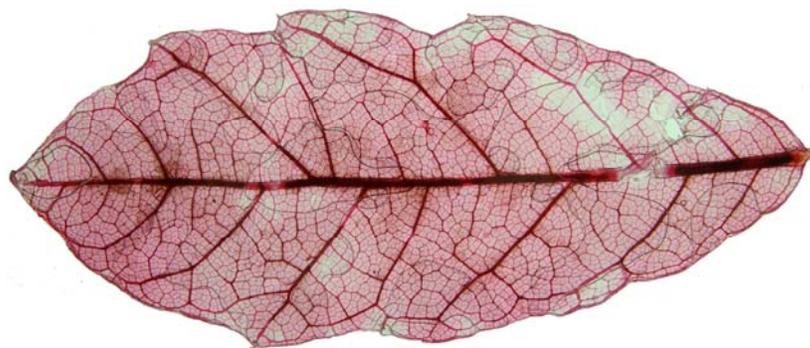
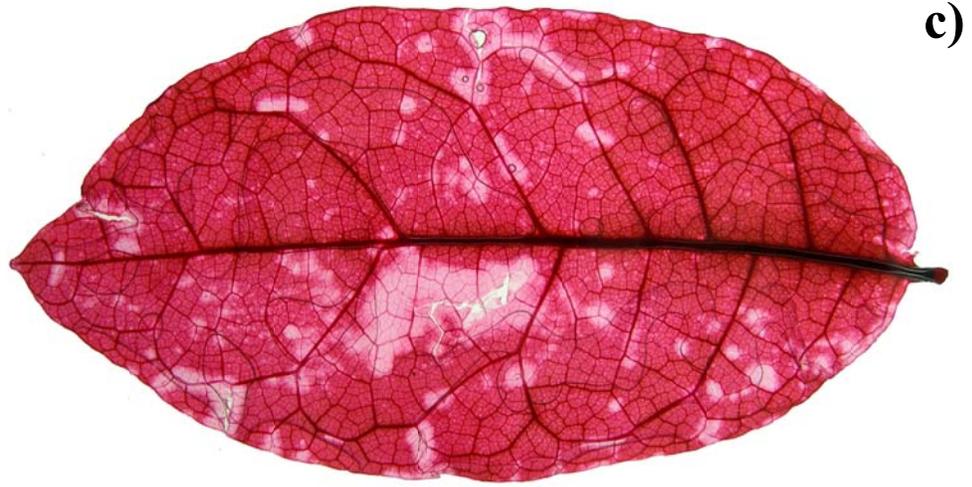
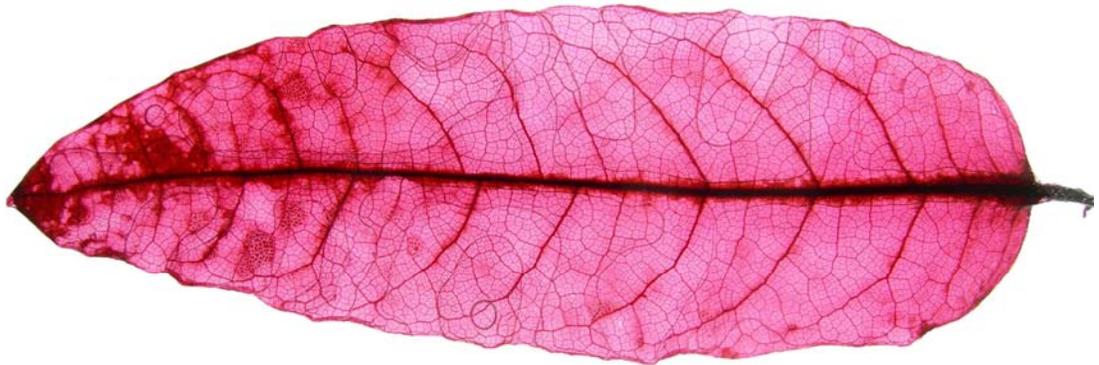


Fig. 65 Muestra de las hojas de plantas de *Q. frutex* a diferentes edades: a) tres meses; b) seis meses.



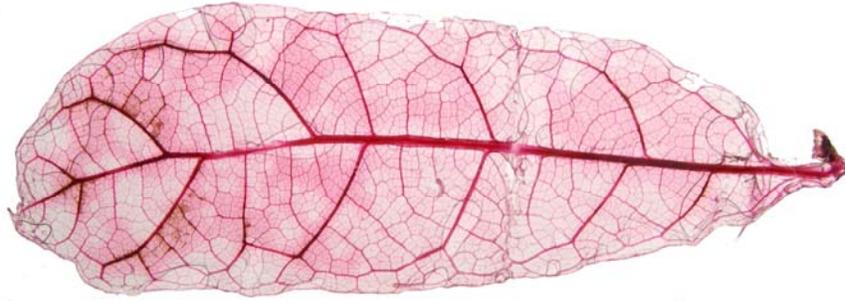
c)



d)

Fig. 65a Muestra de las hojas de plantas de *Q. frutex* a diferentes edades: c) nueve meses; d) 12 meses.

e)



f)

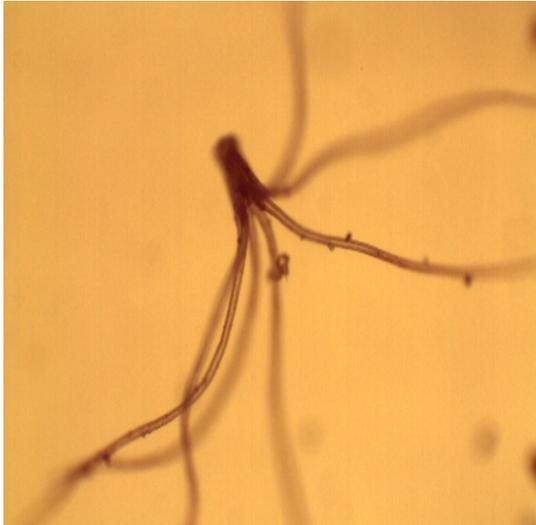


Fig. 65b Muestra de las hojas de plantas de *Q. frutex* a diferentes edades: e) diez y nueve meses y f) Arbusto de aprox. 9 años de edad, perteneciente a una plantación forestal.

