EL FUTURO DE LA DIMENSIÓN AMBIENTAL EN MÉXICO COMO ORIENTACIÓN ESTRATÉGICA DE LA INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA

Georgel Moctezuma López[1], José Antonio Espinosa García[2], Alfredo Cruz Tapia Naranjo[3] y Mario Alberto Guerrero González[4]

RESUMEN

Uno de los temas abordados en el proyecto latinoamericano *Quo Vadis* es la sostenibilidad, bajo la premisa de que en los años recientes, la presión de la sociedad a favor de un ambiente saludable ha creado nuevos desafíos para las actividades agropecuarias y forestales y, consecuentemente, para la investigación, con el reto de hacer una agricultura competitiva, capaz de aportar productos de buena calidad y a precios accesibles para los consumidores, sin dañar a los ecosistemas. Se revisaron temas afines en un escenario futuro de tipo tendencial, considerando que las condiciones económicas, políticas, sociales y tecnológicas actuales prevalecerán. Se analizó la importancia, el dominio actual y la necesidad de conocimientos para el desarrollo de la sostenibilidad ambiental como objetivo de la innovación institucional de los organismos dedicados a la investigación forestal, agrícola y pecuaria. Los resultados del presente trabajo se obtuvieron de las respuestas de 58 expertos pertenecientes a 22 instituciones educativas, financiadoras, de investigación, dependencias gubernamentales y empresas privadas, al cuestionario integrado por 36 preguntas que abarcaban 13 temas; algunas de ellas no lograron consenso, por lo cual se requiere mayor análisis, valoración y discusión. Los tópicos en los que se determinó que se requiere atender en el futuro fueron: "Explotación económica sostenible de la biodiversidad" y "Conocimiento tradicional sobre la biodiversidad".

Palabras clave: Dimensión ambiental, investigación agropecuaria, investigación forestal, sector público, sostenibilidad, vulnerabilidad.

Fecha de recepción: 16 de enero de 2007.
Fecha de aceptación: 27 de octubre de 2008.

[1] Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Conservación y Mejoramiento de Ecosistemas Forestales (CENID-COMEF), INIFAP. Correo-e: moctezuma.georgel@inifap.gob.mx
[2] Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Fisiología Animal, INIFAP.
[3] Dirección de Coordinación y Vinculación del Estado de Hidalgo. Centro de Investigación Regional Centro, INIFAP.
[4] Coordinación de Planeación y Desarrollo. Oficinas Centrales. INIFAP.

ABSTRACT

Sustainability was one of the topics considered in the Latin American *Quo Vadis* project, based upon the premise that, in recent years, the pressure of society to attain a healthy environment has created new challenges for agriculture, cattle production and forest activities, and thus, for research. The challenge in this new condition is to achieve a competitive agriculture, and generate good quality products at accessible prices for consumers, without harming the ecosystems. Similar themes were reviewed in a future scenario of tendency type, considering the economic, political, social and technological conditions. The importance, present status and the need for knowledge to achieve environmental sustainability as an objective for institutional innovation in the agencies focused on agriculture, cattle production and forest research were analyzed. The results of this project were obtained from 58 experts that belong to 22 educational, financial, research and governmental institutions, as well as private enterprises. The survey was conformed by 36 questions that refer to 13 topics; however, some of them were not consensed and they need a broader analysis, assessment and discussions. It was determined that the topics which will need future attention are: "Sustainable economic exploitation of biodiversity" and "Traditional knowledge of biodiversity".

Keywords: Environmental dimension, agriculture and livestock scientific research, forestry research, public sector, sustainability, vulnerability.

INTRODUCCIÓN

En el proyecto *Quo Vadis*: El Futuro de la Investigación Agrícola y la Innovación Institucional en América Latina y El Caribe participaron equipos multidisciplinarios integrados por especialistas de los instituciones y organismos dedicados a la investigación agropecuaria y forestal de: Brasil, Cuba, México, Panamá, Perú y Venezuela. El objetivo del proyecto fue identificar y evaluar las variables relevantes, del contexto internacional y del sistema agroalimentario mundial, que impactan el desempeño actual y futuro (2015) de las organizaciones de investigación agropecuaria y forestal de México, para proponer estrategias generales en apoyo a la sostenibilidad ambiental (Saldaña *et al.*, 2006).

Un tema emergente para todas las organizaciones en la especialidad indicada es, precisamente, la sostenibilidad ambiental. Cada día hay mayor preocupación de la sociedad por un medio saludable, lo cual plantea nuevos desafíos para las actividades sectoriales, y en consecuencia, para la investigación científica. El reto es lograr una agricultura competitiva, capaz de aportar productos de buena calidad y a precios accesibles para los consumidores, sin dañar al suelo, agua, aire, flora y fauna. Además, como las inversiones en investigación a este respecto y con el funcionamiento de los ecosistemas no ofrecen resultados lucrativos; estos temas

prácticamente son poco atractivos para las organizaciones privadas. Por ello, es deseable que en el futuro se destinen recursos públicos para generar conocimientos sobre el particular, pero, dado la amplitud de su significado, se requiere identificar cuáles temas deberán ser estudiados.

Ante el interés y reclamo de la sociedad por la falta de atención y solución a los problemas ambientales, en su informe de la situación del medio ambiente en México, SEMARNAT (2002) refiere que el gobierno se enfrentó a la falta de conocimiento e información sobre la estructura y funcionamiento de los ecosistemas naturales que permitieran realizar evaluaciones objetivas, no sólo de los factores que ejercen presión sobre ellos, sino también de su respuesta a las acciones encaminadas a revertir su deterioro.

En 1993, el Instituto Nacional de Ecología (INE, 1993) señalaba entonces que el problema ambiental se concentraba en las grandes zonas urbanas, como por ejemplo en la Ciudad de México, Monterrey, Guadalajara, Toluca, Puebla y municipios conurbados y sus efectos en los ecosistemas convergentes.

Por otro lado, en las comunidades rurales, el Secretariado Técnico del Consejo Consultivo del PRONASOL (Programa Nacional de Solidaridad) reconoció a la migración como un grave problema ocasionado por la pobreza y la pobreza extrema en la que viven millones de mexicanos ubicados en zonas áridas y semiáridas y en comunidades indígenas en donde sus condiciones de vida son sumamente precarias.

Otros problemas ambientales identificados son la erosión de suelos, la escasez de agua, la pérdida de la biodiversidad, la deforestación desmedida, la contaminación industrial y el acelerado crecimiento de las áreas urbanas.

Con base en lo anterior es de gran utilidad un estudio prospectivo sobre la dimensión ambiental, porque la humanidad experimenta cambios importantes desde los años 60´s (de Souza *et al.*, 2001), cuyos efectos repercuten en los recursos naturales, así como por el hecho de que no habrá desarrollo sostenible sin instituciones de investigación y desarrollo sostenible, entre ellas las forestales. En una época de grandes cambios como la actual, los individuos, las instituciones y la sociedad en general son vulnerables y su sostenibilidad institucional se ve amenazada (Gomes *et al.*, 2005), en particular en aquellos países que han sido clasificados como del Tercer Mundo, subdesarrollados o emergentes, después de la Segunda Guerra Mundial en donde los Estados Unidos de América cambian el binomio civilizado-primitivo por el de desarrollado-subdesarrollado (Álvarez *et al.*, 2005).

El objetivo del presente estudio fue generar conocimientos que permitan comprender de cuáles factores del ecosistema dependerá la sostenibilidad ambiental para ser abordados por las instituciones de investigación y desarrollo agrícola, pecuario y forestal, así como plantear estrategias para fortalecer las

capacidades de estas instituciones en materia ambiental. Para ello se analizaron varios aspectos:

i) La importancia actual del tema ambiental para las investigación del sector público,
ii) Su importancia futura vista al año 2015, y
iii) Cuál es el grado de dominio actual de los conocimientos necesarios para alcanzar la sustentabilidad.

MATERIALES Y MÉTODOS

El proceso metodológico para llevar a cabo el presente estudio consistió en lo siguiente:

1. Integración del equipo nacional de trabajo, al que se incorporaron seis investigadores de las áreas forestal, agrícola y pecuaria especialistas en economía, agroforestería, administración, transferencia de tecnología, desarrollo organizacional y agroindustrias, quienes fueron capacitados sobre el diseño y elaboración de estudios prospectivos con el propósito de uniformizar criterios así como en la parte conceptual y metodológica para una mejor comprensión del proyecto.

2. Identificación y definición de factores críticos del contexto internacional, regional y nacional que tienen influencia en el funcionamiento actual y futuro de los sistemas de investigación forestal, agrícola y pecuaria de México. Con base en su experiencia en los temas, el equipo nacional de investigadores preparó un listado preliminar de variables críticas de América Latina y El Caribe que afectan la operación presente y próxima de los sistemas indicados de la Región, así como de aquellas que explican el funcionamiento y la interacción entre los componentes de esos sistemas. Para complementar la información anterior fueron revisados 42 documentos de donde se consultaron 120 artículos. Las variables identificadas en la literatura se validaron mediante entrevistas a 12 informantes clave con amplia experiencia en investigación, con conocimiento sistémico y de prestigio en su ámbito laboral (académicos, directivos o investigadores). Fueron identificadas 120 variables, y ante la imposibilidad de manejar una base tan amplia se realizó un análisis estructural y uno de matriz de impactos cruzados con la finalidad de hacer la depuración. Después de estos análisis quedó un total de 31 variables.

3. Análisis sistémico de las instituciones de investigación y construcción de modelos conceptuales, a través del cual se identificaron seis macro variables como ejes soporte.

4. Identificación de variables críticas, entre las que fueron seleccionadas la orientación estratégica de la investigación, y dentro de la misma, la dimensión ambiental y sus temas relativos a la sostenibilidad, que son las analizadas en el presente estudio prospectivo.

5. Estudio prospectivo (panel Delphi), formulación y aplicación de la encuesta Delphi la cual tuvo como propósito una reflexión colectiva por los expertos acerca de acontecimientos futuros por medio de la búsqueda de consensos y disensos para realzar las prioridades de innovación institucional sobre elementos de referencia relevantes para el desempeño de la investigación, entre ellos el de los temas asociados a la sostenibilidad ambiental.

La Figura 1 representa el diagrama del Método Delphi. A los panelistas les fueron planteadas dos preguntas. La primera, relacionada con la importancia del tema como objetivo para la innovación tecnológica agropecuaria y forestal en la actualidad y en el futuro dentro del sector público dedicado a la investigación. La segunda, sobre el dominio actual de los conocimientos necesarios para realizar avances en la comprensión del tema dentro del sector público de investigación agropecuaria y forestal. Para las calificaciones se utilizó una escala de valores de 1 a 10, donde 1 significó un valor casi nulo y 10 correspondió a un valor extremadamente elevado.

