TÓPICOS SELECTOS DE SERICULTURA

Memoria de los Talleres del Proyecto Fomix-Hidalgo
2009-131264

Dr. Alejandro Rodríguez Ortega | M.C. Jorge Vargas Monter | M.C. Alejandro Ventura Maza
Dr. Aarón Martínez Menchaca | M.C. Juan Rodríguez Martínez | Dr. Muhammad Ehsan
Dr. Francisco M. Lara Viveros

Julio de 2012

UPFIM
UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE FRANCISCO I. MADERO

CONACYT

FOMIX

HIDALGO
TIERRA DE TRABAJO

COCYTEH

El contenido de esta memoria proviene de las experiencias documentadas en el proyecto Fomix-Hidalgo 2009-131264, "Plantaciones de morera y poblaciones de gusano de seda (*Bombyx mori*) para su adaptación en la región del Valle del Mezquital, Huasteca y Otomí-Tepehua del estado de Hidalgo" y de revisión documental realizada por los autores.

Fotos de portada, talleres realizados en las zonas de estudio con productores, académicos y alumnos y en contraportada el cultivo de morera de la UPFIM (tomadas por el Dr. Alejandro Rodríguez Ortega).

Servicios editoriales y diseño
Alquimia diseño
Diseño y formación
Laura Delia Varela Michel
Cuidado editoral
Martha Varela Michel

Primera edición: 2012

ISBN: 978-607-9260-00-2

D.R. © 2012

Impreso en México
Distribución gratuita (prohibida su venta)

Directorio

LIC. JOSÉ FRANCISCO OLVERA RUIZ
Gobernador del Estado de Hidalgo
Lic. Fernando Quetzalcóatl Moctezuma Pereda
Secretario de Gobierno
Ing. José Pablo Maauad Pontón
Secretario de Desarrollo Económico
Lic. Aunard de la Rocha Waite
Secretario de Finanzas
Lic. Joel Guerrero Juárez
Secretario de Educación Pública
Lic. José Alberto Narváez Gómez
Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural
Dr. José Enrique Villa Rivera
Director General del Conacyt
Mtro. Jorge E. Moreno Díaz
Secretario Técnico del Fomix-Conacyt, Gobierno del Estado de Hidalgo y Director Regional Sur-Oriente del Conacyt
Ing. José Calderón Hernández
Secretario Administrativo Fomix-Conacyt, Gobierno del Estado de Hidalgo y Director General del Cocyteh
Ing. Juan de Dios Nochebuena Hernández
Rector Universidad Politécnica de Francisco I. Madero
Lic. Julio Pérez Espinoza
Secretario Académico de la UPFIM
Lic. Joel I. Valencia Blanco
Secretario Administrativo de la UPFIM
M.C. Sergio Cortez Gamboa
Director de la Ingeniería en Agrotecnología de la UPFIM

Presentación

La sericicultura, llamada también sericultura, es una actividad con historia en México, actualmente diversas instituciones como la Universidad Politécnica de Francisco I. Madero, ubicada en Tepatepec, el Instituto Tecnológico de Huejutla, el Consejo Estatal de Ciencia y Tecnología de Hidalgo, a través del Fomix, y el Centro de Sericicultura de San Luis Potosí la intentan impulsar, dadas las ventajas climáticas, edáficas y comparativas del país y la posibilidad concreta de crear condiciones competitivas a través de la construcción social.

En el presente trabajo *Tópicos selectos de sericultura. Memoria de los talleres realizados en el Proyecto Fomix-Hidalgo, 2009-131264*, constituye un documento básico de consulta y orientación para investigadores, técnicos, agricultores y demás personas interesadas en el desarrollo de esta actividad agropecuaria en nuestro país.

Los editores

Agradecimientos

Los autores agradecen al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (Conacyt), a los Fondos Mixtos (Fomix), al Consejo Estatal de Ciencia y Tecnología del Estado de Hidalgo (Cocyteh), a la Secretaría de Economía del Estado de Hidalgo, al Instituto Tecnológico de Huejutla y a la Universidad Politécnica de Francisco I. Madero (UPFIM), por su apoyo financiero y logístico a esta investigación.

Igualmente agradecemos al Maestro Herminio Baltazar Cisneros (ex rector de esta casa de estudios) y a los académicos, administrativos y alumnos de las ingenierías de Agrotecnología y Agroindustrias de la UPFIM; a los académicos y alumnos de Agronomía y Biología del Instituto Tecnológico de Huejutla y a los alumnos que realizaron servicio social en este proyecto del Departamento de Zootecnia de la Universidad Autónoma Chapingo y de la Licenciatura en Gastronomía de la Universidad Científica Latino Americana de Hidalgo.

Finalmente hacemos un reconocimiento muy especial a todos los productores del Valle del Mezquital, de la Huasteca Hidalguense y de la zona Otomí-Tepehua del estado de Hidalgo por el gran interés y apoyo durante la ejecución del proyecto y en los talleres realizados en sus comunidades.

Contenido

El gusano de seda en México: una línea de tiempo desde su llegada al país hasta los trabajos actuales 11
Juan Rodríguez Martínez
José Ramón Ojeda Barraza

Fitosanidad de la morera (*Morus spp.*) en la Sericultura 25
Alejandro Rodríguez Ortega
Aarón Martínez Menchaca
Jaime Cortez Velázquez
Luis Félix Gutiérrez

Tecnologías alimenticias a base de morera (*Morus spp.*) en los sistemas de producción animal 41
Jorge Vargas Monter

Uso de morera (*Morus alba)* en sistemas de agricultura de conservación (AC): una propuesta agroforestal para el estado de Hidalgo 57
Alejandro Ventura Maza
Francisco M. Lara Viveros
Ehsan Muhammad

Una mirada a la sericicultura en México e Hidalgo: síntesis fotográfica 75
Alejandro Rodríguez Ortega
Alejandro Ventura Maza
Jorge Vargas Monter
Juan Rodríguez Martínez

El gusano de seda en México: una línea de tiempo desde su llegada al país hasta los trabajos actuales

Juan Rodríguez Martínez[1]
José Ramón Ojeda Barraza[2]

En el México prehispánico ya se utilizaban y se comercializaban productos elaborados con seda de varias especies nativas. Antes y durante la época del emperador azteca Moctezuma II (1502-1519) se fabricaban pergaminos, entre otros productos artesanales.

Los españoles introducen la sericicultura en el siglo XVI en tiempos de la Colonia. Se dice que fueron misioneros dominicos quienes trajeron el gusano de seda y la morera, aprovechando la licencia concedida por la Corona Española, aunque también se dice que fue Hernán Cortés el primer introductor. Debido a lo benigno de las condiciones agroclimáticas de México, ya para el año 1537, la sericicultura se reporta como una actividad próspera en el Valle de México, San Luis Potosí, Puebla, Tlaxcala, Michoacán y sobre todo en la Mixteca Oaxaqueña.

Antes de establecerse el comercio con Manila, la lencería y las sedas españolas tenían gran demanda y consumo en la Nueva España, no así después que se regularizaron los viajes de los galeones o naos, como se les llamaba a las embarcaciones procedentes de Filipinas o de China, pues la seda procedente de estos países de Oriente se conseguía a más bajo precio. Algunos comerciantes introducían inclusive seda cruda china que mandaban hilar, torcer y teñir, y que servía para fabricar rebozos, chales y otros tejidos que exportaban también a Perú, hecho que originó

[1] Asesor de desarrollo agropecuario en el ayuntamiento de Jiquilpan, Michoacán y colaborador de la Universidad Politécnica de Francisco I. Madero. Kilómetro 2 de la carretera Tepatepec-San Juan Tepa, Francisco I. Madero, Hidalgo, México. rodmartjuan@yahoo.com.mx
[2] Profesor por asignatura de la Universidad Politécnica de Francisco I. Madero.

que a fines del siglo XVI y principios del siglo XVII el Rey de España Felipe IV, en una medida proteccionista, prohibiese el comercio con España y Perú y se redujesen además los permisos para llevar sedas de las Filipinas a la Nueva España y para que todas las mercancías de esas islas fuesen gravadas con nuevos impuestos a las importaciones al desembarcar en Acapulco.