Haz

Envés

3 meses

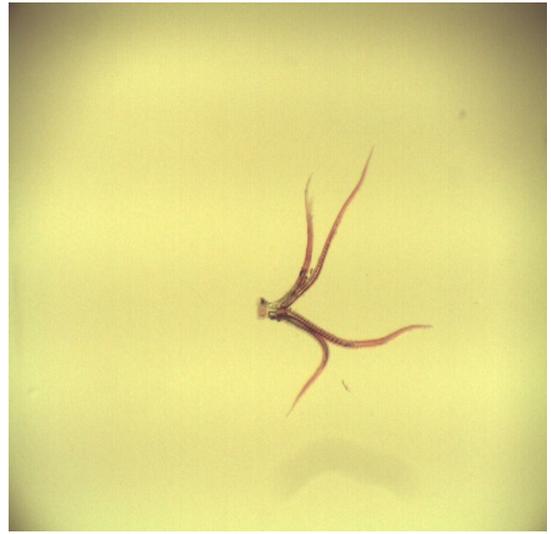


6 meses



Fig. 66 Trichomas del haz y envés en plantas de 3 y 6 meses de edad.

9 meses



12 meses



Fig. 66a Tricomas del haz y envés en plantas de 9, 12 meses de edad.

TALLO

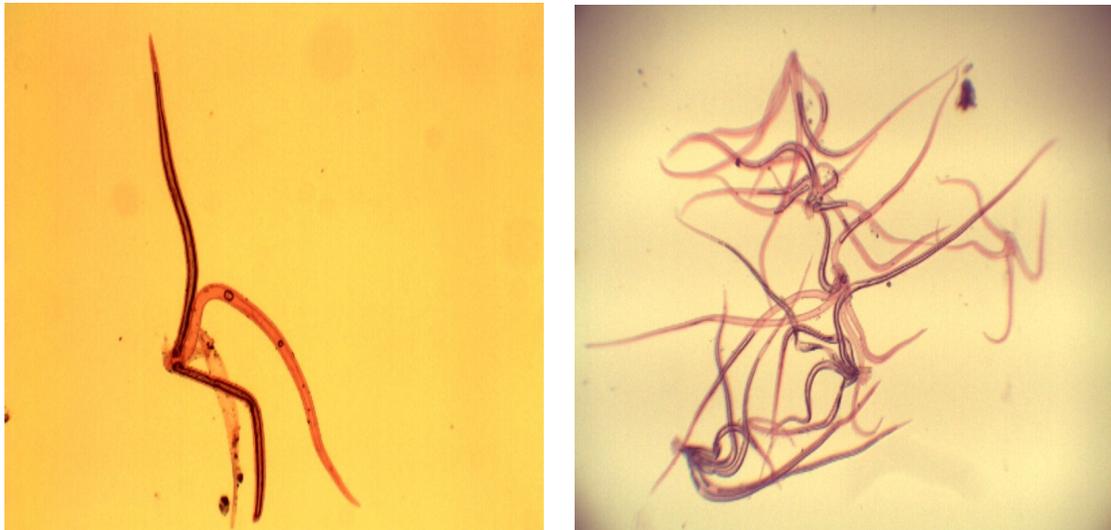


Fig. 66b tricomas de tallo.

La expresión de los caracteres fenotípicos de los organismos no es uniforme, pues varía dentro de ciertos límites. Esta variación permite distinguir los individuos de una localidad. Tal variabilidad se manifiesta entre los individuos de una población, como dentro de una especie. Por ejemplo, en el color, forma y dimensiones de las flores, el número de semillas por fruto, así como el tamaño y forma de las hojas. Las plantas engendradas por un par de progenitores pueden ser casi idénticas entre sí o cada una de ellas diferir con respecto a sus progenitores. Los individuos, de manera semejante a las poblaciones, son sensibles a cambios ambientales, además de ser portadores de su propio genotipo. La conocida peculiaridad de los encinos de ser un grupo taxonómico complejo, debido a su variabilidad y por tanto, difícil para los especialistas de *Quercus*, es la causa principal de diferencias en los criterios sobre la importancia de caracteres taxonómicos en el género (Zavala, 1999). Las descripciones morfológicas que se presentan en este estudio es una contribución original que contribuirá al conocimiento taxonómico de la especie.

Los ejemplares de plántulas de *Q. frutex*, desde los tres meses muestran características muy similares a los ejemplares adultos. En plántulas con tres meses de edad, aún permanecen los cotiledones (Fig. 59); en plántulas de seis meses en adelante se observa en algunas hojas la presencia

de mucrones (Fig. 60). La descripción de las plantas de diferentes edades permitió observar que las variaciones en la morfología sólo se dan en la forma de lámina, la base y el margen, así como en el tamaño de las hojas (Fig. 61, 62 y 63).

Se muestra la variabilidad de formas y tamaños de las hojas (Cuadro 18, Fig. 65, 65a y 65b), en los arbustos del Parque Xochitla se presentan márgenes crenados con mucrones. La arquitectura foliar es una herramienta útil para demostrar que existe variación discreta útil para la distinción de algunas especies, como lo es el indumento (Romero, 2000 en Martínez *et al.*, 2003) y que en el caso de *Q. frutex* se ha reportado que a partir del tipo de tricomas encontrados en el envés, se marco la diferencia con *Q. microphylla*, encino arbustivo con quien comúnmente era confundido, así se aclaro que en el estado de México solo hay presencia de *Q. frutex* y no de *Q. microphylla* como se tenía reportado. Los individuos en su medio natural conservan gran cantidad de tricomas en todas sus estructuras a diferencia de las plantas propagadas en vivero, en donde las hojas maduras son casi glabras. Seguramente esto es una manifestación de que desarrollan expresiones fenotípicas adaptativas a las condiciones locales de su área de distribución (Suárez, 1998 en Rubio, 2006).