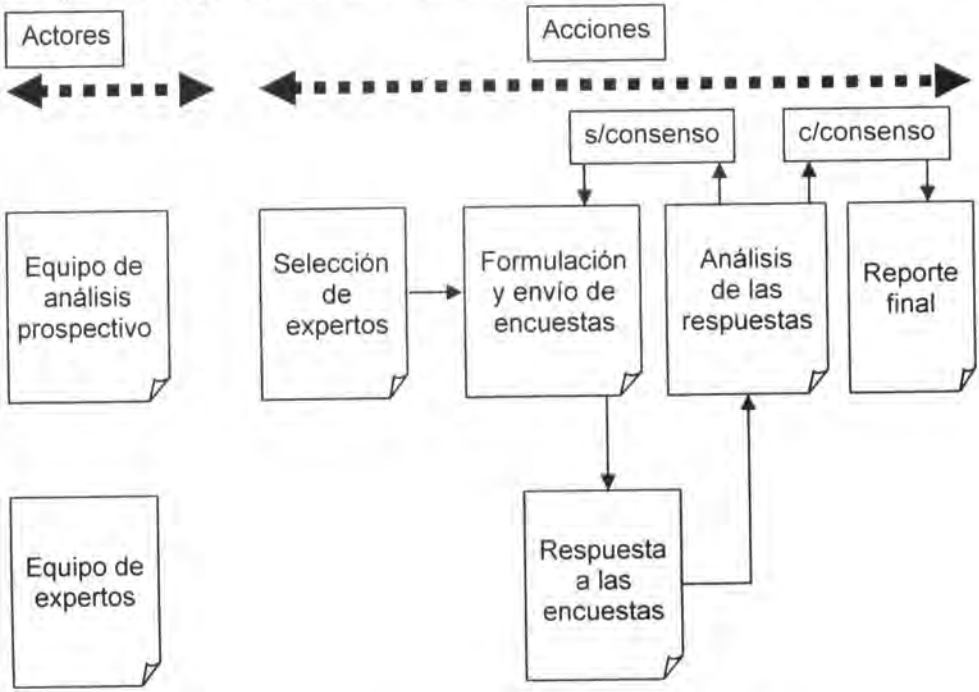

Figura 1. Diagrama del Método Delphi (Gomes, 2001).

Como medida estadística se utilizó la mediana y el primer y tercer cuartil. El consenso se determinó mediante la diferencia intercuartílica de $q3 - q1 \leq 2.5$

La necesidad de conocimiento para el desarrollo de los temas de sostenibilidad ambiental como objetivo para la innovación tecnológica se calculó mediante la fórmula:

$$N = I^{*}(10 - D)$$

Donde:

N = necesidad de desarrollo de conocimiento en los temas de sostenibilidad ambiental.

I = importancia futura de la variable, y

$10 - D$ = diferencia entre dominio máximo y el dominio evaluado por el panel.

Los 13 temas para ser evaluados por los expertos fueron:

- Germoplasma, prospección y conservación *in-situ* y *ex-situ*.
- Valoración económica de la biodiversidad y de los recursos naturales.
- Explotación económica sostenible de la biodiversidad.
- Conocimiento tradicional sobre la biodiversidad.
- Conservación y manejo de polinizadores.
- Prospección y manejo sostenible de plantas.
- Gestión de recursos pesqueros.
- Impactos del sector agropecuario y forestal sobre la fauna, flora y microorganismos nativos.
- Especies exóticas invasoras actuales y potenciales.
- Organismos genéticamente modificados (OGMs) e impactos sobre la agrobiodiversidad.
- Zonificación, manejo y agricultura conservacionista.
- Gestión de la calidad y del uso del agua.
- Gestión de recursos forestales.

Se contó con la colaboración de 58 panelistas con experiencia reconocida en los ámbitos forestal, agrícola y pecuario que representaron a 22 instituciones educativas, de investigación nacional e internacional, organismos gubernamentales, dependencias financiadoras y empresas privadas.

6. Foro de estrategias para la sostenibilidad del sistema de investigación agropecuaria y forestal de México y Diseño de estrategias para mejorar el desempeño de las organizaciones del sistema de investigación agropecuaria y forestal de México, con base en los resultados del panel Delphi.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los expertos plasmaron sus calificaciones en cada uno de los rubros solicitados, sobre la importancia actual y futura en un escenario tendencial para el sector público y el dominio actual de conocimiento que se tiene de cada uno de los temas relativos a la sostenibilidad ambiental (Cuadro 1).

Para el sector público, sólo 8 de los 13 temas de investigación en sostenibilidad ambiental alcanzaron consenso en cuanto a la importancia actual. La calificación que dieron los expertos se ubicó en el intervalo de 5 y 6, valores que indican una importancia de baja a media. Los temas 9, 10, 11, 12 y 13 (Cuadro 1) no alcanzaron consenso, por lo que requieren futuros análisis.

En 61.5% de los tópicos abordados se obtuvo consenso, predominando una calificación con mediana de 5, lo que fue interpretado como que en la actualidad los temas ecológicos tienen importancia baja. Por otro lado, el no haber logrado lo anterior en los temas 9, 10, 11, 12 y 13 pudiera ser un indicador de la falta de conciencia de la dimensión ambiental en México.

La importancia futura (2015) de estos aspectos cambia de acuerdo con la percepción de los expertos. Del total de los temas, 12 alcanzaron consenso. Sólo el tema "Especies exóticas invasoras actuales y potenciales" registró disenso. La mayor importancia futura, medianas de 9 (extremadamente elevada), la alcanzaron la "Gestión de la calidad y uso del agua" y la "Gestión de recursos forestales". El tema "Germoplasma, prospección y conservación *in situ* y *ex situ*" fue calificada con una mediana de 8.5. En términos generales, dentro del escenario tendencial (2015) la importancia futura de temas ambientales alcanzó valores (medianas) que estuvieron en el intervalo 7 - 9, considerado de importancia media-alta a extremadamente alta.

En la Figura 2 se muestra la importancia presente y futura (a 2015) de los temas relativos a la sostenibilidad ambiental que lograron consenso, los cuales ejemplifican este cambio para ser incluido en las agendas de investigación estratégica de las instituciones dedicadas a la investigación agropecuaria y forestal.

Cuadro 1. Calificaciones (medianas) de los panelistas a los temas relativos a la sostenibilidad ambiental en su importancia actual y futura (2015) y grado de dominio de conocimientos.

Temas	Importancia para el sector público		Dominio actual de los conocimientos para avances sobre el tema
	Actual	2015 (escenario tendencial)	
1. Germoplasma, prospección y conservación *in-situ* y *ex-situ*	6	8.5	7
2. Valoración económica de la biodiversidad y de los recursos naturales (en la prestación de servicios ambientales y para la explotación agropecuaria y forestal sostenible)	5	8	6
3. Explotación económica sostenible de la biodiversidad	5	8	5
4. Conocimiento tradicional sobre la biodiversidad (potencial de uso e impactos)	5	8	5
5. Conservación y manejo de polinizadores	5	8	6
6. Prospección y manejo sostenible de plantas (medicinales, aromáticas, cosméticas, condimentos)	5	7	5.5
7. Gestión de recursos pesqueros	5	8	6
8. Impactos del sector agropecuario y forestal sobre la fauna, flora y microorganismos nativos	6	8	6
9. Especies exóticas invasoras actuales y potenciales (identificación de las especies, área de ocurrencia, bioecología, impacto económico, social y ambiental, medidas de control)	5.5	8	5
10. Organismos genéticamente modificados (OGM's) e impactos sobre la agrobiodiversidad	5	8	5
11. Zonificación, manejo y agricultura conservacionista (prevención y control de la erosión, monitoreo de áreas degradadas)	5	8	7
12. Gestión de la calidad y uso del agua	6	9	7
13. Gestión de recursos forestales	6	9	7

Nota: El color gris en el cuadro indica falta de consenso (diferencia intercuartílica fue > 2.5).

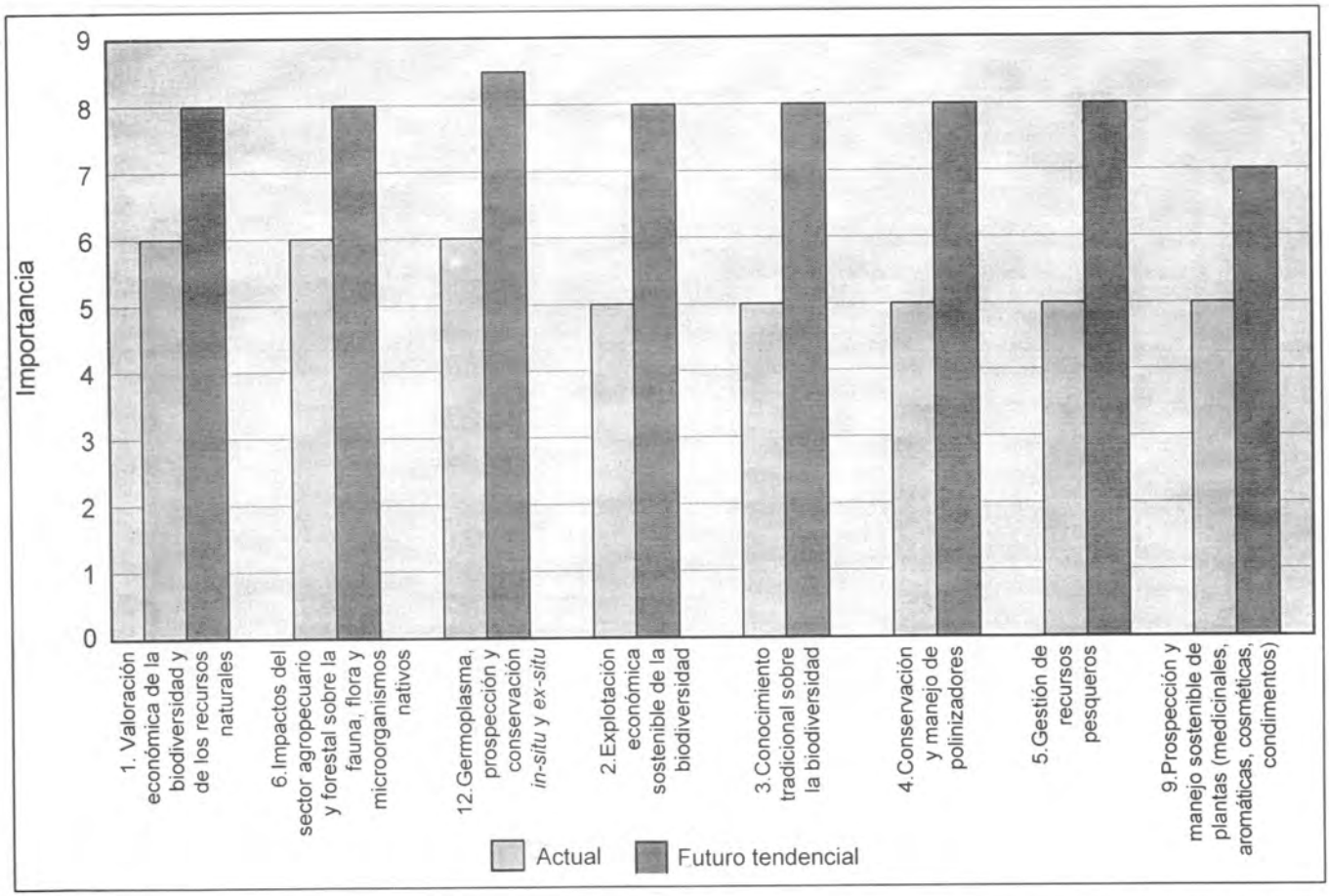

Figura 2. Importancia actual y futura de temas de sostenibilidad ambiental para la investigación pública en México.