En Puebla y Antequera (hoy Oaxaca) se fabricaban tejidos con seda china que venía en galeones de Filipinas, junto con terciopelo, damascos, mantos, tocas, tafetanes, etcétera.

El cura Don Miguel Hidalgo y Costilla, a principios del siglo XVII, enseñó a sus feligreses, en su mayor parte indígenas, a cultivar viñedos y moreras (para la cría de gusanos de seda), y a practicar la apicultura y ciertas actividades artesanales como la producción de loza y ladrillos. (Encarta 2005).

Las medidas proteccionistas, impuestas por España y Portugal, se reflejarían aún después de la independencia de las colonias españolas y portuguesas, por otro lado, aún con la falta de visión y apoyo de los gobiernos locales, la sericicultura encuentra abrigo en la población de Oaxaca y se incrusta hondamente en la cultura e idiosincrasia de su gente.

Con excepción del estado de Oaxaca, la sericicultura en México no goza de gran tradición. En las otras regiones del país donde se practica la sericicultura, lo hacen en tiempos recientes, específicamente a principios de los años noventa, cuando la sericicultura se reactiva con la llegada de expertos japoneses, que en su gran mayoría eran especialistas ya jubilados (llamados comúnmente expertos *sénior*), quienes arriban a México a través de un convenio de transferencia de tecnología básica en sericicultura entre México y Japón, entre los años 1991-1994, llamado *Mini-proyecto de transferencia de tecnología básica en sericicultura*. El convenio se firma el 20 de junio de 1991, después de que en los años 1988, 1989 y 1990, expertos japoneses realizan visitas y estancias de evaluación sobre la factibilidad de echar a andar un proyecto de sericicultura de gran envergadura para México. El *Mini-proyecto* termina el 31 de julio de 1994.

A través del *Mini-proyecto*, se inicia la llegada de expertos japoneses en distintas disciplinas de la sericicultura, de la misma manera, técnicos mexicanos viajan a Japón para capacitarse en centros sericícolas de alto nivel. Veámos cómo funcionó este convenio:

El gobierno de Japón, a través su Agencia de Cooperación Internacional del Japón (JICA, por sus siglas en inglés), se comprometía a enviar expertos japoneses de alto nivel a México y aceptaba recibir a estudiantes mexicanos en Japón para que se capacitaran en distintas disciplinas de la sericicultura en instituciones especializadas. Se planteó que los mexicanos en capacitación aprendieran con prácticas concretas los fundamentos técnicos que apalancaran el futuro desarrollo de la sericicultura en nuestro país.

El convenio estipulaba que Japón donaría materiales y equipo sericícola para apoyar el desarrollo del proyecto mexicano durante la duración del convenio, mientras que el gobierno de México se comprometía a atender a los expertos japoneses, proporcionar instalaciones, personal técnico y terreno para la implementación de un huerto de moreras.

El gobierno japonés a través de JICA cumplió con su parte, pues durante la ejecución del convenio (1991-1994) y aún después, hasta el año 2006, envió alrededor de 17 expertos con estancias de corto, mediano y largo plazos, proporcionó equipo y materiales sericícolas con valor de muchos miles de pesos y capacitó por períodos de cuatro a seis meses a seis técnicos mexicanos en Japón y en México otros tantos.

La contraparte mexicana del convenio era la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos (SARH), hoy Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA), quien no cumplió bien su cometido y frenó el proyecto por la falta de apoyos institucionales, tampoco en la atención como anfitriones de los expertos japoneses, además, en algunos casos, la deficiente administración de quienes estaban al frente de la delegación estatal de la SEDARH y SAGARPA, después se incluyó la dirección del Centro Nacional de Sericicultura (CENALSE), a diferencia de la atención prestada a los técnicos mexicanos que

tuvieron la oportunidad de viajar a capacitarse a Japón. En los hechos, el CENALSE se crea como instrumento legal de soporte al *Mini-proyecto* de transferencia de tecnología, dándosele nombre de nacional, aunque legalmente en los círculos de gobierno nunca se le reconoció como tal, pues implicaba por ley que el centro contase con un presupuesto propio y con manejo independiente a la SEDARH o SAGARPA estatales y que el personal que ahí laboraba tuviese que ser considerado en otro nivel de percepciones económicas. El CENALSE, durante su toda su existencia, siempre se supeditó a las migajas que le dejaban los funcionarios de la delegación en turno.

Otra de las fallas del citado proyecto fue que a los técnicos que viajaron a Japón nunca se les obligó a transmitir los conocimientos adquiridos, como tampoco significó alguna promoción o mejora en sus percepciones salariales haber tomado una capacitación especializada en aquel país. Justo es comentar que, con pocas y honrosas excepciones, la estancia en Japón de algunos de los que tuvieron la oportunidad de capacitarse, sólo significó un agradable paseo, que no se tradujo en beneficio alguno para el avance de la sericicultura en nuestro país, no por deficiencias o calidad de la enseñanza, sino por la inmadurez o despego del capacitando.

El Centro Nacional de Sericicultura continúa trabajando, pero su alcance y proyección se ha reducido considerablemente y ahora funciona más como un centro con carácter estatal. Su etapa de esplendor termina cuando pasa a manos de la Secretaría de Desarrollo Agropecuario y Recursos Hidráulicos del gobierno del estado de San Luis Potosí (SEDARH), por requerimiento del anterior secretario, doctor Manuel Sánchez Hermosillo y con la anuencia de los propios trabajadores del CENALSE, quienes vieron este traspaso como una oportunidad de mejora, lo cual, lamentablemente no fue así.

La presencia de los expertos japoneses y la gran actividad que realizaron sirvió y promovió la actividad sericícola en otros estados, al igual que en San Luis Potosí. Así, se realizaron diversos foros y reuniones de evaluación con universidades, secretarías de estado, instituciones de gobierno, particulares, etc., con miras a impulsar proyectos sericícolas aquí y allá, siendo el más importante el impulsado por el Fideicomiso de Riesgo Compartido (FIRCO) de la SAGARPA, con responsabilidad

directa del Dr. Takeda, quien impulsó proyectos sericícolas en los estados de Oaxaca, Puebla y Veracruz, apoyando con la construcción de casas de crianza y dotación de equipo en diversos municipios de esos estados, además del envío de personal técnico a cursos de capacitación a Colombia. Promovió, asimismo, que expertos coreanos vinieran a México en estancias cortas y realizaron estudios complementarios de factibilidad de los proyectos sericícolas en esos tres estados.

En Oaxaca se apoyó el trabajo ya existente en comunidades de tradición sericícola, las cuales serán enumeradas posteriormente. En el estado de Puebla se trabajó en los municipios de Ayotoxco y Hueytamalco y en el estado de Veracruz el trabajo fue realizado en Leona Vicario, Ixhuatlán del Café y Xalapa.

El trabajo en San Luis Potosí lo coordinó la dirección de FIRCO estatal, quien construyó o remodeló parte de la infraestructura con que cuenta actualmente el centro de sericicultura de Soledad de Graciano Sánchez, SLP. La infraestructura de las comunidades de la Huasteca fue encargada a consultorías externas de aquella zona.

El *Mini-proyecto de transferencia de tecnología básica en sericicultura* impulsó al estado de San Luis Potosí a nivel nacional como centro productor de simiente (Huevecillos de *Bombyx mori*) y como poseedor de tecnología sericícola. A pesar de la poca atención que recibieron los expertos japoneses por parte del Estado mexicano, a través de la delegación estatal de la SAGARPA, el proyecto creció gracias a los recursos inyectados por la Agencia de Cooperación Internacional de Japón, para el soporte de la estancia de los japoneses en México y para la donación y compra hasta de las cosas más simples, como papelería y herramientas varias.