El envés de las hojas maduras de los ejemplares de vivero muestran tricomas en las axilas de las nervaduras o bien son glabras; en cambio, las hojas jóvenes de vivero y campo tienen indumento más denso y distribuido más ampliamente (Fig. 66, 66a y 66b). Los tricomas foliares presentan un alto valor taxonómico en algunos grupos de plantas; en los encinos han probado ser un carácter diagnóstico útil en la caracterización de especies, tanto en aspecto y cantidad, como en tipo y persistencia, ya que se ha visto su constancia en la mayoría de las especies (Muller, 1942, en Valencia y Delgado, 2003). Según su función, se han reconocido tres grupos: como adaptaciones al medio físico, como mecanismo de defensa físico-químico contra patógenos o depredadores y como parte del control fisiológico en el intercambio de productos entre la planta y el ambiente (Rendón, *et al.*, 2006). El análisis de la cantidad y tipos de tricomas, resulta valioso en la caracterización de las especies del género *Quercus*, aun cuando en algunos casos sólo se han analizado al microscopio de luz. En el envés de las hojas los tricomas encontrados son de tipo fasciculado estipitado, lo cual ayuda a diferenciar a *Q. frutex* de *Q. microphylla*, con quien es comúnmente confundido, se diferencian por que el segundo los presenta sésiles.

COMPORTAMIENTO FENOLÓGICO DE *Q. frutex*.

En la localidad "Las Cañadas" y "Santa Catarina"

Cuadro 19. Fenología de *Q. frutex* en condiciones naturales.

	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.
Hojas 	●	●	●	●	☺	☺	☺	☺	☺	☺	●	●
Flor 	●	☺	☺	☺	☺	☺	☺	☺	☺	☺	●	●
Fruto 	●	●	●	☺	☺	☺	☺	☺	☺	☺	☺	●
Caída-emergencia de hojas 	☺	☺	●	☺	●	●	●	☺	☺	●	☺	☺

Presencia: ☺ Ausencia: ●

Frutos Inmaduros: ☺

Frutos maduros: ☺

Segunda temporada de Floración y fructificación: ☺

Localidad "Parque Xochitla"

Cuadro 20. Fenología de los arbustos adultos en suelo en el "Parque Xochitla".

	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.
Hojas 	●	●	●	●	☺	☺	☺	☺	☺	☺	●	●
Floración 	●	☺	☺	☺	☺	☺	☺	☺	☺	☺	●	●
Fruto 	●	●	●	●	☺	☺	☺	☺	☺	☺	☺	●
Caída-emergencia de hojas 	☺	☺	●	☺	●	●	●	☺	☺	●	☺	☺
Rebrote 	●	☺	●	☺	●	●	●	☺	☺	☺	●	●
Tallos 	●	●	●	☺	●	●	●	☺	●	●	●	●

Presencia: ☺ Ausencia: ●

Frutos Inmaduros: ☺

Frutos maduros: ☺ Segunda temporada de Floración y fructificación: ☺

Se observaron dos períodos de floración, el primero de febrero a mayo, aunque algunas flores emergen aún en junio cuando hay frutos maduros y algunas más se forman en julio. El segundo periodo de floración inicia en septiembre y se prolonga hasta principios de octubre.

Los periodos de fructificación son más cortos, la maduración abarca desde julio hasta septiembre, no todos maduran al mismo tiempo, pudiéndose recolectar algunos frutos maduros a mediados de julio; en agosto se da la máxima producción y en septiembre disminuye. El segundo periodo se da en octubre y noviembre, en este último se da el mayor porcentaje de aborción (Cuadro. 19 y 20). El conocer la fenología de las especie contribuye a una buena recolección con fines de propagación.

En condiciones de vivero, Facultad de Estudios Superiores Iztacala.

Cuadro. 21 Fenología de las plantas en condiciones de vivero (FES-I)

	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.
Hojas nuevas 	●	☺	☺	☺	☺	☺	☺	☺	☺	●	●	●
Hojas caedizas 	☺	●	●	●	●	☺	●	☺	☺	☺	☺	☺
Rebrotos y ramas	●	●		☺	☺	☺	☺	●	●	☺	●	●
Hojas verdes 	☺	☺	☺	☺	☺	☺	☺	☺	☺	☺	☺	☺
Emergencia de otros tallos 	●	☺	☺	☺	☺	●	●	●	●	●	●	●