La diferencia entre importancia actual y futura alcanzó un alto nivel de consenso ya que llegó al 92.3%; aquí destaca la visualización prospectiva de la mayoría de los temas fue calificada por los especialistas con medianas de 8, y en cuatro temas, el incremento alcanzó 3 puntos, al pasar de importancias actuales calificadas con medianas de 5 a importancias futuras calificadas con medianas de 8, los cuales fueron "Explotación económica sostenible de la biodiversidad", "Conocimiento tradicional sobre la biodiversidad", "Conservación y manejo de polinizadores" y "Gestión de recursos pesqueros". Lo anterior se interpreta como la oportunidad que visualizan los expertos en el futuro (año 2015) de que los temas ambientales sean considerados estratégicos en la orientación de la investigación agropecuaria y forestal.

El dominio actual de los conocimientos en cuatro temas no fue consensuado por los expertos, y en nueve sí ocurrió; en éstos, el intervalo de valores expresados como medianas, se dio entre 5 y 7, lo que se consideró como un dominio de conocimientos con categoría baja, ya que el único tema que alcanzó calificación con mediana 7 fue el de "Zonificación, manejo y agricultura conservacionista", estimado con un dominio de conocimientos medio. Los temas que no tuvieron consenso fueron los de "Germoplasma, prospección y conservación *in-situ* y *ex-situ*", "Organismos genéticamente modificados e impactos sobre la agrobiodiversidad", "Gestión de la calidad y del uso del agua" y "Gestión de recursos forestales", los cuales deben ser sometidos a un nuevo análisis y discusión para tratar de encontrar acuerdos.

Bajo el concepto de dominio actual de conocimientos, 69.2% de los tópicos relativos al estudio de temas ambientales estuvo en la categoría de consensuados. Sin embargo, las calificaciones emitidas en el panel Delphi por los expertos, permite ver que las instituciones dedicadas a la investigación del medio ambiente, no poseen en la actualidad un conocimiento amplio para manejar este asunto medular, ya que se calificó con medianas de 5, 5.5 y 6, y esto supone que deberán que prepararse en el futuro para hacer frente a las demandas sociales de investigación agropecuaria y forestal.

La necesidad de conocimiento por parte de las instituciones de investigación para el desarrollo de los temas relacionados con sostenibilidad ambiental como objetivo para la innovación tecnológica mostraron consenso en ocho de ellos, según la Figura 3, y de acuerdo a la fórmula que se utilizó, tuvieron valores de 40 y fueron "Explotación económica sostenible de la biodiversidad" y "Conocimiento tradicional sobre la biodiversidad", cuatro de los temas alcanzaron un valor de 32 en necesidad de conocimiento, un tema tuvo valor de 31.5 y un tema un valor de 24, que fue el de "Zonificación, manejo y agricultura conservacionista".

Con base en la Figura 4 se concluye que de acuerdo a las opiniones de los expertos, expresadas por medio de sus calificaciones, los dos temas con valor

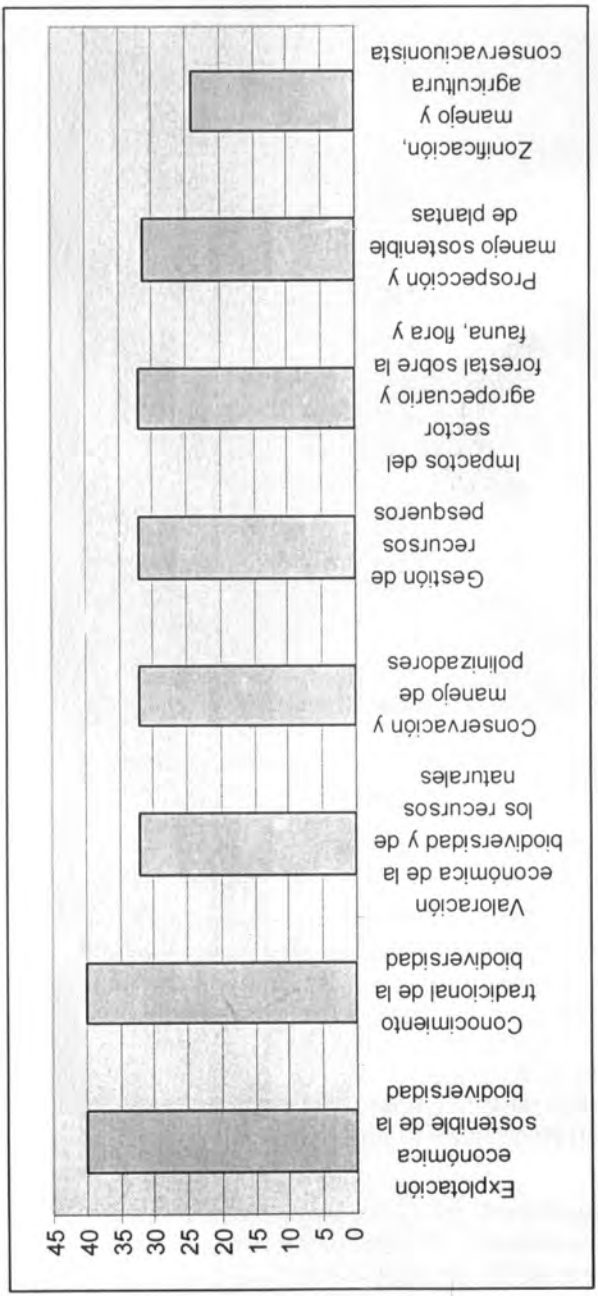

Figura 3. Necesidad de conocimiento para desarrollar los temas consensuados de sostenibilidad ambiental en la investigación pública.

Figura 4. Investigadores que trabajaron el cuestionario Delhi sobre prospección de la investigación al año 2015.

40 son a los que se deberá poner el mayor énfasis por parte de las instituciones públicas de investigación para ser incorporadas en sus agendas de trabajo.

En los temas que no alcanzaron consenso, destacan dos de ellos: la Gestión de la Calidad y uso del agua y la Gestión de Recursos Forestales, en razón de que son los tópicos que los expertos califican con el valor más alto en el futuro tendencial (2015), ya que se les evaluó con una mediana de 9, que se traduce como importancia extremadamente elevada para las instituciones del sector público dedicado a la investigación, situación que se transforma en prioritaria dentro de las agendas de investigación, primero para lograr consenso y después para identificar el nivel de prioridad en el que deben ser atendidos los problemas del agua y del bosque.

Finalmente, se organizó un Foro de Estrategias para la Sostenibilidad del Sistema de Investigación Agropecuario y Forestal de México que se realizó en esta Ciudad en el mes de mayo del 2006, en el cual participaron 26 expertos (tomadores de

decisiones, directivos e investigadores del Sistema Nacional de Investigación y Transferencia de Tecnología para el Desarrollo Rural Sustentable de México) involucrados en el sistema de investigación señalado. Este grupo representó a instituciones públicas y privadas de investigación y educación que desarrollan actividades en la materia, instituciones internacionales de investigación y desarrollo tecnológico que operan en México, empresas nacionales e internacionales generadoras de tecnología agropecuaria y forestal, organizaciones nacionales e internacionales dedicadas a la investigación de apoyo al sector rural, consultores privados y dependencias públicas federales responsables de las políticas de desarrollo rural y de ciencia y tecnología del país.

Las acciones recomendadas para satisfacer las necesidades de conocimiento y otras capacidades para atender el futuro tendencial (al 2015), fueron las siguientes:

1. Concluir los inventarios biológicos y actualizarlos.
2. Intercambiar información científica y promover la formación de bibliotecas virtuales.
3. Integrar un directorio de investigadores especialistas en cuestiones ambientales.
4. Conocer e identificar las necesidades y demandas de investigación.
5. Integrar el inventario de las organizaciones nacionales e internacionales que realizan investigación específica en materia ambiental, así como de la infraestructura con que cuentan para ello.
6. Elaborar proyectos de investigación en materia ambiental.
7. Firmar convenios de cooperación científica entre instituciones orientados a generar conocimientos que fortalezcan la sostenibilidad ambiental.
8. Identificar necesidades de capacitación y medios de contratación de personal.
9. Diagnosticar las condiciones en que se encuentran los recursos naturales.

CONCLUSIONES

Con base en las calificaciones emitidas por los expertos a la encuesta Delphi, se concluyó que en México se le ha dado poca importancia a la investigación pública relacionada con la sostenibilidad ambiental.

Existe un dominio bajo de conocimiento sobre sostenibilidad ambiental por parte de las instituciones públicas de investigación, por lo que es necesario ampliarlo en un escenario de futuro tendencial (2015), así como incrementar los esfuerzos destinados a capacitar a los investigadores en este asunto.

Los expertos participantes tuvieron opiniones divergentes que arrojaron disensos (sin consenso) en lo que respecta a la importancia actual (61.5% de consenso), importancia futura (92.3% de consenso) y grado de dominio sobre los conocimientos (69.2% de consenso), por lo que es conveniente volver a analizar, discutir y evaluar aquellos temas que no alcanzaron consenso. Destacan en esta situación los temas relativos al agua y a los bosques, que fueron los que los expertos calificaron en el futuro como de una importancia extremadamente elevada.

Como parte de su estrategia las organizaciones dedicadas a la investigación agropecuaria y forestal deben incluir en sus agendas de trabajo temas relacionados con la sostenibilidad ambiental, para dar respuesta a las demandas de la sociedad y con ello fortalecer la innovación institucional.

AGRADECIMIENTO

Al INIFAP por su aportación económica y facilidades para realizar el trabajo que dio origen al presente artículo. El agradecimiento se hace extensivo a la Red Nuevo Paradigma por permitirnos compartir esta experiencia conceptual y metodológica.

REFERENCIAS

Álvarez, F., M. A. Mato B., G. J. Santamaría, P. J. Cheaz y S. J. de Souza. 2005. El arte de cambiar a las personas que cambian las cosas. El cambio conceptual del ser humano desde su contexto cambiante. Red Nuevo Paradigma. Quito, Ecuador. 237 p.