De Japón se trajo material genético de moreras, aunque es justo comentar que el mejor se encontró en México, proveniente de plantas nativas o introducidas con anterioridad en los períodos de esplendor de la sericicultura en nuestro país. Las variedades japonesas resultaron tener hojas demasiado grandes y con ramas de engrosamiento acelerado y de gran peso, las cuales no resultaron aptas para la alimentación uniforme en los sistemas modernos.

Los huevecillos de *Bombyx mori* fueron llegando de manera subrepticia, semejante a la primera diseminación de la sericicultura en el mundo, poco a poco con el noble trabajo de los expertos japoneses y de los técnicos mexicanos se fueron obteniendo más y más cepas de *Bombyx mori*, con las cuales se realizaron cruzamientos, reafirmándose híbridos, líneas y variedades genéticas diversas y con los que se trabaja en la actualidad.

Algo interesante fue el mejoramiento de razas o variedades criollas del estado de Oaxaca, con el cruzamiento de éstas con razas japonesas se incrementó la productividad de las cepas criollas oaxaqueñas. Las razas criollas, de Oaxaca, se supone son herederas de aquellas traídas por los españoles y que se han conservado hasta nuestros días, gracias al trabajo laborioso de generaciones y generaciones de sericicultores oaxaqueños.

La sericicultura en el estado de Oaxaca se practica específicamente en la región de la Sierra Norte, llamada Los Cajonos, compuesta por las poblaciones de Santiago Sagaxía, San Miguel Cajonos y San Pedro Cajonos, San Mateo Peñasco y otras comunidades, como Teotitlán del Valle y en pequeñas comunidades de la región Mixteca.

Oaxaca cuenta con el mayor número de productores sericícolas a nivel nacional que se dedican a la siembra de la morera, crianza de los gusano de seda y extracción de hilo para la elaboración de diferentes prendas de vestir, cuenta con alrededor de 20 grupos de artesanos organizados que aglutinan más de 137 familias distribuidas en las regiones de la Mixteca, Costa, Sierra Norte y Valles Centrales.

a) Gran parte de la sericicultura oaxaqueña se realiza con huevecillos criollos rústicos, es decir, se supone que de cepas traídas alguna vez por lo españoles, ya completamente adaptados a las condiciones particulares de las distintas regiones de Oaxaca, sobre todo en cuanto a clima y variedades de morera a disposición. Los sericicultores de Oaxaca obtienen la seda, con la cual trabajan, de tres maneras distintas: tipo rústico, a través del malacate tradicional, el cual es una vasija de barro en forma cónica o circular o de una jícara, donde se hace girar un uso de barro y se va enre-

dando el hilo que es jalado de un copo de fibras de seda perfectamente desmenuzada, o bien de manera directa, se cargan en un brazo los capullos secos o frescos aún, mientras se van jalando y devanando las fibras de seda y mediante una ligera torsión, se va haciendo una bola.

b) Mediante un torno o rueca mecánica o eléctrica, la cual se alimenta de un copo de fibras de seda, previamente extraídas mediante cocimiento de capullos y extracción de la seda en forma de suaves copos.

c) Una última manera de extracción de seda es la que se obtiene mediante una máquina de tipo rústico semi-industrial y con la cual se obtienen madejas de seda cruda de filamento continuo. Con el torno o rueca se realiza el doblado y torcido de la seda cruda, aunque últimamente, en el centro de sericicultura de San Luis Potosí, se está utilizando una vieja máquina que les fue donada por un particular.

La sericicultura es un proyecto regional seccionado a nivel nacional; Oaxaca, fiel a su tradición y a su cultura centenaria, continúa ahí, en la cultura del esfuerzo, muchas veces independiente de apoyos tecnológicos externos, pues gran parte de su actividad sericícola se realiza con material genético heredado de tiempos remotos y sólo un pequeño porcentaje se obtiene del centro de sericicultura de San Luis Potosí.

Además del estado de Oaxaca, existen proyectos sericícolas en los estados de Hidalgo, Michoacán y San Luis Potosí, los cuales serán comentados a detalle más adelante.

La seda en Oaxaca

Como ya se explicó líneas arriba, la tradición sericícola en Oaxaca data desde la época de la conquista, por lo que esta actividad ya forma parte de la cultura de algunas de sus regiones, específicamente de poblaciones de la Sierra Norte, como San Miguel Cajonos, San Pedro Cajonos, Santo Domingo Sagaxía y Santiago Yaganitza; Teotitlán del Valle en Valles Centrales y San Mateo Peñasco en la Mixteca Baja.

En las sociedades del México prehispánico se confeccionaron con algodón los vestidos de personajes nobles y de gobernantes. Se consideró un material muy apreciado y que sólo se obtenía por comercio con regiones de clima cálido, que era quienes lo producían.

De 1995 a la fecha se han entregado cerca de 15 millones de gusanos de seda para el sector que actualmente cuenta con 100 hectáreas sembradas, en diferentes partes del estado, de alimento para gusano de seda.

Debido a esto, el titular de la Secretaría de Desarrollo Agropecuario, acompañado del director de Desarrollo Forestal, Félix Piñeiro Márquez, recalcó la necesidad de un centro de producción de gusano de seda en el estado.

La seda en Michoacán

Michoacán es de los estados de la república Mexicana donde la sericicultura se inicia en tiempos de la Colonia, sin embargo, tal actividad no se arraiga entre la población local de la misma manera como sucedió en Oaxaca.

El General Lázaro Cárdenas del Río impulsó la sericicultura en este estado, desde su época como gobernador y después desde su cargo como Presidente de la República, trayendo al experto griego Teodoro Papateodoro, quien desarrolló la sericicultura en la región de la Ciénega de Michoacán, específicamente Jiquilpan y Sahuayo, además de otras regiones del estado como Morelia.

No obstante el apoyo e impulso otorgado al rescate de la sericicultura, una vez que el general Cárdenas termina su periodo como presidente de la República, la sericicultura se diluye poco a poco hasta desaparecer completamente al cabo de unos pocos años. Muchos años después, el Centro Interdisciplinario para la Investigación y el Desarrollo Integral Regional-Unidad Jiquilpan, Michoacán, retoma el tema sericícola a mediados de los años 80, introduciéndolo en sus planes de desarrollo regional, se realizan investigaciones en torno al tema, envían a algunos de sus técnicos a tomar cursos de capacitación con los expertos sericícolas japoneses que trabajaban el *Mini-proyecto de transferencia de tecnología básica en serici-*

cultura en San Luis Potosí, así como algunos de estos expertos visitan el CIIDIR-Michoacán con el mismo propósito.

En el transcurso de los trabajos de investigación del CIIDIR-Michoacán, se recolectan ejemplares de moreras en distintas regiones de Michoacán, así como de San Luis Potosí, y se establece un *arboreto*, con el que se trabaja actualmente.

El trabajo desarrollado por los técnicos del CIIDIR permitió propagar moreras en San Felipe de los Herreros y Santa Fe de la Laguna, de la Meseta Purépecha y Jiquilpan, Venustiano Carranza y Sauayo de la Ciénega de Chapala, y otros municipios como Chilchota. En la llamada Meseta Purépecha se iniciaron pequeñas crías de gusanos de seda y se establecieron plantaciones de moreras para impulsar proyectos sericícolas, ganaderos y de forestería, aprovechando las cualidades de la morera como planta multipropósito. Para el establecimiento de las plantaciones, se aprovecharon variedades de morera criollas y los huevecillos de *Bombyx mori,* proporcionados por el Centro Nacional de Sericicultura, de donde obtienen además asesoría técnica y otras variedades de morera con altas cualidades, se les da uso igualmente a las hojas y ramas de morera como forraje animal.

Fue hasta el año 2011, cuando el CIIDIR-Michoacán atendió el proyecto sericícola y lo consideró dentro de sus programas prioritarios de investigación y desarrollo, un año antes, en el 2010, toma posesión otro director y, por cuestiones meramente políticas y de revanchismo de grupos, echa abajo el proyecto sericícola, el cual ya contaba con el aval de las autoridades municipales y estatales para invertir y apoyar el plan a una escala más avanzada (aquí, con este simple ejemplo, me queda claro porqué en distintos periodos de la historia de nuestro país, la sericicultura ha fracasado o desaparecido). Para fortuna del proyecto sericícola, éste es tomado entonces por las autoridades municipales del ayuntamiento de Jiquilpan, quienes proporcionan desde esa misma fecha instalaciones y personal para su soporte material y técnico.