Presencia: ☺ Ausencia: ●

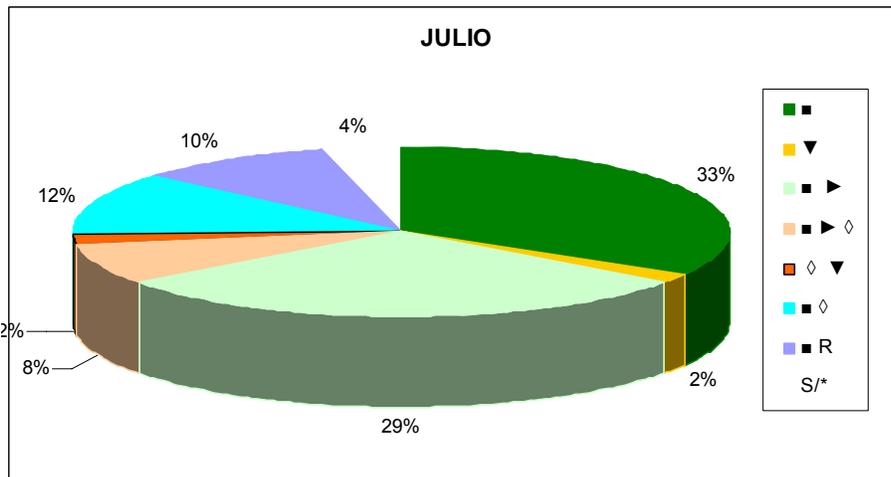
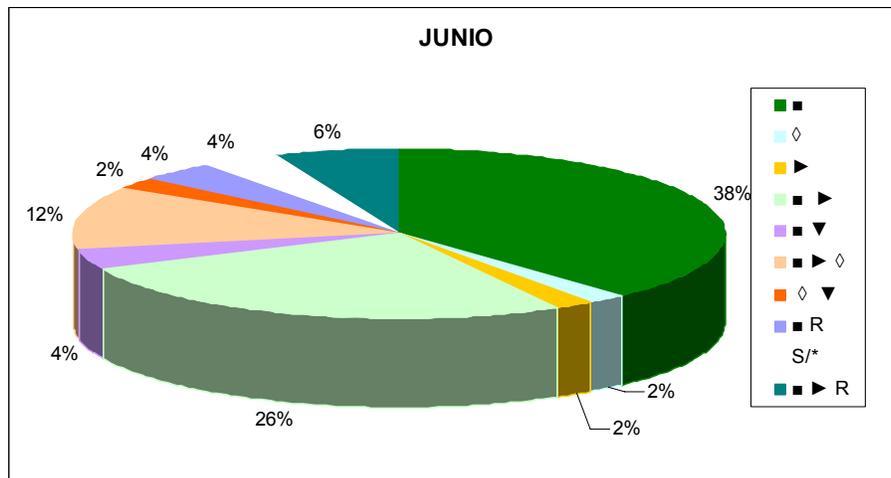
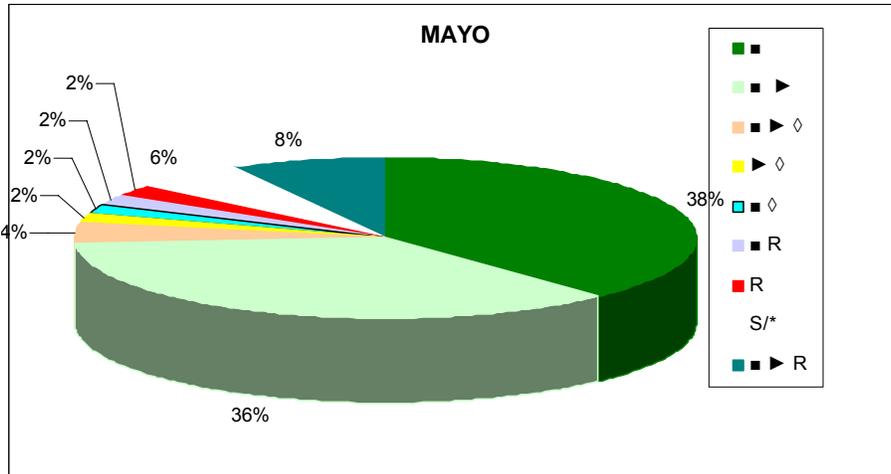


Fig. 67a Muestra los eventos fenológicos de las plantas en condiciones de vivero observados a través de los meses indicados respectivamente.