De Souza, S. J., P. J. Cheaz y R. J. Calderón, 2001. La cuestión institucional: de la vulnerabilidad a la sostenibilidad institucional en el contexto del cambio de época. Serie Innovación para la Sostenibilidad Institucional. San José, Costa Rica: Proyecto ISNAR "Nuevo Paradigma". 79 p.

De Souza, S. J., P. J. Cheaz, G. J. Santamaría, M. A. Mato B. y A. León. 2001. La dimensión de estrategia en la construcción de la sostenibilidad institucional. Serie Innovación para la Innovación Institucional. San José, Costa Rica: Proyecto ISNAR "Nuevo Paradigma". 185 p.

Gomes de C., A. M., S. M. Valle L., B. A. Maestrey, V. Trujillo, O. Alfaro, O. Mengo y M. Medina. 2001. La dimensión de futuro en la construcción de la sostenibilidad institucional. Serie Innovación para la Sostenibilidad Institucional. San José, Costa Rica: Proyecto ISNAR "Nuevo Paradigma". 98 p.

Gomes de C., A. M., S. M. Valle L., S. J. de Souza, B. A. Maestrey, G. J. Ramírez, G. J. Santamaría, O. Mengo y S. A. Ayala. 2005. Proyecto *Quo Vadis*: el futuro de la investigación agrícola y la innovación institucional en América Latina y el Caribe. ISNAR. Quito, Ecuador. 276 p.

Instituto Nacional de Ecología. 1993. Elementos estratégicos para el desarrollo de la educación ambiental en México. México, D. F. 112 p.

Mato B., M. A., G. J. Santamaría, S. J. de Souza y P. J. Cheaz. 2001. La dimensión de gestión en la construcción de la sostenibilidad institucional. Serie Innovación para la Innovación Institucional. San José, Costa Rica: Proyecto ISNAR "Nuevo Paradigma". 120 p.

Salazar, L., S. J. de Souza, P. J. Cheaz y S. Torres. 2001. La dimensión de participación en la construcción de la sostenibilidad institucional. Serie Innovación para la Sostenibilidad Institucional. San José, Costa Rica: Proyecto ISNAR "Nuevo Paradigma". 160 p.

Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). 2002. Situación del medio ambiente en México. http://portal.semarnat.gob.mx/. 148 p.

Saldaña A., R., J. A. Espinosa G., G. Moctezuma L., S. A. Ayala, A. C. Tapia N. I. M. Ríos, R., S. M. Valle L. y A. M. Gomes de C. 2006. Proyecto *Quo Vadis*: El Futuro de la Investigación Agropecuaria y Forestal y la Innovación Institucional de México. INIFAP. México. 276 p.

Valle L., S. M., A. M. Gomes de C., O. Mengo, M. Medina, B. A Maestrey, V. Trujillo y O. Alfaro, 2001. La dimensión de entorno en la construcción de la sostenibilidad institucional. Serie Innovación para la Sostenibilidad Institucional. San José, Costa Rica: Proyecto ISNAR "Nuevo Paradigma". 141 p.

Valle L., M. S., A. M. Gomes de C., M. dos Santos M., N. A. Dos Santos, M. A. López, J. R. Porto de C., M. P. Camargo de F., S. J.de Souza, A. C. Fernandes C. , M. S. Câmara L. y M. A. Gusmão M. 2005. Projeto *Quo Vadis* O Futuro da Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasilia, Brasil. 451 p.

ANATOMÍA DE LA MADERA DE DOS ESPECIES DE *Quercus* (FAGACEAE) DEL ESTADO DE MÉXICO

Carmen-de la Paz Pérez-Olvera[1], Irma Reyes Jaramillo[1] y Silvia Rebollar Domínguez[1]

RESUMEN

Se describe la anatomía de la madera de dos especies de *Quercus* (*Q. hintonii*-encino rojo y *Q. magnoliifolia*-encino blanco), recolectadas en el Estado de México y que tienen importancia por su abundancia, tipo de bosque donde se desarrollan y porque una de ellas es endémica de la región. Con el propósito de proponer el uso de su madera, se realizó un estudio macroscópico en el que se usaron tablillas de 12 x 7 x 1 cm y para el microscópico se hicieron laminillas fijas de cortes y de material disociado. El material procede de la localidad de Rincón de Ugarte, Municipio de Tejupilco Tanto las tablillas como los cortes se efectuaron en los tres planos típicos: transversal, tangencial y radial. A los elementos mensurables se les practicó un análisis estadístico univariado y se clasificaron con base en la media. La madera de las dos especies reveló características macroscópicas y microscópicas semejantes con relación al olor, al sabor, el veteado, la textura y el hilo, agrupación de los poros, tipo de platina de perforación y tipo de punteaduras en los elementos de vaso. Por otro lado, al tratarse de especies de diferente subgénero la madera también presenta diferencias notables en el color, en la porosidad, en el arreglo y tamaño de los poros, en las dimensiones de los radios multiseriados y en el tipo y abundancia de los contenidos celulares.

Palabras clave: Anatomía de la madera, especies endémicas, Estado de México, *Quercus hintonii*, *Quercus magnoliifolia*, usos de la madera de encinos.

Fecha de recepción: 18 de septiembre de 2007.
Fecha de aceptación: 07 de octubre de 2008.

[1] Departamento de Biología, Universidad Autónoma Metropolitana. Correo-e: cppo@xanum.uam.mx

ABSTRACT

The description of the wood anatomy of two *Quercus* species (*Q. hintonii,* red oak and *Q. magnoliifolia,* white oak) was made. The wood samples were collected at the State of Mexico, where these species are abundant and evenmore, the first of them is endemic of that region. One tree for each species was collected in the temperate forest of Tejupilco. Wood samples of 12 x 7 x 1 cm were used to obtain macroscopic features and permanent and macerated slides were used for microscopic study. Univariate statistical analysis was used to obtain average and dispersal data for numerical classification of features. Similar features in odour, taste, figure, texture, grain, vessel groupings, intervessel pittings and perforation plate types were showed by both species. Because *Q. hintonii* and *Q. magnoliifolia* belong to different subgenus, they showed differences in wood color, luster, porosity, vessel arrangement, multiseriate rays size and cellular contents. Results showed that wood of these oaks can be introduced to the market and new options for the use of these species are proposed.

Key words: Wood anatomy, endemic species, State of Mexico, *Quercus hintonii*, *Quercus magnoliifolia*, oak wood uses.

INTRODUCCIÓN

En México el género *Quercus* constituye un recurso forestal maderable de gran importancia pues es considerado como un centro de diversificación donde se estima que existen entre 125 y 200 especies (Nixon, 1993; Zavala, 1998). Los encinos forman parte de la vegetación de sitios montañosos y escarpados de clima templado de la mayoría de las sierras que forman el territorio mexicano. Existen especies de amplia distribución y, en contraste, también un alto porcentaje son endémicas (CONABIO, 1998).

El Estado de México tiene una superficie territorial de 22,357 km^2 que alberga a 124 municipios. Su relieve se caracteriza por valles, sierras, lomeríos y volcanes aislados que originan la diversidad de rocas, suelos, climas y vegetación. El territorio forestal cubre 6217.48 km^2, que corresponde al 27.81% del total estatal (INEGI, 2008). La mayor concentración y diversidad forestal se concentra en el interior de la Cuenca del Río Balsas, en los sistemas montañosos de la Cuenca del Río Lerma y en la Cuenca del Pánuco. Del bosque de encino se extrae madera para la elaboración de carbón, leña y tablas de uso doméstico y, finalmente, se le destina al uso agrícola y pecuario.

Romero *et al.* (2002) reconocen 23 especies de encino en el Estado de México (10 del Subgénero Leucobalanus o encinos blancos y 13 del Subgénero Erythrobalanus o encinos rojos), taxonómicamente el género *Quercus* es considerado complicado, por su gran variación morfológica y la capacidad de formar

híbridos, lo que ha inducido a la creación de sinónimos. Sobre las características anatómicas de las especies del Estado, sólo se conoce la aportación de Arcia (1979) quien también incluyó las propiedades físicas de tres especies recolectadas en Tejupilco.

El presente estudio es una contribución al conocimiento de la madera de dos especies de la entidad: *Quercus magnoliifolia* Née (encino blanco) de amplia distribución en el país (McVaugh,1974; González, 1986) y *Quercus hintonii* Warburg (encino rojo), especie endémica de la Cuenca del Balsas específicamente en el Estado de México y de Michoacán (Aguilar y Romero, 1995; Romero *et al.*, 2000; Rodríguez *et al.*, 2002), con el objetivo de conocer las propiedades anatómicas de su madera para promover que las incorporen a los planes y programas de propagación, reforestación y conservación que favorezcan su introducción al mercado nacional, bajo condiciones de un manejo y un aprovechamiento sustentable para la región.

MATERIALES Y MÉTODOS

Sitio de recolección

Las dos especies de interés se recolectaron en la localidad de Rincón de Ugarte, perteneciente al Municipio de Tejupilco de Hidalgo, al suroeste del Estado de México. Este sitio se ubica entre los paralelos 18°56'27" de latitud norte y 100°09'20.92" de longitud oeste, a 1500 msnm (Figura 1). En la región noreste donde predomina el bosque de encino caducifolio, dominado por las especies: *Quercus magnoliifolia, Q. obtusata* Humb. *et* Bonpl., *Q. peduncularis* Née (encinos blancos) y *Q. hintonii*, (encino rojo), el clima es semicálido subhúmedo, con una marcada estación seca en primavera y abundantes lluvias durante el verano. En general, la temperatura media anual oscila entre los 18° y 26° C y la precipitación anual promedio es de 1200 a 1400 mm. La región se localiza en el sistema orográfico de la provincia Sierra Madre del Sur, subprovincia Depresión del Balsas (Gobierno del Estado de México, 2005). El relieve se compone de formaciones cerriles que se desprenden de la Sierra de Temascaltepec, bajo el nombre de la Sierra de la Cumbre, Cerro de Cacalotepec y el Cardo. Las rocas en la zona son de tipo metamórfico, principalmente esquistos y los suelos son Regosoles y Cambisoles (Reyes, 2006).

Obtención de muestras y procesamiento

Para el estudio microscópico, de una troza se sacaron dos rodajas de 1 cm de grosor, a 1.30 m de altura desde la base del árbol; de ahí se cortaron cubos de 1 x 1 cm, mismos que se ablandaron a ebullición en agua destilada por lapsos de cinco horas, durante ocho días para la especie roja y 12 para la blanca. En dichas piezas se hicieron cortes de 15 a 20 µm de grosor, en los planos transversal, tangencial y radial.