El proyecto sericícola se instala, desde entonces, en un sitio conocido popularmente como la Casita de Piedra, construcción que perteneció al General Lázaro Cárdenas del Río y que fue su casa de campo, se encuentra ubicada en un agradable sitio en medio del Bosque Cuauhtémoc, lugar de paseo para las personas de Jiquilpan

y de la región, y aunque no cuenta con grandes recursos materiales o económicos, tiene personal calificado que hace todo lo posible por adecuar el trabajo que realiza a las condiciones particulares del medio y lograr el crecimiento del proyecto.

Uno de los principales planteamientos del proyecto Michoacán fue ir creciendo de manera escalonada, así que hasta ahora sólo se han establecido lotes de morera en traspatios, con lo que se realizan por ahora pequeñas crianzas de gusanos de seda. Parte de los huevecillos con los que se trabaja se producen ahí mismo con cruzamientos de simiente europea y asiática y algunos otros huevecillos se compran en el centro de sericicultura de San Luis Potosí.

La crianza de gusanos de seda se realiza dos o tres veces durante el año y los capullos que se obtienen se utilizan en su mayor parte para la elaboración de diversas manualidades como aretes, collares, pulseras, prendedores, cuadros, arreglos de novia, flores y objetos diversos, incluso algunas personas se dedican de manera plena a esta actividad como fuente alternativa de ingresos. El otro aprovechamiento lo constituye la obtención de hilo artesanal de seda en máquinas tipo rueca, con el cual se elaboran bufandas, prendas para bebé, guantes y otros.

Como parte del aprendizaje para la confección de prendas en seda, específicamente rebozos, chalinas, bufandas y corbatines, se habilitó un taller de rebocería dentro de las instalaciones de la Casita de Piedra, contando con el mobiliario mínimo para ello en lo que corresponde a redina, cañonera, bastidor, talud, madejera, así como varios juegos completos de piezas de diferente tamaño para el armado de un telar de cintura. Actualmente se trabaja con hilo de artisela, para posteriormente ya bien capacitados y con experiencia práctica, trabajar con hilo de seda. La escuela de rebocería trabaja de lunes a sábado con talleres trimestrales, los alumnos aprenden además la actividad sericícola como complemento.

En temporadas de crianza, la Casita de Piedra es visitada por gran número de grupos escolares de todos los niveles, convirtiéndose en visita obligada para ellos, al igual que algunos turistas que acuden a la región de Jiquilpan.

La seda en San Luis Potosí

San Luis Potosí es uno de los estados de la república donde la sericicultura se desarrolló en distintos momentos de nuestra historia. Según referencias históricas es en el año 1824 que se establecen las primeras plantaciones de moreras, de las cuales se obtenían cantidades modestas de seda en el valle de Villa de Reyes, cercano a la ciudad de San Luis Potosí. No obstante esto, es en el año 1880, durante el porfiriato, que la industria de la seda tiene su mejor repunte, ya que se introdujeron talleres para su torcido y teñido.

El último intento de impulso a la sericicultura se produjo durante el gobierno del general Lázaro Cárdenas del Río, según testimonios de particulares. Sin embargo, la actividad se reactiva de manera más amplia con la llegada de expertos japoneses de la Agencia de Cooperación Internacional del Japón (JICA), quienes realizan un estudio de campo entre los años 1989-1990, determinando la viabilidad de la sericicultura en nuestro país, particularmente en el estado de San Luis Potosí. La evaluación determinó que la zona media era la que reunía las mejores condiciones para el desarrollo del proyecto, resultado que le da sustento a la firma de un convenio de cooperación tecnológica entre México y Japón con duración de tres años. A este convenio se le llamó *Mini-proyecto de transferencia de tecnología básica en sericicultura*. Ya se explicó líneas antes, que a pesar de la finalización de su compromiso con México, JICA siguió apoyando con expertos sericícolas hasta el año 2006.

El trabajo desarrollado por los expertos de JICA y el personal técnico de la SAGARPA permitió abrir campos de cultivo de moreras al interior del estado de San Luis Potosí, centrándose en su zona Huasteca, donde se impulsaron siete proyectos productivos, pero por medidas puramente políticas se escogieron comunidades poco adecuadas, algunas de difícil acceso y otras en terrenos poco apropiados, así, con el trabajo ya en marcha, se determinó lo inapropiado de su elección, por lo que al final quedaron sólo dos. De estas comunidades que quedaron, una no pudo seguir adelante con el proyecto, a pesar de sus excelentes condiciones naturales, esto se debió a cuestiones socioculturales, ya que los esposos de las participantes

limitaban a las mujeres para trabajar con independencia y al cabo del tiempo hubo de cancelarse el proyecto.

Actualmente, sólo se trabaja en una comunidad del municipio de Aquismón, llamada Santa Anita, en donde se formó una cooperativa de productores que cuenta actualmente con alrededor de 20 miembros, hombres y mujeres. Ellos realizan dos o tres crianzas anuales, producen seda artesanal de excelente calidad, la cual transforman en diversas prendas tejidas o complementos para bisutería que venden en mercados locales, nacionales y, aunque en pequeña escala, también en el extranjero.

En la cooperativa se dedican, además, a la producción en gran escala de plantas de morera, las que venden a productores sericícolas o ganaderos, principalmente, como una alternativa sustentable en los sistemas de explotación ganadera. La morera es un excelente forraje animal, dado su aceptable contenido de proteína y sus apreciadas y balanceadas cualidades nutricionales en lo general.

En San Luis Potosí siempre se ha intentado ligar el proyecto sericícola a la tradición artesanal de la confección del rebozo, sin embargo, esto no ha podido concretarse hasta el día de hoy y los artesanos del rebozo continúan adquiriendo la seda de introductores o intermediarios comerciales, que la importan desde China, lo cual encarece mucho sus costos de producción y reduce o restringe su margen de utilidades a la venta.

La seda en Puebla y Veracruz

En los estados de Puebla y Veracruz, con el apoyo del Fideicomiso de Riesgo Compartido (FIRCO), se impulsaron también proyectos sericícolas en varias localidades, se construyeron casas de crianza con recursos federales e inclusive se apoyó con material vegetativo para el establecimiento de plantaciones de morera y para la compra de equipo mínimo de crianza, como secadoras para capullos, devanadoras, camas de crianza y otros. Además se asignó un técnico para la atención de los módulos de producción.

Las localidades de Puebla donde se iniciaron proyectos sericícolas fueron Ayotoxco y Hueytamalco y en el estado de Veracruz en la comunidad de Ixhuatlán del Café, Leona Vicario y en los alrededores del municipio de Xalapa.

La seda en Hidalgo

No hay referencias históricas respecto a la sericicultura en este estado hasta el inicio del *Mini-proyecto de transferencia de tecnología básica en sericicultura*, impulsado por la Secretaria de Agricultura y Recursos Hidráulicos en agosto de 1991, cuando una familia del municipio de Actopan establece contacto con el recién fundado Centro Nacional de Sericicultura y reciben asesoría directa por parte de los expertos en sericicultura japoneses y los técnicos mexicanos del CENALSE.

A diferencia de los proyectos emprendidos en los estados de Puebla y Veracruz y que fueron apoyados e impulsados por FIRCO, el proyecto particular de la familia hidalguense siguió adelante con recursos propios y aún a la fecha continúa realizando crianzas con huevecillo que le proporciona el centro de sericicultura de San Luis Potosí.

Las condiciones de suelo y clima en el Valle del Mezquital son apropiadas y actualmente se evalúa el impacto que puede manifestarse por el hecho de que en esa zona el riego de las plantaciones de morera se realiza con aguas negras tratadas que vienen de la Ciudad de México y con la cual se riegan en esta zona casi todo tipo de cultivos.