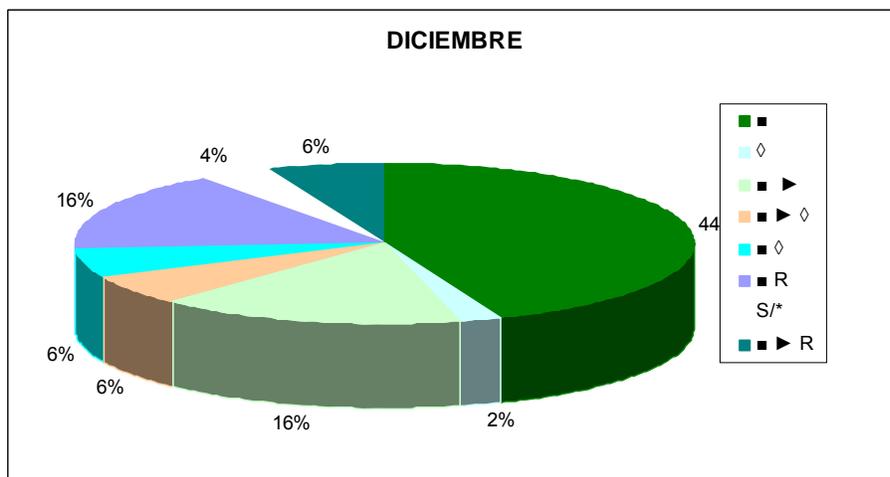
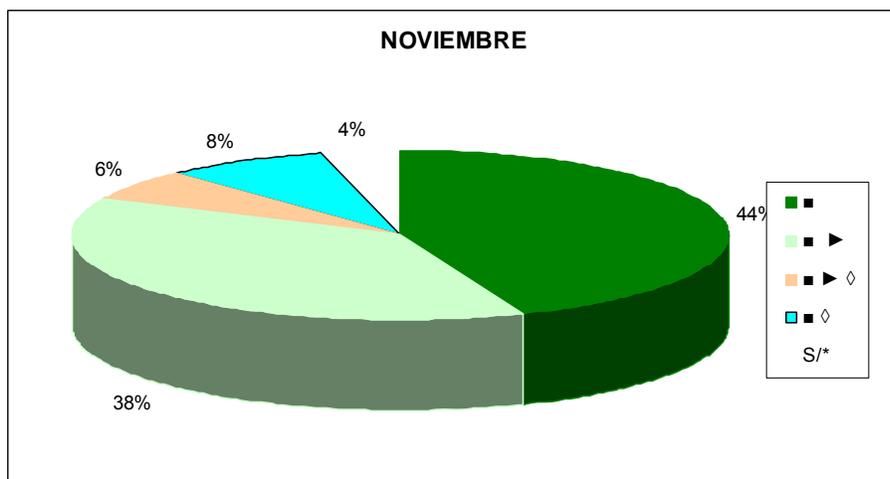
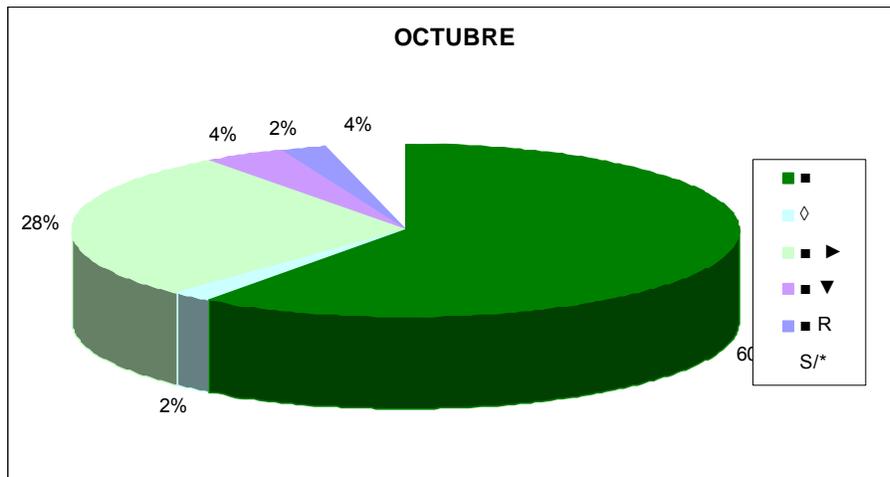
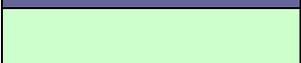
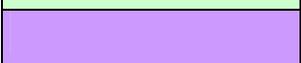
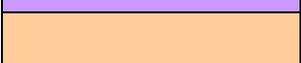
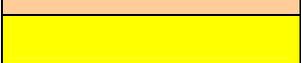
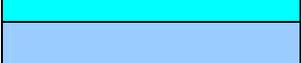
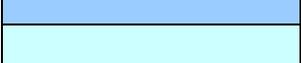


Fig. 67b Muestra los eventos fenológicos de las plantas en condiciones de vivero observados a través de los meses indicados respectivamente.

Cuadro.22 Muestra los marcadores de colores, los símbolos y las combinaciones de estos, dados para cada uno de los gráficos y su respectivo significado.

Marcadores	Símbolos	Significado
	■	hojas verdes
	▶	necrosis apical y/o margina
	▼	hojas secas
	■ ▶	
	■ ▼	
	■ ▶ ◇	
	▶ ◇	
	▶ R	
	■ ◇	
	■ R	
	◇	hojas nuevas
	◇ ▼	
	R	rebotes
	S / *	planta sin hojas y / o seca
	■ ▶ R	

En condiciones de vivero las plantas de *Quercus frutex* mantienen durante casi todo el año un buen porcentaje de hojas verdes, de 38% hasta un 60% alcanzado en el mes de octubre; el único mes que presentó un alto porcentaje de plantas sin hojas fue el mes de abril. En todos los meses hubo un porcentaje oscilante entre 22% y 16% de plantas que presentaban tanto hojas verdes como hojas secas. A partir del mes de marzo hay aparición de hojas nuevas y rebotes, porcentaje que se incrementa en el mes de diciembre (Fig. 67, 67a y 67b).

CONCLUSIONES

Es importante reconocer que es necesario seguir investigando sobre los caracteres ecológicos de las especies vegetales, y en particular del género *Quercus*. Sabemos que tanto encinos arbóreos como arbustivos no tienen un manejo adecuado.

La importancia de los encinares arbustivos resalta a simple vista: dentro de él se encuentra un número importante de herbáceas y arbustivas, no faltando otras especies arbóreas; provee de alimento y albergue a la fauna y sobre todo evita la compactación y pérdida de suelo por erosión, por lo que puede ser considerada como una especie candidata para restauración de suelos.

Quercus frutex emite rebrotes a partir de la base del tallo ó de la raíz de manera continua después de la muerte de las partes aéreas, mostrando gran capacidad de regeneración, corroborando que el fuego es uno de los factores de disturbio más relacionado con la estrategia de reproducción vegetativa de *Q. frutex*, y que es escasa la producción de frutos en las comunidades donde la reproducción vegetativa es más intensa.

Los rebrotes son maduros sexualmente en corto tiempo, es decir no necesitan alcanzar alturas ni diámetros promedio para ser fructíferos, pues se encuentran plantas de 35 cm de altura con un diámetro de menos de un centímetro que ya producen frutos que alcanzan la madures, puesto que emergen a partir de individuos adultos heredando la carga genética de estos.

La flora acompañante de los manchones arbustivos de *Q. frutex* en las localidades estudiadas es rica y diversificada. Las familias mejor representadas en número de especies son: Asteraceae, Fabaceae y Lamiaceae.

El suelo dentro de los manchones muestra una alta fertilidad. Lo anterior en base a que los valores de las propiedades físicas y químicas arrojaron resultados favorables para el desarrollo de plantas.

Se encontró que *Q. frutex* es capaz de producir frutos, aproximadamente a los nueve años de edad.

Durante los meses de junio a agosto se obtuvo la mayor producción de frutos y el porcentaje más alto de maduración; por lo que es importante que en los años que haya una alta producción se colecte el mayor número posible de bellotas para su propagación.