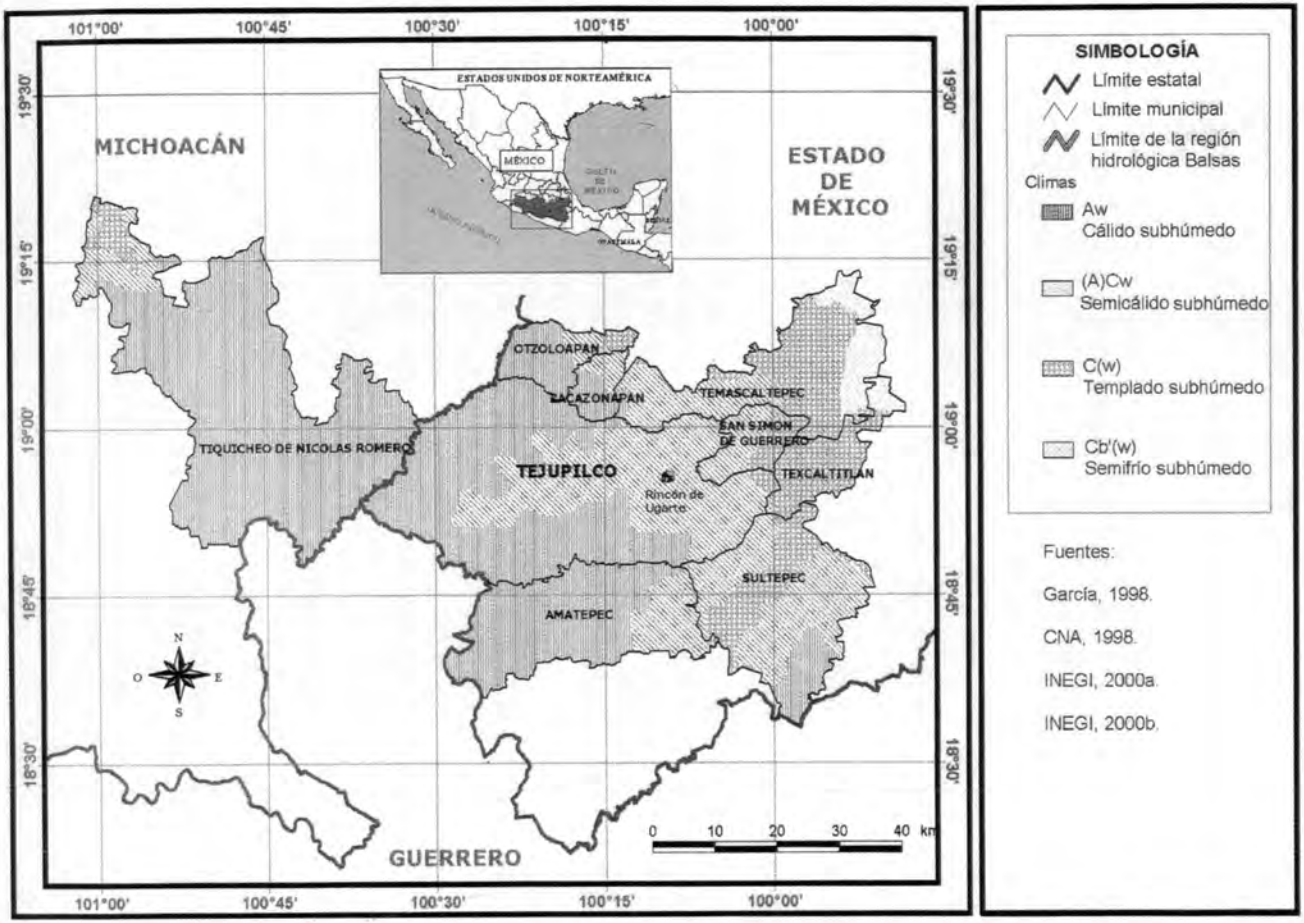

Figura 1. Ubicación del área de estudio: Municipio de Tejupilco, Estado de México.

De acuerdo con Johansen (1940) y Sandoval (2005), los cortes se tiñeron con safranina-verde rápido; se dejaron reposar en la solución por 15 minutos, se lavaron con agua destilada y por lapsos de cinco minutos, se deshidrataron en alcoholes al 30, 50, 70, 96 y 100%. Posteriormente, se depositaron en verde rápido durante dos minutos y se les agregaron dos gotas de aceite de clavo, se pasaron a xilol por un minuto y al final del proceso, se montaron en resina sintética.

De los mismos cubos se cortaron pequeñas virutas, las cuales se colocaron en tubos de ensaye a los que se les incorporó una solución a partes iguales de ácido acético, ácido láctico, ácido nítrico y glicerina; se flamearon en pequeños intervalos durante 10 h. Una vez disociado el material, se lavó con agua destilada, se tiñó con safranina y se hicieron preparaciones fijas montándolas con gelatina glicerinada.

A los elementos mensurables se les aplicó un análisis estadístico univariado y se clasificaron con base en la media de acuerdo con Chattaway (1932) y IAWA Committee (1937, 1939). En un cuadro para cada especie, se incluyen los valores mínimo, máximo y la media. Las descripciones microscópicas se hicieron de acuerdo con IAWA Committee (1964, 1989), para los radios también se consideró a Kribs (1968).

Para el estudio macroscópico, se trabajó con tablillas de 12 x 7 x 1 cm procedentes del resto de la troza. Las características se determinaron mediante las tablas de clasificación de Tortorelli (1956) y para el color, las tablas de Munsell (1990).

Se describió: el color, el olor, el sabor, el brillo, el veteado, la textura, el hilo y la visibilidad de los anillos de crecimiento de cada especie. Se incluyeron, además, los nombres comunes, la distribución y las características botánicas de acuerdo con McVaugh (1974), Martínez (1981), Moreno (1984), González (1986), Aguilar y Romero (1995) y Zavala (1998).

Las muestras de madera se registraron en la Xiloteca UAMIZ y los ejemplares de respaldo se depositaron en el Herbario Metropolitano UAMIZ, Dr. Ramón Riba y Nava (Cuadro 1).

Cuadro 1. Registro de las especies estudiadas.

Nombre científico	Nombre común	Registros		Procedencia	Recolector	Identificó
		Xiloteca	Herbario			
Quercus hintonii	Encino prieto	M-214	61121	Estado de México	C. de la Paz	L. Aguilar
Quercus magnoliifolia	Roble	M-215	61122	Estado de México	C. de la Paz	L. Aguilar

RESULTADOS

Descripción de las especies

1. *Quercus hintonii* Warburg (Figura 2a)

Familia: Fagaceae

Subgénero: *Erythrobalanus* (encino rojo)

Nombre común: encino prieto

Distribución.- Es una especie endémica de la Cuenca del Balsas. En el Estado de México se le ha consignado en los municipios de Otzoloapan, Zacazonapan, Temascaltepec, Tejupilco, San Simón de Guerrero, Texcaltitlán, Amatepec, Sultepec y Tlatlaya. En Michoacán, en el municipio de Tiquicheo de Nicolás Romero, en altitudes de 1300 a 2000 msnm.

Características botánicas (Figura 2b-e).- Árbol monoico, caducifolio de hasta 20 m de altura, de diámetro a la altura del pecho (DAP) de 50 cm, la corteza en placas pequeñas, de color castaño oscuro, dispuestas irregularmente, separadas por surcos profundos. Las hojas son simples, alternas, de forma oblanceolada a obovada o elípticas, de ápice aristado, acuminado, obtuso o agudo, con la base redondeada o ligeramente cordada, borde entero o aristado, el limbo es grueso, coriáceo y opaco, de color verde claro en el haz y densamente tomentoso rojizo cuando joven y amarillento con la edad, en el envés. La nervadura central es pilosa, que le da un aspecto aterciopelado, miden de 9 a 18 cm de largo por 3 a 6 cm de ancho. Las flores masculinas en amentos rojos hasta de 10 mm de largo, las femeninas en espigas, con el estilo largo. El fruto es una nuez bianual, de color castaño rojizo claro, de forma ovoide, con abundante tomento, solitario o en pares en la extremidad de un pedúnculo de 15 mm de largo, la nuez de 6 a 15 mm de largo por 9 a 13 mm de diámetro, con una semilla.

Características macroscópicas (Figura 2f-g).- La madera presenta poca diferencia de color entre albura y duramen, la albura es de color rosado y el duramen castaño rojizo, los radios multiseriados son de color rojo contrastando con los demás elementos celulares. No tiene olor ni sabor característicos, el brillo es mediano, el veteado es pronunciado, la textura es gruesa y el hilo es recto. Los anillos de crecimiento están marcados por una banda de fibras y por los vasos de la madera temprana.

Características microscópicas (Figura 2h-j y Cuadro 2).- La madera presenta porosidad con tendencia a la anular. Los poros son exclusivamente solitarios arreglados en hileras radiales. Son poco numerosos, de contorno oval, de diámetro

tangencial mediano en la madera temprana y pequeño en la tardía. Los elementos de vaso son de longitud mediana, con platina de perforación simple, paredes terminales oblicuas y punteaduras areoladas alternas de forma oval. Las punteaduras radio-vaso son simples, con bordes reducidos y arreglo vertical. Alrededor de los vasos se encuentran traqueidas vasicéntricas. Algunos vasos presentan tílides o gomas. El parénquima axial es abundante, difuso en agregados, alternando con bandas de fibras. Los radios son uniseriados y multiseriados, homogéneos, formados por células procumbentes. Los radios uniseriados son numerosos y muy bajos, la mayoría de 14 células. Los radios multiseriados son poco numerosos, altos y anchos, la mayoría de 22 series, generalmente son agregados. Las fibras son de tipo libriforme y fibrotraqueida, de longitud mediana, diámetro fino y grosor de la pared mediano, alternando con el parénquima axial. Los radios y las fibras presentan abundantes taninos.

Usos sugeridos.- Con base en las particularidades que presenta la madera, principalmente el color y el contraste que hacen los radios multiseriados, resaltando cualquier plano de la madera, su tendencia a porosidad anular, las dimensiones de los radios que influyen en el veteado y la textura, las características de las fibras en las que destaca el grosor mediano de su pared, la distribución del parénquima axial y añadiendo su hilo recto y que no presenta olor ni sabor característicos, es una madera que puede ser empleada en donde se requiera belleza y resistencia como decoración de interiores en pisos, escaleras, pasamanos, bancas y baúles, diversas artesanías, juguetes, muebles infantiles, mangos y cabos para herramientas, cajas, madera labrada, escultura, utensilios de cocina, entre otros, donde se ponga de manifiesto sus excelentes propiedades anatómicas.