En la zona del Valle del Mezquital se encuentra enclavada la Universidad Politécnica de Francisco I. Madero, que en la búsqueda de alternativas productivas para el desarrollo regional, vislumbró a la sericicultura como actividad prometedora, por lo que propuso al Consejo de Ciencia y Tecnología del Estado de Hidalgo (Cocyteh) un proyecto de investigación a realizarse en tres zonas geográficas del estado: Valle del Mezquital, San Bartolo Tutotepec, en la zona Otomí-Tepehua, y Huejutla, en la zona Huasteca, con duración de dos años.

El proyecto de investigación permitió evaluar las cualidades productivas de la morera en las tres zonas geográficas del estado, se realizaron pequeñas crianzas de gusanos de seda, con las que se evaluó la calidad nutricional de las hojas de tres variedades mexicanas de moreras.

Como parte sustancial del proyecto se realizaron trabajos de investigación que han sustentado tesis profesionales de estudiantes de la universidad, y se ha propiciado la participación de investigadores y estudiantes en foros estatales y nacionales con los resultados obtenidos con el proyecto.

En cada sitio evaluado se estableció una plantación de morera de una hectárea y en la propia universidad Politécnica de Francisco I. Madero se determinaron áreas específicas y laboratorios para la cría de gusano de seda, se realizaron talleres y foros estatales sobre los distintos aspectos de la actividad sericícola con especialistas y técnicos mexicanos, además de visitas de exploración y conocimiento sobre la sericicultura que se practica en otros estados de la República.

La intención de los técnicos de la UPFIM, involucrados en este proyecto de investigación, es sustentar su viabilidad agronómica, económica y social en cada una de las regiones objeto del estudio, para pasar con esto a estadios superiores de desarrollo.

La tarea incluye la capacitación en las diversas disciplinas de la sericicultura, tanto en México como en el extranjero, establecer comunicación con instituciones o grupos interesados en el proyecto para impulsar planes conjuntos, crear, con especialistas y productores sericícolas de otra parte del país, la Red Mexicana de la Seda, instrumento jurídico nacional que permita atraer apoyos internacionales y, sobre todo, conjuntar y organizar los esfuerzos dispersos de los sericicultores mexicanos.

Fitosanidad de la morera (*Morus spp.*) en la sericultura

Alejandro Rodríguez Ortega[1]
Aarón Martínez Menchaca[1]
Jaime Cortez Velázquez[2]
Luis Félix Gutiérrez[2]

Introducción

La sericultura es una actividad agroindustrial de obtención de hilo de seda a partir del capullo que construye el gusano de seda (*Bombyx mori*). El alimento exclusivo es la hoja de la morera (*Morus spp*), por lo tanto, es factible su producción donde ésta se desarrolle (Marino, *et al,* 2004).

La sericultura se origina con el descubrimiento del devanado de los capullos de seda y se considera que fue casualidad. La historia cuenta que en el año 2,689 a. C., la emperatriz china Si-Lung-Shi se encontraba bebiendo una taza de té en su jardín, debajo de un árbol de morera, cuando un capullo cayó en su taza y por el calor de la infusión se separaron unos hilos suaves y resistentes que llamaron la atención de la emperatriz quien, usando la misma técnica, consiguió obtener hilos que superaron la calidad de los tejidos conocidos hasta entonces (Cifuentes y Sohn, 1998).

Los chinos durante muchos años lograron conservar el secreto de la producción de la seda por medio de medidas sumamente drásticas, aplicaban hasta la

[1] Universidad Politécnica de Francisco I. Madero. Kilómetro 2 de la carretera Tepatepec-San Juan Tepa, Francisco I. Madero, Hidalgo, México. arodriguez@upfim.edu.mx
[2] Instituto Tecnológico de Huejutla, Hidalgo.

pena de muerte a quien se atreviera a sacar de su territorio huevecillos, gusanos o mariposas de la especie (Feidt, 1927.)

La sericultura para los países en vías de desarrollo es esencialmente una industria rural y de beneficio social capaz de proveer empleo a grandes sectores de población, sin embargo, había sido considerada por un largo tiempo como una ocupación subsidiada en las áreas rurales. Los avances tecnológicos recientes han hecho posible practicarla en una escala intensiva, con resultados monetarios usualmente superiores a la mayoría de cosechas agrícolas (FAO, 1976).

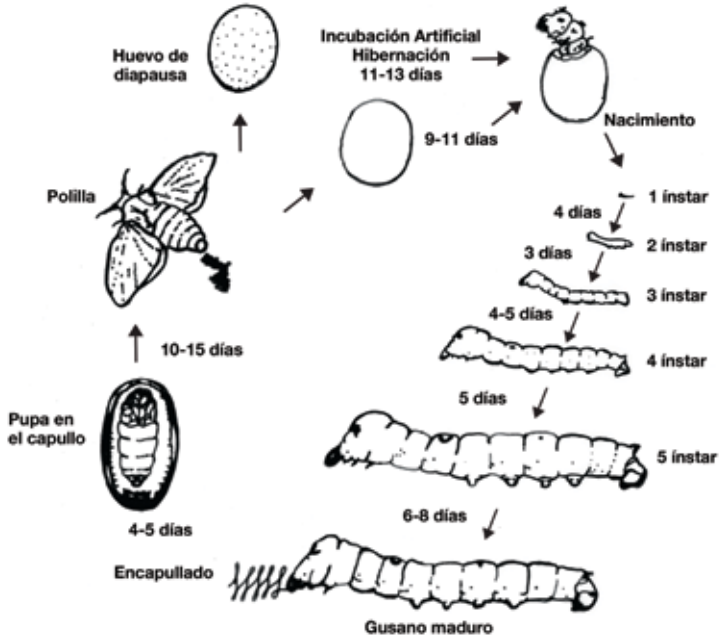
Gusano de seda

El gusano de seda es el insecto que produce seda a partir de morera, es una especie domesticada que ha sido explotada por más de 5,000 años. Las razas criadas hasta hoy han sido derivadas de un gusano silvestre *Bombyx mandarina*, originario de China, India y Corea, perteneciente al mismo género, a pesar de que el gusano de seda *Bombyx mori* pose 28 pares de cromosomas, un par más que el *Bombyx mandarina*, ambas especies pueden aparearse y reproducirse (Cifuentes y Kee-Wook, 1998).

Según Veda *et al.* (1997) y Aruga (1994), el gusano de seda se clasifica de acuerdo al lugar de producción, es decir, a la región nativa: raza japonesa, raza china, raza europea o raza tropical y también de acuerdo al *voltinismo: univoltinos, bivoltinos y multivoltinos*, así como por la cantidad de mudas, que pueden ser: trimudantes, tetramudantes y pentamudantes.

Ciclo de vida

El gusano de seda es una larva u oruga de un insecto lepidóptero, que tiene metamorfosis completa, atraviesa por los estados de huevo, larva, pupa o crisálida y adulto o mariposa en un periodo de 50 a 55 días (Salice *et al.*, 2001). (Figura 1).



Fuente: Cifuentes y Kee Wook, 1998

Figura 1. Ciclo de vida del gusano de seda

La etapa de huevecillo (periodo de incubación) tiene una duración de siete a 10 días, la etapa larval se divide en dos fases: la primera, de alimentación y crecimiento, que dura de 25 a 30 días y la segunda de construcción de capullo que dura de tres a cuatro días, la etapa de pupa (metamorfosis dentro del capullo) dura de 10 a 14 días, y la etapa adulta que se refiere a la salida del capullo, apareamiento, puesta de huevecillo y muerte dura de tres a cinco días (Marmolejo, 1982).