Se encontró que hay variabilidad en el peso de los frutos, tanto en las localidades como en diferentes años. Los pesos mayores se registraron en los frutos colectados en el 2004 en Las Cañadas, Tepetzotlán y Santa Catarina, Villa el Carbón, contrario a los siguientes años (2005 y 2006), en donde se registraron los pesos más bajos.

Se encontró una Capacidad Germinativa alta en las semillas provenientes de las diferentes localidades y años (Xochitla 2005 y 2006, Las Cañadas-2006), alcanza 98.8%, porcentaje obtenido al tercer día del establecimiento. Se obtuvo un Tiempo Medio de Germinación (TMG) de un día; el valor germinativo indica una buena calidad de germinación. En general los índices de germinación muestran que las semillas son de buena calidad, lo que hace a *Q. frutex* una especie candidata a propagación en vivero.

El porcentaje de germinación para los frutos almacenados por un mes fue de 87.5% y disminuye a los tres meses de almacenamiento, obteniéndose sólo 21%, por lo que es corto el tiempo que las semillas se mantienen viables.

El crecimiento de la raíz es bueno, en plantas de todas las procedencias, a los 15 días, las raíces alcanzaron 14 cm, mostrando la emergencia de raíces secundarias.

En las plantas monitoreadas, el tallo no muestra un crecimiento notable en su diámetro, por lo que seguramente, los nutrientes se utilizan en la elongación del tallo y en la producción de hojas y ramas. Así, la altura del tallo, el número de hojas y la cobertura se incrementan conforme avanza el tiempo.

La evaluación de los *Q. frutex* maduros no presentaron grandes variaciones en sus tallas en el transcurso del tiempo, los incrementos más notables se dan antes de los periodos de floración y en menor proporción a lo largo de la temporada de lluvias.

En plantas adultas, a diferencia de las muy jóvenes, se encontró que hay una correlación entre el diámetro, la altura y la cobertura.

Los ejemplares de plántulas de *Q. frutex*, desde los tres meses muestran características muy similares a los ejemplares adultos. En la descripción de plantas de diferentes edades se observó que las variaciones en la morfología sólo se dan en la forma de lámina, base, margen y tamaño de las hojas.

Se observaron dos periodos de floración y fructificación.

Finalmente la posibilidad de restaurar los terrenos degradados utilizando especies nativas en tiempos relativamente cortos requiere de conocimientos biológicos, ecológicos y de manejo de las

especies. Por lo cual el presente trabajo trata de mostrar los elementos básicos que se deben conocer de una especie y que ayudan a seleccionar de forma conveniente las especies adecuadas para el desarrollo de una vegetación protectora que permita conservar e incrementar la fertilidad del suelo.

L I T E R A T U R A C I T A D A

- Ash, A., Ellis, B., Hickey, J. L., Kirk J., Wolf, P. y Wing, S. 1999. Manual of Leaf Architecture. Morphological description and categorization of dicotyledonous and net-veined monocotyledonous angiosperms. *Leaf Architecture Working Group*. N. Washington. EE. U. 65 pp.
- Bear, F. E. 1969. Los suelos en relación con el crecimiento de los cultivos. Ediciones Omega. Barcelona. España. p. 62-75.
- Bello, G. M. y Labat, J. N. 1987. Los encinos (*Quercus*) del Estado de Michoacán, México. *Cuaderno de Estudios Michoacanos I*, SARH-CEMCA. México. 98 pp.
- Bohn, L. H., McNeal, L. B. y Oconnor, A. G. 1993. Química del Suelo. Edit. Limusa, S.A de C.V. México, D.F. p. 155 -171.
- Bonfil, C. 1998. The effects of seed size, cotyledon reserves, and herbivory on seedling survival and growth in *Quercus rugosa* and *Q. laurina* (Fagaceae). *American Journal of Botany*. 85(1): 79-87.
- Camacho, M. F. y Morales, V. G. 1992. Métodos para el análisis del efecto de tratamientos sobre la germinación. In Memoria de Reunión Científica. Forestal y agropecuaria. Centro de Investigación de la Región Centro. Campo Experimental Coyoacán. p. 282-290.
- Camacho, M. F. 1994. Dormición de semillas; causas y tratamientos. Ed. Trillas. México. 125 pp.
- Cuevas, R. R. A. 1994. Planeación de la recolección. Cenid-Comef. 1994. Semillas forestales. No. 2. INIFAP. México. p. 81-84.
- Cronquist, A. 1981. An integrated system of classification of flowering plants. Columbia University Press. New York. 1262 pp.
- Donahue, R. L., Millar, W. R. y Shickluna, C. J. 1981. Introducción a los suelos y al Crecimiento de las plantas. Edit. Prentice / Hall Internacional. Madrid España. p. 58-63.
- Encina, D. J. A. y Villarreal, Q. J. A. 2002. Distribución y Aspectos Ecológicos del Género *Quercus* (Fagaceae), en el Estado de Coahuila, México. *Polibotánica*. 13:1-23.
- Flores, M. S., Flores, M. I., Romero, R. S., Rojas, Z. C. y Rubio, L. L. 2006. Análisis cariológico de ocho especies de encinos (*Quercus*, Fagaceae) en México. *Anales del Jardín Botánico de Madrid*. Vol. 63(2): 245-250.