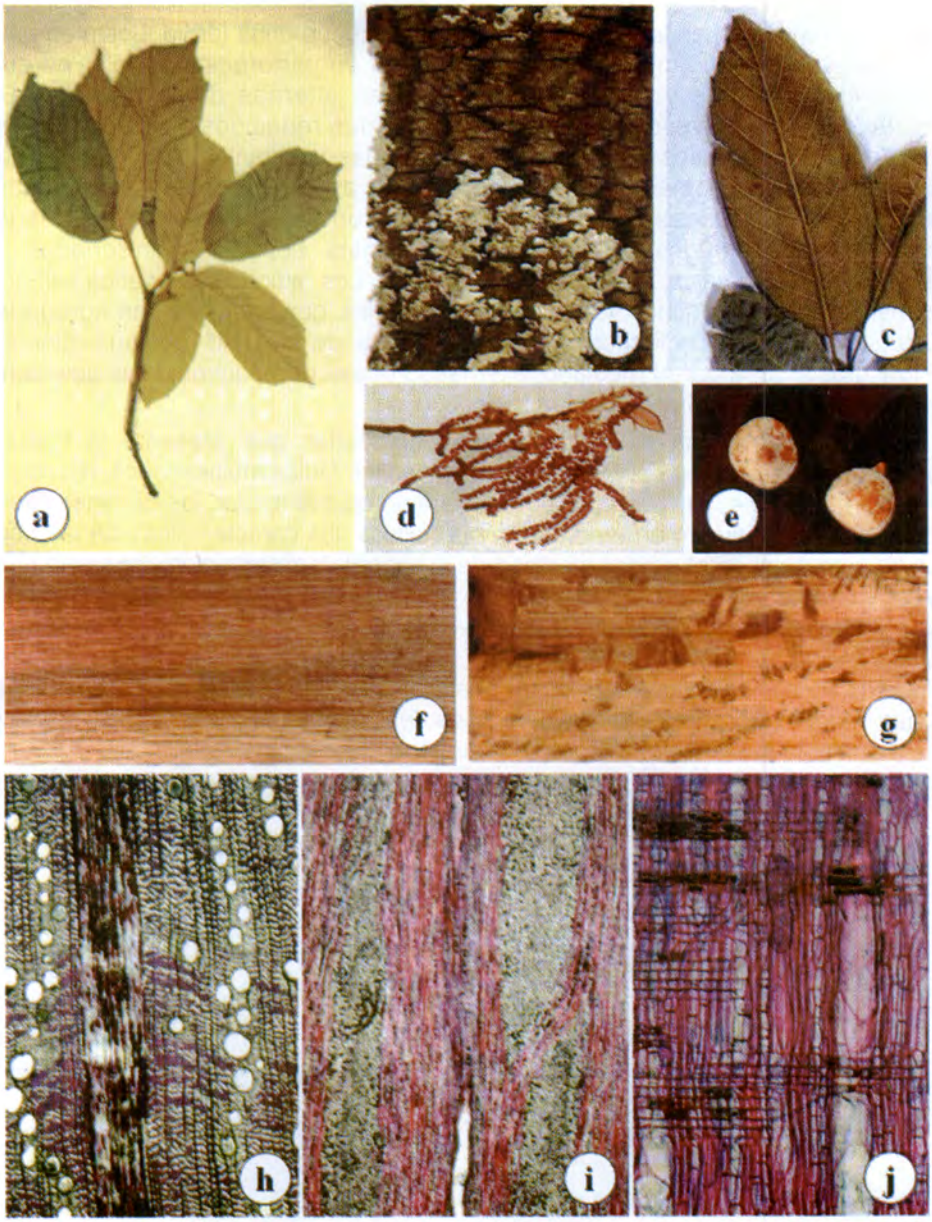

Figura 2. *Quercus hintonii* Warburg. a) ejemplar de herbario, b) corteza, c) hoja, d) flor masculina, e) fruto, f) tablilla tangencial, g) tablilla radial, h) corte transversal (2.5x), i) corte tangencial (5x), j) corte radial (10x).

Cuadro 2. Características mensurables de *Quercus hintonii* Warburg.

Vasos					Fibras	
Poros			Elementos		Fibrotraqueidas	
Número/mm^2	Diámetro Tangencial (μ)		Longitud (μ)	Longitud (μ)	Diámetro (μ)	Grosor (μ)
	Madera temprana	Madera tardía				
Pocos	mediano	pequeño	mediana	mediana	fino	mediano
Mínimo 4	137	65	300	700	8	5
Máximo 11	240	117	650	1980	13	11
Mediano 7	180	98	448	1163	10	5

Radios						
	Uniseriados		Multiseriados			
Número/mm	Altura (μ)	Número de células	Número en 5 mm	Altura (cm)	Anchura (μ)	Número. de series
Numerosos	muy bajos		pocos	altos	anchos	
Mínimo 6	75	4	2	0.5	210	15
Máximo 12	463	23	4	1.5	720	30
Mediano 8	300	14	**3**	1.0	500	22

2. *Quercus magnoliifolia* Née (Figura 3a)

Familia: Fagaceae

Subgénero: *Leucobalanus* (encino blanco)

Nombres comunes: roble, encino amarillo

Distribución.- Es una especie con amplia distribución en al país, en áreas templadas y cálidas de los estados de San Luis Potosí, Aguascalientes, Sinaloa, Nayarit, Jalisco, Colima, Michoacán, Guerrero, Oaxaca, Estado de México, Morelos y Puebla, en altitudes de 800 m a 1800 msnm, y en ocasiones se le ha encontrado en los 2200 m y hasta los 375 m.

Características botánicas (Figura 3b-c).- Árbol monoico, caducifolio de 25 m de altura, de diámetro a la altura del pecho (DAP) de 60 cm, la corteza en placas cuadradas, de color gris claro, dispuestas en hileras. Las hojas son simples, alternas, de forma oblanceolada-obovada, de ápice obtuso o agudo, con la base redondeada o ligeramente cordada, borde entero a ondulado, el limbo es delgado y brillante, de color verde oscuro en el haz y casi glabro y densamente con pubescencia estrellada amarillenta en el envés. La nervadura central es escamosa, miden de 15 a 25 cm de largo por 8 a 10 cm de ancho. Las flores masculinas en amentos amarillos hasta de 30 mm de largo, las femeninas en espigas. El fruto es una nuez anual, de color castaño claro, de forma ovoide, solitaria o en pares en la extremidad de un pedúnculo de 15 mm de largo, la nuez de 25 a 35 mm de largo por 25 a 30 mm de diámetro, con una semilla.

Características macroscópicas (Figura 3d-e).- La madera no presenta diferencia de color entre albura y duramen, es de color castaño amarillento, los radios multiseriados son de color castaño grisáceo contrastando con los demás elementos celulares. No tiene olor ni sabor característicos, el brillo es bajo, el veteado es pronunciado, la textura es gruesa y el hilo es recto. Los anillos de crecimiento están marcados por una hilera de poros de la madera temprana y parénquima.

Características microscópicas (Figura 3f-h y Cuadro 3).- La madera es de porosidad difusa. Los poros son exclusivamente solitarios, con arreglo flamiforme. Son poco numerosos, de contorno oval, de diámetro tangencial mediano. Los elementos de vaso son de longitud mediana, con platina de perforación simple, paredes terminales oblicuas y punteaduras areoladas alternas de forma oval. Las punteaduras radio-vaso son simples, con bordes reducidos y arreglo vertical. Alrededor de los vasos se encuentran traqueidas vasicéntricas. Los vasos presentan escasas tílides. El parénquima axial es en bandas de una hilera alternando con bandas de fibras.

Presenta cristales prismáticos. Los radios son uniseriados y multiseriados, homogéneos, formados por células procumbentes. Los radios uniseriados son numerosos y muy bajos, la mayoría de 16 células. Los radios multiseriados son poco numerosos, altos y muy anchos, la mayoría de 35 series, algunos son agregados. Presentan cristales prismáticos. Las fibras son de tipo libriforme y fibrotraqueida, de longitud mediana, diámetro fino y pared muy gruesa, alternando con las bandas de parénquima.

Usos sugeridos.- Con base en la abundancia y las paredes gruesas de sus fibras, la altura y anchura de los radios multiseriados y la presencia de tílides en los vasos, es una madera que puede ser empleada en donde se requiera alta resistencia mecánica y a la pudrición.

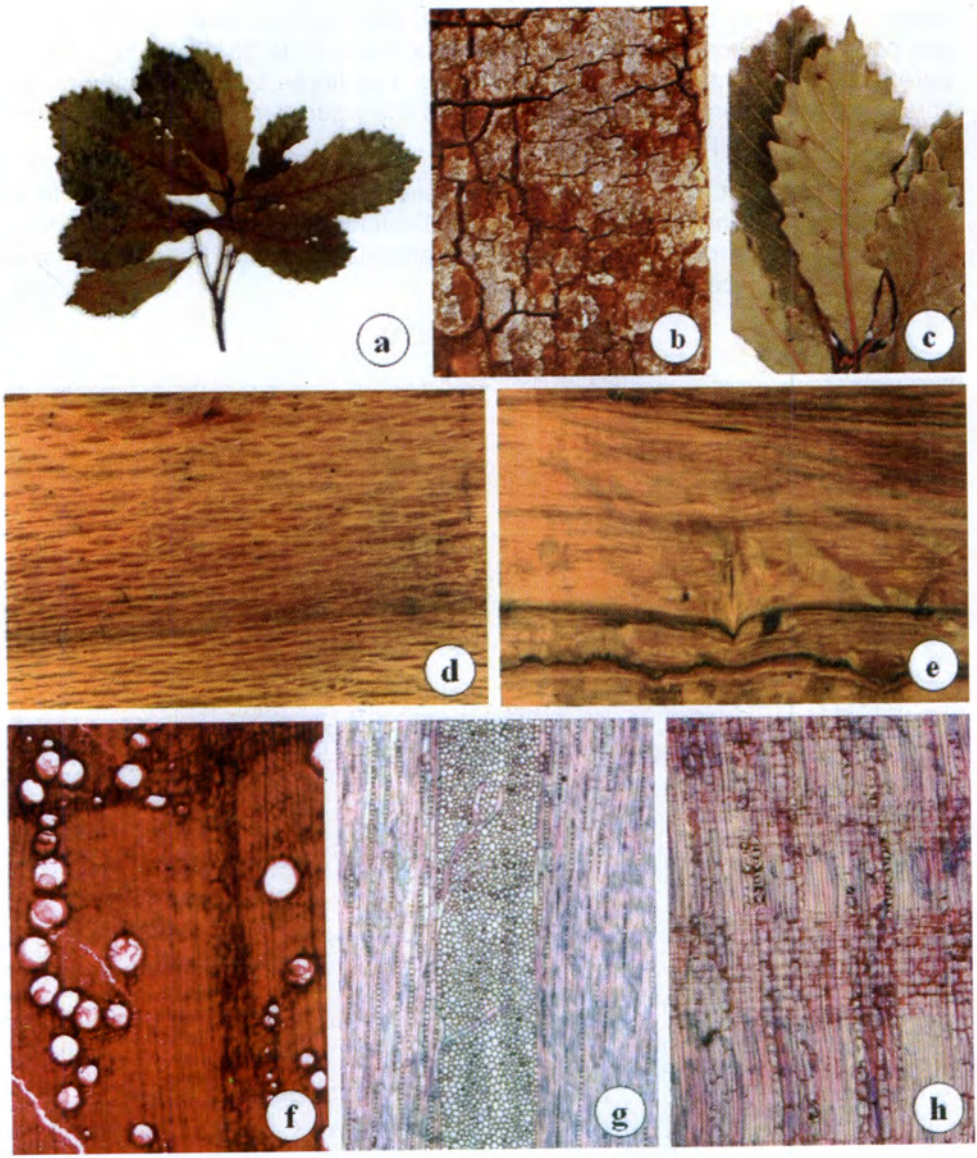

Figura 3. *Quercus magnoliifolia* Née. a) ejemplar de herbario, b) corteza, c) hoja, d) tablilla tangencial, e) tablilla radial, f) corte transversal (2.5x), g) corte tangencial (5x), h) corte radial (10x).