Moricultura

La planta de morera (*Morus spp.*) fue domesticada para la alimentación del gusano de seda y en la actualidad se conocen diversas variedades distribuidas por todo el mundo. (Mendonca *et al.*, 1981)

La morera es un árbol de ramas finas originario de China, cuyas hojas se utilizan en la alimentación del gusano de seda (Sánchez, 1999; Mendonca *et al*., 1981). Se comenzó a sembrar en los países asiáticos hace alrededor de 5,000 años (Kitahara, 2001). En China y en la India se realiza investigación de la morera constantemente con el propósito de mejorar la alimentación del gusano de seda, países europeos como Francia, Italia, Bulgaria y Polonia efectuaron trabajos de investigación desde inicios del siglo XIX hasta mediados del siglo XX, cuando la producción de seda prácticamente desapareció. Actualmente, se realizan estudios sobre morera para alimentación animal en Japón, India, Tanzania, Kenya, Costa Rica, Colombia, Cuba, México, Guatemala y Brasil e incluyen aspectos agronómicos, modalidades de cosecha, conservación de forrajes y pruebas con animales (Benavides *et al*., 1986).

El creciente interés por esta práctica ha propiciado mayor movimiento de especies y variedades de morera por todos los continentes, por lo que se distribuyen tanto en zonas templadas como en las tropicales y subtropicales (Cifuentes y Kee-Wook, 1998).

Taxonomía

La morera es una especie caducifolia que pertenece al orden Urticales, familia *Moraceae* y género *Morus* (Sánchez, 1999). Subclase dicotiledónea, clase angiosperma y división *Spermatophyta*. La familia *Moraceae* se subdivide en cuatro subfamilias que agrupan 55 géneros y 950 especies. (Sánchez, 1999).

Las plantas son leñosas perennes de porte bajo a medio, semicaducifolias en las condiciones del trópico, de rápido crecimiento, monoica o dioica, y con un sistema radical profundo (Medina *et al*., 2009). Con tronco de corteza grisácea que llega a medir 60 cm de diámetro, con hojas alternas, pecioladas, simples, íntegras, brillantes y estipuladas. (Ver figuras 2 y 3).

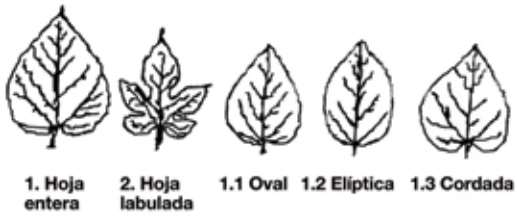


Figura 2. Forma de las hojas

Fuente: Cifuentes y Kee Wook, 1998

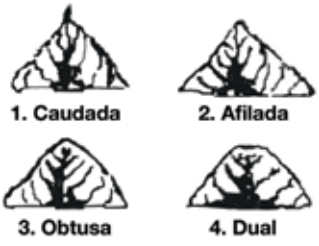


Figura 3. Punta de la hoja (ápice)

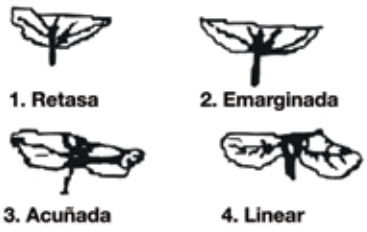


Figura 4. Base de la hoja

La sericultura ha sido la razón principal del impresionante proceso de selección y mejoramiento del género *Morus* a través del tiempo en diferentes países, principalmente en Asia y Europa; la mayor diversidad de especies se concentra en Asia, especialmente en China y Japón. (Medina, 2004).

Las especies del género *Morus* se caracterizan por su amplio germoplasma varietal. *Morus alba, M. nigra, M. indica, M. laevigata* y *M. bombycis* han sido usadas para la cría del gusano de seda (Pentón *et al*., 2007). De las cuales se han producido variedades de excelente capacidad de producción de biomasa, excelente calidad y alta resistencia a las plagas y enfermedades, cultivadas y adecuadas para un amplio rango de condiciones de clima y suelo (Sánchez, 2002).

Plagas

Cruz (1993), señala que las principales clases de insectos que atacan la morera son las siguientes:

Chinche harinoso (*Panonychus citri (McG). Tetranychidae*)

El insecto, cuando es adulto maduro, mide 5 mm de largo y 3 mm de ancho, por lo general toma una forma de elipsoide, es grueso y denota un color rosado claro. La parte del dorso lo cubre un polvo blanco. La hembra cuando se reproduce muere al quedar vacía, recién salida la larva del huevo se establece en la hoja tierna. Si la plantación de morera se encuentra en estación pluvial ésta crece y la chinche decrece, si las ramas están desarrolladas es muy probable que se encuentren agusanadas.

Daño: provocado por la larva y el adulto, que se establecen bajo las hojas tiernas, provocado que los brotes principales no se desarrollen, por la cual empiezan a crecer brotes auxiliares, en algunos casos no permiten su desarrollo, trayendo como consecuencia que no exista crecimiento foliar. Si la rama está agusanada el entrenudo se hace grueso y corto y el viento provoca que se desprenda con facilidad.

Control: quemar ramas que sean hospederas de la chinche, cuatro días antes de recoger hojas rociar una solución de DDVP a una emulsión de 2,000 veces.

Barrenador de tallos

El adulto tiene un cuerpo de 40 a 50 mm de longitud, la hembra presenta una coloración negra pardusca y marrón amarillento el macho. La hembra hace un hoyo en la corteza en forma de U en una rama de aproximadamente un año y deposita los huevecillos adentro, cuando la larva sale del huevo se alimenta por nueve o 10 meses del *xilema*, al que llega en la estación seca, para convertirse en pupa la larva, se desplaza a la parte más baja del tronco principal.

Daño: la larva daña los tallos ya que come las ramas y el tronco principal. El adulto se alimenta de la parte exterior de la rama provocando que la parte superior perezca. Los huevecillos se depositan en un hoyo profundo que llegue al xilema, la larva

que sale del huevo se alimenta del xilema de la rama y tronco principal y hace un orificio para descargar las heces, las cuales caen al pie del tronco. Las ramas afectadas crecen pobremente, se marchitan las hojas, la rama es muy frágil y tiende a romperse de manera fácil.

Control: llevar a cabo un programa de manejo mediante una cosecha de corte bajo. En la parte donde la hembra depositó los huevos se pega una mezcla de almidón acompañada de una solución de Dieldrin al 0.5 %. Con un alambre se mata la larva, identificando el lugar donde se hizo el depósito de huevecillos, cerca de la abolladura de la cicatriz se pueden observar huevos y larvas. El adulto puede identificarse por su tamaño para posteriormente matarlo.

Cochinilla escamosa

Ataca principalmente las ramas tiernas y las hojas, el insecto se identifica por tener un cuerpo de color marrón claro que mide de ocho a nueve milímetros de largo y de cuatro a cinco milímetros de ancho. El adulto es de color marrón grisáceo, se arrastra lentamente sobre la rama, al mismo tiempo va poniendo sus huevos marcando todo el camino con su huella de tono blanco.

Daño: esta cochinilla se desplaza encima de las ramas tiernas y hojas, con la función de succionar la savia de la planta, a consecuencia de esto hay un lento crecimiento en ramas. En el momento que succiona la savia descarga un jugo dulce de su cuerpo que le sirve para adherirse a la hoja, provocando que la hoja empiece a tener una coloración negra, que se denomina *mildiú,* por lo tanto, deja de servir como alimento para el gusano de seda.

Control: existen sustancias químicas que ayudan a detener la propagación de este insecto, pero se considera un método difícil, se recomienda identificar las ramas que sirven de hospederas para la cochinilla, cortarlas y quemarlas para evitar diseminación.

Cochinilla negra

El insecto adulto adapta la forma de un huevo y mide de 2 a 3 mm de largo y es de color marrón negruzco, al depositar los huevos muere y cubre con el cuerpo el

lugar, tiene una cutícula firme y repelente al agua, por lo tanto, se considera difícil penetrarla con sustancias químicas. El daño lo hacen por la succión de la savia de hojas y ramas tiernas.

Control: identificar ramas dañadas, retirarlas para posteriormente quemarlas en un lugar apartado de la plantación. La utilización de sustancias químicas no se considera un método favorable para fines prácticos.