- García, S. F., Aguirre, R. J., Villanueva D. J., y García, P. J. 1999. Contribución al Conocimiento Florístico de la Sierra de Álvarez, San Luis Potosí, México. *Polibotánica*. 10:73-103.
- Godínez, Á. H. y Flores, M. A. 1999. Germinación de Semillas de 32 Especies de Plantas de la Costa de Guerrero: Su Utilidad para la Restauración Ecológica. *Polibotánica*. 11:1-19.
- González, K. V. 1994. Métodos De Recolección. Cenid-Comef. 1994. Semillas forestales. No. 2. INIFAP. México. p. 85-92.
- González, Q. L. 1968. Tipos de Vegetación del Valle de Mezquital, Hgo. Dept. Prehist. Inst. Nacional. Antr. Hist México, D.F. 53 pp.
- González, Z. L. y Orozco, S. A. 1996. Métodos de Análisis de Datos en la Germinación de Semillas, Un Ejemplo: *Manfreda brachystachya*. *Boletín de la Sociedad Botánica de México*. Núm. 58.
- Grant, V. 1989. Especiación Vegetal. Noriega eds. México. 587 pp.
- Hartmann, H. y Kester. D. 1988. Propagación de Plantas. México. D.F. Edit. Continental, S. A. de C. V. 760 pp.
- Jordano, P., Zamora, R., Marañón, T. y Arroyo, J. 2000. Claves Ecológicas para la Restauración del Bosque Mediterráneo. Aspectos Demográficos, Ecofisiológicos y Genéticos. *Ecosistemas*. Año X (1).
- Magnitskiy, S. V. y Plaza, G. A. 2007. Physiology of recalcitrant seeds of tropical trees. *Agronomía Colombiana*. 25 (1): 96-103.
- Marañón, T., Villar, R., Quero, J. L. y Pérez, R. I. M. 2005. Análisis del Crecimiento de Plántulas de *Quercus suber* y *Q. canariensis*: Experimentos de Campo y de Invernadero. *Cuad. Soc. Esp. Cienc. For.* Actas de la I Reunión sobre Ecología, Ecofisiología y Suelos Forestales. 20:87-92.
- Martínez, C. D., Terrazas, T. y Zavala, C. F. 2003. Arquitectura Foliar y Anatomía de la Corteza y la Madera de *Quercus sartorii* y *Q. xalapensis* (Fagaceae). *Boletín de la Sociedad Botánica de México*, A.C. 63-72 pp.
- Martínez, P. G., Orozco, S. A. y Martorell, C. 2006. Efectividad de Algunos Tratamientos Pre-Germinativos para Ocho Especies Leñosas de la Mixteca Alta Oaxaqueña con Características Relevantes para la Restauración. *Boletín de la Sociedad Botánica de México*. Num. 079: 9-20.
- Medina, L. J. G. y Tejero, D. J. D. 2006. Flora y Vegetación del Parque Estatal Atizapán-Valle Escondido, Estado de México, México. *Polibotánica*. Instituto Politécnico Nacional. 021: 1-43.
- Mittermeier, R. A. y Goettsch, M. C. 1995. La importancia de la diversidad biológica en México. Medio Ambiente. *Biodiversidad*. Año VII No. 52: 36.

- Miranda, F. y Hernández, X. E. 1963. Los tipos de vegetación de México y su clasificación. *Bol. Soc. Bot. Méx.* 28: 29-179.
- Muñoz, I. D. J., Mendoza, C. A., López, G. F., Soler, A. y Hernández, M. M. M. 2000. Edafología. Manual de Métodos de Análisis de Suelo. Universidad Nacional Autónoma de México Campus Iztacala. 82 pp.
- Neri, V. G. 1995. Tepetzotlán, La crónica de mi pueblo, testimonio de la historia. H. Ayuntamiento Constitucional de Tepetzotlán, Edo. de México, INEGI.
- Nixon, K. 1993. The genus *Quercus* in México. In: Ramamoorthy, T. P., R. Bye, A. Lot y J. Fa. Biological Diversity of México: origins and distribution. Oxford University Press.
- Ocaña, B. L., Domínguez, L. S., Carrasco, M. I., Peñuelas, R. J. L. y Herrero, S. N. 1997. Influencia del Tamaño de la Semilla y Diferentes Dosis de Fertilización sobre el Crecimiento y Supervivencia en Campo de Cuatro Especies Forestales. Actas del II Congreso Forestal Español. Pamplona. Mesa 3: 461-466.
- Olave, R. y McAdam J. 2004. Efecto Sobre la Altura, Diámetro, Forma y Floración de Plantas de Encino (*Quercus robur* y Lenga (*Nothofagus pumilio*) Producidas a Través del Método de Producción de Raíces (RPM®). *Simiente*. 74 (1-2): 34-42.
- Orozco, S. A., Batis, A., Rojas, A. M. y Mendoza, A. 2003. Seed biology of palms. Review. *Palms*. 47: 79-94.
- Ortega, T. E. 1981. Química de Suelos. Universidad Autónoma de Chapingo. México. p 208-238.
- Peña, R. V. y Bonfil, C. 2003. Efecto del Fuego en la Estructura Poblacional y la Regeneración de dos Especies de Encinos (*Quercus liebmanii* Oerst y *Quercus magnoliifolia* Née) en la Región de la Montaña (Guerrero), México. *Bol. Soc. Bot. Méx.* 72: 5-20.
- Pérez, E., Ceballos, G. G. y Calvo, I. L. M. 2005. Germinación y Supervivencia de semillas de *Thrinax radiata* (Arecaceae), una Especie Amenazada en la Península de Yucatán. *Boletín de la Sociedad Botánica de México*, diciembre, Núm. 077: 9-20.
- Pérez, O. C., Dávalos, S. R. y Guerrero, C. E. 2000. Aprovechamiento de al Madera de Encino en México. *Maderas y Bosques*. 6(1): 3-13.
- Pérez, O. C., Vélez, J. S. y Ceja, R. J. 2006. Anatomía de la Madera de Ocho Especies de *Quercus* (Fagaceae) de Oaxaca, México (Parte A). *Madera y Bosques*. Instituto de Ecología. A. C. 12 (1): 63-94.