Cuadro 3. Características mensurables de *Quercus magnoliifolia* Née.

Vasos			Fibras		
Poros		Elementos	Fibrotraqueidas		
Número/mm^2	Diámetro tangencial (μ)	Longitud (μ)	Longitud (μ)	Diámetro (μ)	Grosor (μ)
Pocos	mediano	mediana	mediana	fino	muy grueso
Mínimo 3	100	350	930	10	4
Máximo 6	290	820	1810	16	10
Mediano 5	198	520	1361	13	8

Radios						
Uniseriados			Multiseriados			
Número/mm	Altura (μ)	Número de células	Número en 5 mm	Altura (cm)	Anchura (μ)	Número de series
Numerosos	muy bajos		pocos	altos	muy anchos	
Mínimo 7	113	6	1	0.5	260	18
Máximo 18	480	25	2	2.0	990	45
Mediano 10	355	16	1	1.5	700	35

DISCUSIÓN

Los bosques de la región de Tejupilco han sufrido un grave deterioro por varias razones, entre ellas porque no existen planes de manejo para su aprovechamiento y porque la extracción de madera se hace forma clandestina para satisfacer necesidades diversas tales como la elaboración de postes para cercas y leña para combustible; a ello contribuye también, la invasión y reducción de su hábitat por el cambio de uso del suelo para destinar los terrenos forestales a prácticas de ganadería, agricultura o asentamientos humanos; además, los frecuentes incendios contribuyen a que desaparezca el bosque de extensas zonas, promoviendo así la degradación del suelo manifiesta en la erosión (Gobierno del Estado de México, 2005).

La institución Global Trees Campaign (2005) indica que la población de *Quercus hintonii* está en riesgo por la actividad de las comunidades locales. La Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN, 2005), la coloca en la lista de especies en peligro y la incorpora a la norma 059 en la categoría de especies amenazadas, a pesar de que Rodríguez *et al.* (2002) mencionan que se distribuye en un territorio cercano a las 46,000 ha. Es indiscutible e impostergable la conservación del encinar por los grandes beneficios que aporta.

La madera de *Quercus hintonii* y de *Q. magnoliifolia* posee las cualidades macroscópicas y microscópicas consignadas en la literatura para las especies mexicanas del género *Quercus* (Bucio, 1985; Guerrero, 1985; Cruz de León, 1995; López y Rechy, 1995; De la Paz Pérez, 2000; De la Paz Pérez y Quintanar, 2001; De la Paz Pérez *et al.*, 2006), las cuales son: olor y sabor no característicos, veteado pronunciado, textura gruesa, hilo recto, anillos de crecimiento marcados, pocos poros y solitarios, punteaduras areoladas alternas, platina de perforación simple y paredes terminales oblicuas en los elementos vasculares, traqueidas vasicéntricas, radios uniseriados y multiseriados, homogéneos, formados de células procumbentes, los uniseriados numerosos y fibras libriformes y fibrotraqueidas de diámetro fino.

Al tratarse de especies de diferente subgénero, sus rasgos particulares las identifican con cada uno en cuanto al color de la madera, altura y anchura de los radios multiseriados y el tipo de contenidos celulares (De la Paz Pérez y Aguilar, 1978). En este estudio, *Q. hintonii* presentó tonos de rosa a rojo, radios multiseriados altos y anchos de 15 a 30 series y abundantes taninos en ambos parénquimas y en las fibras. En cambio, la madera de *Q. magnoliifolia* mostró tono castaño amarillento, radios multiseriados altos y muy anchos, de 18 a 45 series, escasas tílides en los vasos y cristales prismáticos en ambos parénquimas.

Además de estas particularidades, en *Q. hintonii* la porosidad es con tendencia a la anular, las fibras son menos abundantes que en la especie blanca y de pared mediana. En *Q. magnoliifolia* la porosidad es difusa, las fibras son más abundantes

que en la especie roja y de pared muy gruesa. El conjunto de estas características influye en muchas propiedades de la madera (Kollman y Côté Jr., 1968; Jane, 1970; Panshin y de Zeeuw, 1970; De la Paz Pérez, 1985; Dinwoodie, 1975; Desch, 1991; De la Paz Pérez y Dávalos, 1995; De la Paz Pérez y Quintanar, 1997).

La anchura de los anillos de crecimiento es un carácter modificado por las condiciones ambientales y, junto con la porosidad anular o semi anular, se ve favorecida con las prácticas silvícolas, ya que se genera una dimensión homogénea de los anillos, aumentando el valor estético de la madera por su color, su veteado y su textura. Las propiedades tecnológicas afectan el peso y la dureza por la cantidad de fibras presentes en función de su separación.

La altura y anchura de los radios multiseriados ejercen un efecto en el veteado, en la textura y en las contracciones; estas últimas aumentan con la abundancia de fibras y de paredes gruesas, lo que repercute en el comportamiento de la madera durante el secado (Ávila, 1985; Bejar, 1985; De la Paz Pérez *et al.*, 2005).

Con relación a los contenidos celulares, la madera con abundancia de cristales exige un trato diferente frente a otras (Zavala, 2003), pues en el aserrío también deben considerarse el tamaño y la distribución de estos componentes. Las tílides están ligadas a la impermeabilidad, y estas estructuras, además de los taninos, a la resistencia a la pudrición.

Estos caracteres que varían entre subgéneros pueden cambiar dependiendo del sitio de recolección (De la Paz Pérez, 1985). Al analizar la literatura, la especie *Quercus magnoliifolia*, estudiada por Arcia (1979) y recolectada en Tejupilco cerca de la cañada de Nanchititla, Estado de México; las muestras tomadas en Leonardo Bravo, Guerrero, por Corral (1981) así como el material estudiado por Revuelta y Zamora (1990), en Morelia, Michoacán, revelaron una marcada diferencia de color entre albura y duramen, los vasos con abundantes tílides, los radios multiseriados muy altos y excesivamente anchos, con numerosos cristales prismáticos en ambos parénquimas. Corral (1981), además, identificó taninos en el parénquima.

Arcia (1979) identifica a *Quercus ochroestes* Warb (sinónimo de *Q. hintonii*) como un encino blanco; sin embargo, esta especie es un encino rojo, por lo que los datos anatómicos que registra no coinciden con los resultados obtenidos para *Q. hintonii* del presente estudio.

Al comparar los resultados de las dos especies estudiadas con otras del mismo género, el tipo de parénquima axial de *Q. hintonii* es semejante al de *Q. acutifolia* Née de Atoyac de Álvarez, Guerrero, *Q. candicans* Née de Villa Guerrero, Michoacán, *Q. crassifolia* Humb. *et* Bonpl. de Mazamitla, Jalisco, *Q. laurina* Humb. *et* Bonpl. de Cd. Guzmán, Jalisco; *Q. mexicana* Humb. *et* Bonpl. de Huayacocotla, Veracruz (encinos rojos); *Q. excelsa* Liebm. de Zapotitlán, Jalisco; *Q. obtusata* Humb. *et* Bonpl. de Villa Madero, Michoacán y *Q. resinosa* Liebm. de Villa Madero,

Michoacán (encinos blancos), pero en *Q. hintonii* es más abundante. Para el caso de *Q. magnoliifolia* la poca diferencia de color entre albura y duramen, radios multiseriados bajos y muy anchos, pocas tílides y pocos cristales son las características que difieren con la mayoría de las especies blancas e inclusive con otros ejemplares de la misma especie de otras localidades.

El estudio de la anatomía de la madera aporta información que permite sugerir un mejor aprovechamiento del recurso forestal y la aplicación adecuada de los procesos de transformación. A través de la investigación generada durante varias décadas, se resaltan las excelentes características anatómicas de la madera de encino y con base en ésta, se sugieren usos, sin embargo, a pesar de ello y de la amplia distribución nacional de este género, sigue siendo uno de los recursos forestales maderables al que no se le ha aplicado la tecnología apropiada ni los usos correctos.

Es urgente que se implementen acciones por parte de instituciones gubernamentales y no gubernamentales que contrarresten esta situación, interesando a los dueños del recurso en formar grupos de trabajo interdisciplinario que incluya aspectos sociales, políticos y económicos, de acuerdo al conocimiento técnico y de uso tradicional, además de generar proyectos que tramiten con diversas instancias apoyos financieros para desarrollar programas de aprovechamiento sustentable de los recursos. Con ello será factible lograr el rescate y la conservación de la flora y la fauna, el suelo, los mantos acuíferos, recuperar la calidad del aire y mejorar la vida de los habitantes de cada región.

Finalmente es importante señalar que en países norteamericanos, europeos y asiáticos, la madera de las especies del género *Quercus* es muy utilizada y comercializada (Rendle, 1969a y b, 1970; Jane, 1970; Panshin y de Zeeuw, 1970). A pesar de su abundancia, su distribución y las excelentes propiedades tecnológicas de su madera, en México es un recurso forestal maderable desaprovechado, siendo el carbón y la leña los usos más frecuentes (De la Paz Pérez *et al.*, 2000).

CONCLUSIONES

La madera de *Q. hintonii* se considera como una buena opción por su capacidad para ser sometida al maquinado, torneado, lijado, clavado y pegado, además de ofrecer un terminado suave y un pulido uniforme; mientras que la de *Q. magnoliifolia* es una madera resistente a diversos esfuerzos y a la pudrición.

Ambas especies se recomiendan para la elaboración de productos de alta calidad de acuerdo con su estructura, con el fin de integrar este valioso recurso a la actividad forestal.

AGRADECIMIENTOS

Las autoras agradecen al Sr. Patricio Reyes, dueño del bosque, las facilidades brindadas para la recolección del material de estudio, a la Bióloga Lourdes Aguilar la identificación de las especies y su asesoría en las características botánicas, al Sr. Jorge Lodigiani su ayuda en el procesado del material fotográfico y al Biólogo Miguel Bravo la elaboración de la Figura 1.

REFERENCIAS

Aguilar E., Ma. de L. y S. Romero R. 1995. Estudio taxonómico de cuatro especies de encino (*Quercus*) descritas por Warburg. Acta Botánica Mexicana 31: 63-71.

Arcia, G. D. 1979. Anatomía y características físicas de la madera de tres encinos del estado de México. Tesis de Licenciatura. Escuela Nacional de Agricultura. Chapingo, Edo. de México. México. 75 p.