Gorgojo pequeño de la morera (*Baris deplanata*)

Los huevos son depositados por la hembra en tallos y ramas en la época de invierno, permaneciendo aun después de la realización de podas. El insecto adulto mide 5 mm de largo. El *xilema* de la rama es el alimento de la larva.

Daño: cuando la planta se encuentra en estado de invernación, o en época de invierno, el gorgojo ataca las yemas. El tallo, la hoja, la base del vástago joven y la venida de la yema la ataca cuando hay un crecimiento foliar, todo esto ocurre después de la primavera y de la poda de la época de verano, que trae como consecuencia marchitez, deformación, muerte de las yemas, tallos, hojas y vástago.

Control: la utilización de productos químicos en la época de primavera. Se recomienda cortar ramas duras semimarchitas en el estado de invernación.

Saltahojas o lorito verde (*Empoasca flavescens*)

En la parte del envés de la hoja son colocados los huevos por la hembra, estos son de color amarillo pálido, en 10 días eclosionan, dando como resultado pequeñas ninfas, sin alas y de color verde pálido, algo parecido a los adultos, dentro de este estadio viven en las hojas, adoptando un color más intenso de acuerdo con la edad. El insecto adulto es alado, de color verde y mide de 2.5 a 4 mm de largo.

Daño: el envés de la hoja sirve de alimento, el insecto chupa la savia, provocando la quemadura de la hoja por un virus, ya que el insecto se considera portador. La hoja presenta una mancha café triangular en la punta, como si se hubiera provocado con fuego o la planta pasó por un estado de sequía. Los márgenes cafés crecen a lo

ancho hasta provocar que sólo quede una tira estrecha en la vena central, presentando una tonalidad verde.

Control: el único método que se recomienda es utilizar un sistema de riego por aspersión.

Gusanos peludo (*Estigmene acrea*)

El ataque es esporádico, entre los meses de mayo y septiembre, causando daño tanto en brotes jóvenes de morera en vivero como en plantas adultas.

Control: utilizar sustancias químicas durante la fase de vivero. El control a través de la poda es efectivo.

Hormiga arriera

Los nidos causan defoliación y muerte de las plantas, ya que atacan el crecimiento del sistema radicular.

Control: defoliaciones esporádicas de plantas, ubicar los nidos de la hormiga y controlarlos con productos utilizando *Atta-kill*.

Ácaros (*Tetranychus equitorius*)

Los ácaros se localizan en el envés, atrapados con una telaraña, son de forma esférica y muy pequeños. El estadio de incubación dura de cuatro a ocho días, dando como resultados las ninfas, las más jóvenes son de color rosado pálido. La hembra es capaz de poner de dos a 10 huevos por día y en todo el periodo de vida de 70 a 75 huevos.

Daño: tienen una parte bucal chupadora la cual utilizan para penetrar la epidermis de la hoja que empieza a mostrar síntomas de enfermedad cuando el ataque es significativo, cuando la agresión es menor hay manchas pálidas en toda la superficie de la hoja, después comienzan a adoptar una apariencia oxidada y en la parte del envés se observan pequeñas telarañas que contienen ácaros. En el control se pueden utilizar como depredadores los coccinélidos y también el sistema de riego por aspersión.

Nematode (*Meloidogyne incognita*)

El gusano tiene forma de pera, generalmente la hembra es la que presenta más definido este aspecto. Ataca principalmente las raíces.

Daño: hacen nudos en la raíces, las plantas que presentan esta plaga tienen un aspecto clorótico y se atrofia su crecimiento.

Enfermedades

La morera se considera una planta resistente a plagas y enfermedades, sin embargo, según Cruz (1993), las enfermedades que atacan la morera son los siguientes:

Mildiu polvoriento (*Phillactinia moricola P. Hennings*)

La causa un hongo que se disemina a través del viento en forma de esporas, este patógeno penetra hacia las estomas del envés de las hojas tiernas absorbiendo los nutrientes, estas hojas no se encogen ni caen, pero se reduce su valor como alimento para el gusano de seda.

Sintomatología: en la parte del envés de la hoja se presenta un crecimiento fúngico de color blanco en forma de pequeñas manchas que en poco tiempo se extienden hasta unirse con otras, dando un aspecto de una hoja cubierta en polvo, completamente enferma la hoja y presenta una coloración marrón amarillenta en la parte del haz.

Control: el hongo tiene la capacidad de diseminarse rápidamente, está presente casi todo el año y, como no hay defoliación de la planta en los trópicos, no hay forma económica de control.

Mancha de la hoja

Enfermedad generada por *Septogloeum mori* que se disemina rápidamente atacando principalmente el envés de las hojas sanas provocando manchas negras.

Sintomatología: en la parte del envés de la hoja se observan manchas pequeñas de color negro, se empieza a extender hasta fusionarse con otras y la cubre com-

pletamente. Las hojas por lo general se marchitan y otras mueren, por lo que baja el nivel de nutrición para el gusano.

Control: no existe un método que intervenga en la propagación de esta enfermedad ya que no tiene consecuencias de daño significativo.

Roya bacteriana

Las hojas son atacadas por una bacteria (*Pseudomonas mori*) que entra por las estomas o heridas del árbol provocadas por la actividad humana, mordeduras o picaduras de insectos. La enfermedad se desarrolla satisfactoriamente en una estación pluviosa.

Sintomatología: el limbo de las hojas y vástagos tiernos se marchitan, cuando la enfermedad se ha desarrollado completamente, en la estación pluvial, las manchas de las hojas presentan una tonalidad de color marrón, la bacteria ataca la vena y el peciolo provocando la aparición de la pus bacteriana amarillenta. Como consecuencia de esto las hojas sufren deformaciones.

Control: para evitar la diseminación de esta enfermedad es necesaria la utilización de productos químicos, rociar estreptomicina al 0.01 a 0.1% sobre vástagos tiernos y hojas tres veces al día, este fungicida no es dañino para el gusano, reducir la utilización de fertilizantes nitrogenados, o llevar un buen manejo de éstos, no provocar heridas en los tallos, si se detectan plantas con la enfermedad es importante su destrucción: se recomienda quemarlas.

Llagas radiculares (*Roselinia sp.*)

Sintomatología: inicia con la pérdida de brillo, la planta presenta una tonalidad amarillenta, decae, se marchita, la enfermedad se dispersa a nivel de raíces y cuello de la planta hasta provocar la muerte.

Control: realizar zanjas para evitar difusión, realizar limpieza de la plantación, si se encuentra alguna planta con esta enfermedad se recomienda quitarla y quemarla.

Mancha de fuego (*Ascochyta sp.*)

La enfermedad provoca manchas de color café oscuro tomando una forma anillada, que con el aumento de la enfermedad cambia de color a grisáceo.

Actividades agronómicas que intervienen en la fitosanidad

Fertilización

El árbol requiere de una buena fertilización, tanto en la siembra como después de cada corte. Cuando se va a establecer la morera es recomendable hacer una fertilización con abono completo, 12-24-12 a razón de 90 kg/ha, y para su mantenimiento se deben utilizar 180 kg/ha de urea. La fertilización puede ser inorgánica, orgánica o la combinación de ambas (Benavides, 1999).

Se recomienda el uso de gallinaza composteada como fertilizante orgánico, a razón de 300 a 500 kg/ha/año de nitrógeno (N). Es posible utilizar otras fuentes como las excretas de otras especies de animales y el humus de lombriz, entre otros; siempre y cuando se garantice un adecuado contenido de N en el suelo. Desde el punto de vista económico es factible utilizar fertilizantes inorgánicos (Rojas y Benavides, 1992).