- Porta, C. J., López, A. R. M. y Roquero de L. C. 1994. Edafología Para la agricultura y el medio ambiente. Ediciones Mundi prensa. Madrid España. p.799.
- Ramírez, L. F. B. y Gómez, C. A. G. 1982. Nota sobre Algunas Características de Frutos de *Quercus illex* L. *Arch. Zootec.* 31(120): 187.
- Raunkiaer, C. 1934. The life forms of plants and statistical plant geography. Clarendon Press. Oxford. 632 pp.
- Rendón, C. N., Ishiki, I. M., Terrazas T. y Nieto, L. M. G. 2006. Indumento y tricomas en la caracterización de un grupo de nueve especies del género *Mortonioidendron* (Tiliaceae). *Revista Mexicana de Biodiversidad.* 77: 169-176.
- Rodríguez, E. V., García, M. A., Mata, M. C., Perea, M. J. M. y Gómez, C. A. G. 2008. Fundamento de los Procedimientos para la Estimación de la Producción de Bellota en la Dehesa. *Arch. Zootec.* 57(R): 29-38.
- Rodríguez, E. V., García, M. A., Mata, M. C., Perea, M. J. M. y Gómez, C. A. G. 2008. Dimensiones y Características Nutritivas de las Bellotas de los *Quercus* de la Dehesa. *Arch. Zootec.* 57(R): 1-12.
- Rodríguez, R. S. 2003. Arquitectura Foliar de Diez Especies de Encino (*Quercus*, Fagaceae) de México. Tesis Licenciatura. FES- Iztacala UNAM, México. 31pp.
- Rodríguez, R. S. y Romero, R. S. 2007. Arquitectura Foliar de Diez Especies de Encino (*Quercus*, Fagaceae) de México. *Acta Botánica Mexicana.* 081: 9-34
- Romero, R. S., Rojas, Z. C. y Aguilar, E. M. L. 2002. El género *Quercus* (Fagaceae) en el Estado de México. *Annals. Missouri Botanical Garden.* 89: 551-593.
- Rubio, L. L. E. 2006. Estudio Ecológico de *Quercus crassifolia* Humb. & Bonpl y *Quercus candicans* Neé (Fagaceae) en Bosques de Encino del Estado de México. Tesis Lic. Biol. FES-Iztacala, UNAM. 123 pp.
- Rzedowski, J., Guzmán, G., Hernández, A. y Muñoz, C. R. 1964. Cartografía de la vegetación de la parte norte del valle de México. *An. Esc. Nat. Cienc. Biol. México.* 13:31-57.
- Rzedowski, J. 1988. Vegetación de México. Ed. Limusa, México. 432 pp.
- Rzedowski, G. C. y Rzedowski, J. 2001. Flora fanerogámica del Valle de México. 2ª. Ed., 1ª. Reimp., Instituto de Ecología, A.C. y Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Pátzcuaro Mich. 1406 pp.
- Salisbury, F. B. y Ross, C. W. 1992. Fisiología vegetal. Grupo Editorial Interamericano, México.

- Sampat, A. G. 1991. Física de los Suelos Principios y Aplicaciones. Edit. Limusa. p. 77-105.
- Soberón, M. G. y Sarukhan, K. J. 1994. La Biodiversidad de México. *Boletín de la ARIFF*. 1: 10 -11.
- Sullivan, N. H. 2001. An algorithm for a landscape level model of mast production. Columbia, MO: University of Missouri. 293pp. Consultado en: http://www.srn.missouri.edu/sullivan/dis_direct.html.
- Toledo, V. M. 1988. La diversidad biológica de México. *Ciencia y Desarrollo*. No. 81: 17-30.
- Valencia, Á. S. y Delgado, S. A. 2003. Los Tricomas Foliare en la Caracterización de un Grupo de Especies del Género *Quercus*, sección Lobatae (Fagaceae). Anales del Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, *Serie Botánica*. 74(1): 5-15.
- Vázquez, P. F. M. 1998. Semillas del Género *Quercus* L. (Biología, Ecología y Manejo) (De especial interés para la Península Ibérica). Servicio de Investigación y Desarrollo Tecnológico. Consejería de Agricultura y Comercio. Junta de Extremadura Badajoz. España. 236 pp.
- Vázquez, V. 1992. El género *Quercus* (Fagaceae) en el estado de Puebla, México. Tesis Licenciatura ENEP Zaragoza. UNAM México. p. 1-17
- Vázquez, F., Doncel, E. y Ramos, S. 2001. Variaciones de calidad en la bellota. *Sólo Cerdo Ibérico*. 6: 75-80.
- Wooding, R. G. 1967. Los suelos. Edit. Omega. Barcelona España. p. 82-85.
- Zavala, C. F. 1990. Los Encinos Mexicanos: Un Recurso Desaprovechado. *Ciencia y Desarrollo*. 16 (95): 43-51.
- __1995. Encinos Hidalguenses. Universidad Autónoma de Chapingo, México. 129 pp.
- __1995. Encinos y Robles. Notas Fitogeográficas. Universidad Autónoma Chapingo. México. 44 pp.
- __1999. Variabilidad y Riqueza de los Encinos de México. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente*. 5(2): 113-121.
- __2000. El Fuego y la Presencia de Encinos. *Ciencia Ergo Sum*. 7(3): 269-276.
- __2001. Introducción a la Ecología de la Regeneración Natural de Encinos. Universidad Autónoma de Chapingo. México. 81pp.
- __2004. Desecación de bellotas y su relación con la viabilidad y germinación en nueve especies de encinos mexicanos. *Ciencia Ergo Sum*. 11(002): 177-185.
- Zavala, C. F. y García, M. E. 1996. Frutos y semillas de encinos. Universidad Autónoma de Chapingo. México 47 pp.

Zavala, C. F. y García, M. E. 1997. Plántulas y Rebotes en la Regeneración de Encinos en la Sierra de Pachuca, Hidalgo. *Agrociencia*. 31 (3): 323-329.