Ávila S., C. G. 1985. Secado en estufa de la madera aserrada de mezclas de encinos rojos y blancos. *In:* Memoria del II Seminario Nacional Sobre Utilización de Encinos. Guadalajara, Jal. 22-24 de mayo de 1985. Publicación Especial Núm. 49. INIF, SARH. México, D. F. México. pp. 218-228.

Bejar, G. 1985. Algunas recomendaciones prácticas para la utilización de la madera de encino. *In:* Memoria del II Seminario Nacional Sobre Utilización de Encinos. Guadalajara, Jal. 22-24 de mayo de 1985. Publicación Especial. Núm. 49. INIF, SARH. México, D. F. México. pp. 380-386.

Bucio, Y. 1985. Características anatómicas de la madera de cinco especies de encinos del estado de Michoacán. Boletín Técnico. Núm. 109. INIF, SARH. México, D. F. México. 50 p.

Comisión Nacional del Agua (CNA). 1998. Cuencas hidrológicas. México, D. F. Escala 1: 250,000.

Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). 1998. La diversidad biológica de México: estudio de país. http://www.ine.gob.mx/ueajei/publicaciones/libros/312/bibliog.html (Fecha de consulta: 28 de mayo de 2007).

Corral, G. 1981. Anatomía de la madera de siete especies del género *Quercus*. Boletín Técnico. Núm. 72. INIF, SARH. México, D. F. México. 55 p.

Cruz de León, J. 1995. Características anatómicas de cuatro especies de encinos del Sur de Nuevo León. *In:* Memoria del III Seminario Nacional Sobre Utilización de Encinos. 4-6 de noviembre de 1992. Universidad Autónoma de Nuevo León. Linares, N. L. México. Tomo II. pp. 381-397.

Chattaway, M. 1932. Proposed standards for numerical values used in describing wood. Tropical Woods 29: 20-28.

De la Paz Pérez, O., C. y L. Aguilar E. 1978. Diferencias morfológicas externas y anatómicas de la madera de los encinos blancos y rojos. Boletín Técnico Núm. 109. INIF, SARH. México, D. F. México. 50 p.

De la Paz Pérez O., C. 1985. Variación en la estructura anatómica de los encinos y su efecto en el aprovechamiento de los mismos. *In:* Memoria del II Seminario Nacional Sobre Utilización de Encinos. 22-24 de mayo de 1985. Guadalajara, Jal. México. Publicación Especial. Núm. 49. INIF, SARH. México, D. F. México. pp. 291-312.

De la Paz Pérez O., C. y R. Dávalos S. 1995. Relación estructura propiedades de la madera de dos especies de *Quercus*. *In:* Memoria del III Seminario Nacional Sobre Utilización de Encinos. 4-6 de noviembre de 1992. Universidad Autónoma de Nuevo León. Linares, N. L. México. Tomo II. pp. 427-441.

De la Paz Pérez O., C. y A. Quintanar I. 1997. Las características tecnológicas de la madera. ContactoS 19:15-21.

De la Paz Pérez O., C. 2000. Relación estructura propiedades físico-mecánicas de algunas especies de encinos (*Quercus*) mexicanas. Tesis Doctoral. Facultad de Ciencias. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D. F. México. 266 p.

De la Paz Pérez O., C., R. Dávalos S. y E. Guerrero C. 2000. Aprovechamiento de la madera de encino en México. Madera y Bosques 6(1): 3-13.

De la Paz Pérez O., C. y A. Quintanar I. 2001. Características anatómicas de la madera de *Quercus castanea* Née, *Q. crassifolia* Humb. & Bonpl. y *Q. laurina* Humb. & Bonpl. Rev. Cien. For. en Méx. 24(86): 95-107.

De la Paz Pérez O., C., R. Dávalos S. y A. Quintanar I. 2005. Influencia de los radios en algunas propiedades físicas y mecánicas de la madera de ocho encinos (*Quercus*) del estado de Durango, México. Madera y Bosques 11(2): 49-68.

De la Paz Pérez O., C., S. Vélez J. y J. Ceja R. 2006. Estudio anatómico de la madera de cinco especies del género *Quercus* (Fagaceae) del estado de Oaxaca. Madera y Bosques 4(2): 45-65.

Desch, H. E. 1981. Timber: its structure, properties and utilisation. The Macmillan Press Ltd. London, UK. 410 p.

Dinwoodie, J. M. 1975. Timber: a review of the structure-mechanical property relationship. Journal of Microscopy 104(1): 3-32.

García, E. 1998. Climas. Clasificación de Köppen, modificado por García. CONABIO. México, D. F. Escala 1:1, 000,000.

Global Trees Campaign 2005. Resources. *Quercus hintonii*. http://www.global.tress.org/reso_asp?id=17 (Fecha de consulta: 28 de mayo de 2007).

Gobierno del Estado de México. 2005. Diagnóstico ambiental. Región XII Tejupilco. http//200.67.183.230/ZONADESCARGA/R12%20Tejupilco.pdf (Fecha de consulta: 28 de mayo de 2007).

González V., L. Ma. 1986. Contribución al conocimiento del género *Quercus* (Fagaceae) en el Estado de Jalisco. Colección Flora de Jalisco. Instituto de Botánica. Universidad de Guadalajara. Guadalajara, Jal. México. 240 p.

Guerrero, L. 1985. Descripción microscópica de la madera de 8 especies de encinos de la región de Cosautlán de Carvajal, Veracruz, México. *In*: Memoria del II Seminario Nacional Sobre Utilización de Encinos. 22-24 de mayo de 1985. Guadalajara, Jal. Publicación Especial Núm. 49. INIF, SARH. México, D. F. México. pp. 282-290.

International Association of Wood Anatomists (IAWA) Committee. 1937. Standard terms of length of vessels members and wood fibers. Tropical Woods 51: 21-22.

International Association of Wood Anatomists (IAWA) Committee. 1939. Standards terms of size for vessels diameter and ray width. Tropical Woods 59: 51-52.

International Association of Wood Anatomists (IAWA) Committee. 1964. Multilingual glossary of terms used in wood anatomy. Verlagsanstalt, Switzerland. 186 p.

International Association of Wood Anatomists (IAWA) Committee. 1989. List of microscopic features for hardwood identification. IAWA 10(3): 219-332.

Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI). 2008. Estado de México. Ob.mx/geografía/espanol/estados/edomex (Fecha de consulta: 1 de octubre de 2008).

Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI). 2000a. Marco geoestadístico estatal del Estado de México. México, D. F. Escala 1: 250,000.

Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI). 2000b. Marco geoestadístico municipal del Estado de México. México, D. F. Escala 1: 250,000.

Jane, F. W. 1970. The structure of wood. Adam & Charles Black. London, UK. 478 p.

Johansen, D. A. 1940. Plant microtechnique. McGraw-Hill Co. New York, NY. USA. 523 p.

Kollman, F. P. and W. A. Côté, Jr. 1968. Principles of wood science and technology. Volume I: Solid wood. Springer-Verlag Berlin, Heidelberg, Germany. 592 p.

Kribs, D. A. 1968. Commercial foreign woods on the american market. Dover Publications, Inc. New York, NY. USA. 241 p.

López, Ma. de los A. y Ma. de los A. Rechy. 1995. Estudio anatómico de la madera de dos especies de encino del sur de Nuevo León. *In*: Memoria del III Seminario Nacional Sobre Utilización de Encinos. 4-6 de noviembre de 1992. Universidad Autónoma de Nuevo León. Linares, N. L. México. Tomo II. pp. 941-958.

Martínez, M. 1981. Los encinos de México. Anales del Instituto de Biología, México. Serie Técnica Manejo No. 8. Comisión Forestal del estado de Michoacán. Morelia, Mich. México. 258 p.

McVaugh, R. 1974. Flora Novo-Galiciana. Contrib. Univ. Mich. Herb. 12 part 1. (3): 1-93.

Moreno, N. P. 1984. Glosario botánico ilustrado. Instituto Nacional de Investigaciones Sobre Recursos Bióticos. Xalapa, Veracruz, México. 300 p.

Munsell. 1990. Munsell soil color charts. Baltimore, MD. USA. 17 p.

Nixon, K. 1993. The genus *Quercus* in Mexico. *In*: Ramamoorthy, T. P., R. Bye, A. Lot & J. Fa (Eds.) Biological Diversity of Mexico: origins and distribution. Oxford University Press. New York, NY. USA. pp. 447-458.

Panshin, A. J. y C. de Zeeuw. 1970. Textbook of wood technology. I. McGraw-Hill Book Company. New York, NY. USA. 705 p.

Rendle, B. J. 1969a. World timbers. 1. Europe & Africa. Ernest Benn Limited-University of Toronto Press. London, UK /Toronto, ON, Canada. 191 p.

Rendle, B. J. 1969b. World timbers. 2. North and South America (including Central America and the West Indies). Ernest Benn Limited-University of Toronto Press. London, UK /Toronto, ON, Canada. 150 p.

Rendle, B. J. 1970. World timbers. 3. Asia & Australia & New Zealand. Ernest Benn Limited-University of Toronto Press. London, UK /Toronto, ON, Canada. 175 p.

Revuelta, Ma. de los M. y J. Zamora. 1990. Anatomía de la madera de seis especies de encinos (*Quercus* spp.) del municipio de Morelia, Michoacán. Tesis Profesional. Escuela de Biología. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Morelia, Mich. México. 103 p.

Reyes J., I. 2006. *Quercus hintonii* Warburg: especie endémica del encinar del SW del Estado de México. ContactoS 60: 64-72.

Rodríguez A., M., A. Combes J. y H. Morales I. 2002. Distribución y caracterización del hábitat de *Quercus hintonii* en México. *In:* Memorias del XV Congreso Mexicano de Botánica. 14-19 de octubre de 2001. Querétaro, Qro. México. 545 p.

Romero R., S., E. C. Rojas y D. C. Almonte. 2000. *Quercus hintonii* Warb. (Fagaceae) encino endémico de la Depresión del Balsas, México y su propagación. Polibotánica 11: 121-127.

Romero, R. S., E. C. Rojas y Ma. de L. Aguilar E. 2002. El género *Quercus* (Fagaceae) en el Estado de México. Ann. Missouri Bot. Gard. 89: 551-593.

Sandoval Z., E. 2005. Técnicas aplicadas al estudio de la anatomía vegetal. Universidad Nacional Autónoma de México. Instituto de Biología. Serie Cuadernos, Núm. 38. México, D. F. México. 278 p.

Tortorelli, L. 1956. Maderas y bosques argentinos. ACME. Buenos Aires, Argentina. 910 p.

Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN). 2005. http://www.redlist.org (28 de mayo de 2007).

Zavala Ch., F. 1998. Observaciones sobre la distribución de encinos en México. Polibotánica 8: 47-64.

Zavala Z., D. 2003. Efecto del sistema de aserrío tradicional en las características de la madera de encino. Madera y Bosques 9(2):29-40.