El cultivo de morera responde muy bien a la aplicación de materia orgánica en cantidades hasta de 8 t/ha, contribuyendo a: mejorar la estructura del suelo, aumentar la capacidad de retención de humedad, mejorar la actividad microbiológica, cambiar la reacción del suelo, incrementar la retención de nutrimentos, abastecer de micro y macro nutrimentos; mejorar la fijación del nitrógeno y disminuir la retención del fósforo. La otra alternativa que se puede incorporar al proceso es el uso de la fertilización foliar, mediante el cual los nutrimentos son absorbidos por la planta a través de las hojas o follaje, lo cual permite una absorción rápida y favorece la corrección de las deficiencias nutrimentales observadas. A través de esta vía se incorporan a la planta macro y micro nutrimentos a los que generalmente se le agregan bioactivadores orgánicos, como hormonas y microorganismos, los cuales son capaces de producir sustancias promotoras del crecimiento (García *et al.*, 2006).

Riego

El consumo de agua del cultivo es de aproximadamente 5mm/día durante el periodo de mayor crecimiento vegetativo, lo que significa que se necesitan aproximadamente 150mm mensuales de lluvia o riego. Las hojas comienzan a amarillear y luego se caen cuando hay deficiencia de agua; en ese caso, es necesario utilizar riego complementario. El método más común es el riego por surcos (irrigación por gravedad). La elección de los distintos sistemas de riego dependerá de los medios con que se cuenta; en caso contrario, donde se acumula agua en el terreno se debe estudiar la forma de retirar el excedente, debido a que las plantas no toleran condiciones de exceso de agua y sus raíces se pudren (Pescio *et al*., 2006).

La cantidad de agua que se requiere para sintetizar un gramo de materia seca es de 280-400 ml. La cantidad requerida no es constante, cambia gradualmente de acuerdo con las condiciones ambientales, la nutrición del suelo, etcétera (Cifuentes y Kee-Wook, 1998).

El contenido adecuado de agua en el suelo para que la morera se desarrolle bien es de 70 a 80% de la capacidad de retención de humedad. Los diferentes tipos de suelo cambian este valor (Cifuentes y Kee-Wook, 1998).

Literatura citada

Aruga, H. 1994. *Principles of Sericulture* (Translated from Japanese). A.A. Balkema/ Rotterdam. 376 p.

Benavides, J. E. 1999. *Utilización de la morera en sistemas de producción animal.* [En línea]. www.fao.org/ag/AGA/AGAP/FRG/agrofor1.com. Consultado el 30 de septiembre de 2002.

Benavides, J., Borel, R. & Esnaola, M.A. 1986. "Evaluación de la producción de forraje del árbol de morera (*Morus spp.*) sometida a diferentes frecuencias y alturas de corte". Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. Resumen de las investigaciones realizadas con rumiantes menores, en el Proyecto de Sistemas de Producción Animal. Serie Técnica. *Informe Técnico* 67: 74-76.

Cifuentes, C. y Sohn, K. W. 1998. *Manual técnico de sericultura: biología, morfología y fisiología del gusano de seda.* Pereira, Co. Risaralda, pp. 141-176.

Cifuentes, C.A. & Kee Wook, S. 1998. *Manual técnico de sericultura: cultivo de la morera y cría del gusano de seda en el trópico.* Convenio SENA-CDTS. Colombia. 438 p.

Cruz, F. C. 1993. "Cultivo de la morera". Instituto Nacional de Investigación Agraria. *Manual* 14-93 Lima, Perú. 82 p.

FAO, 1976. *Mulberry cultivation*. Via delle Terme di Caracalla 00100. Roma. Italia

Feidt, E. 1927. Estación sericícola "acero" de Monterrey, N.L. *Instrucciones sobre el cultivo del gusano productor de seda*. Compañía Fundidora de Fierro y Acero de Monterrey, S. A. Biblioteca de Propagación Cultural. México, D.F. p. 24.

García, D., Noda, Y., Medina, G., Martín, G., y Soca, M. 2006. "La morera: una alternativa viable para los sistemas de alimentación animal en el trópico". *Avances en investigación agropecuaria.10* (1):55-72.

Kitahara, N. 2001. "Mulberry-pasture association system in Japan". In: *Mulberry for animal feeding in China.* (Eds. Jian, L.; Yuyin, C.; Sanchez, M. & Xingmeng, L.). Hangzhou, China. pp. 27-28.

Marino, P., Enciso, C. H. y Martínez, L. 2004. "Desarrollo de tecnologías apropiadas para la industrialización de la seda". INTA. *5° Jornada de Desarrollo e Innovación,* p. 2.

Marmolejo, G. A. 1982. "Gusano de seda (*Bombyx mori*). Aspectos generales sobre su cría". Universidad Nacional Autónoma de México. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. *Tesis*. México D.F. 72 p.

Medina, M.G., García, D., Moratinos, P. & Cova, L.J. 2009. *La morera* (*Morus spp.*) *como recurso forrajero: avances y consideraciones de investigación*. Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas del estado. Trujillo, Venezuela.

Mendonca, V., Carvalho, F., Nogueira, P., Moura, P. H. y Tadeu, H. 1981. "Sustratos no enraizamiento de estacas de morera (Morus alba L.)". *Revista verde de agroecología*. "El desenvolvimiento sustenta el grupo verde de agricultura alternativa". (GVAA). ISSN 1981-8203.

Pescio, F., Zunini, H., Pedro, B. C., Divo, de S. M., Frank, R. G., Pelicano, A. E. y María V. C. 2006. *Sericultura: manual para la producción*. Instituto Nacional de tecnología Industrial (INTI). Facultad de Agronomía UBA. 188 p.

Rojas, H y Benavides, J. E. 1992. "Producción de leche de cabras alimentadas con pastos y suplementadas con altos nivel de morera". En: *Memorias del Seminario Centroamericano de Agroforestería y Rumiantes menores*. Enero, Chiquimulas, Guatemala.

Sánchez, 1999. *Morera: un forraje excepcional disponible mundialmente*. [En línea]. www. <fao.org/waicent/search/default.asp>. Consultado el 10 de enero de 2003.

Veda, K., Nagai, I. and Horikomi, M. 1997. "Silkworm rearing" (translated from Japanese). *Science Publishers*. Inc., USA. 302 p.

Tecnologías alimenticias a base de morera (*Morus spp.*) en los sistemas de producción animal

Jorge Vargas Monter[1]

Introducción

La alimentación es un factor determinante en la producción y en la obtención de beneficios, ya que representa 70% de los costos de producción animal. La alimentación depende de las características de la especie, del sistema de producción adoptado por el productor (intensivo, extensivo, semi-intensivo) y del objetivo de producción del animal: carne, leche, lana (Wegler, 1998). Sin embargo, los requerimientos de los principales nutrientes: proteína y energía en gran escala son cubiertos con grano de maíz y productos de soya, ingredientes que en la actualidad tienen altos costos y son de difícil acceso para medianos y pequeños productores. Por ello, los sistemas de producción animal tienen el reto de desarrollar alternativas de alimentación que permitan lograr sistemas rentables, sostenibles en el tiempo y no destructores del medio ambiente sin depender de recursos externos a la explotación.

El uso de árboles forrajeros, en los esquemas de alimentación animal, es una alternativa en el presente y en el futuro para la producción sostenible. Investigaciones llevadas a cabo en diversos países han destacado el alto contenido de proteína en las hojas de morera y los grandes rendimientos de biomasa por unidad de área (Boschini *et al.*, 1999 y Elizondo, 2007). La inclusión de morera; hojas y ramas verdes, harinas y ensilados, en la dieta de los animales, permite bajar los costos por ser un buen sustituto de concentrados, además de complementar la dieta a base de forrajes fibrosos de baja calidad nutrimental en los sistemas de traspatio.

[1] Ingeniería en Agrotecnología. Universidad Politécnica Francisco I. Madero. C.P.42660, Hidalgo, México. jvargas@upfim.edu.mx

En la morera en cultivo, o en árboles de crecimiento natural, el corte y acarreo del follaje es el método más práctico para la alimentación del ganado. Diversas investigaciones señalan el aprovechamiento del forraje a través de procesos de ensilados y elaboración de harinas. Se han realizado estudios del comportamiento animal empleando la morera en diversos centros de investigación, registrando resultados exitosos, entre ellos se encuentran el Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), el Centro Internacional de Investigación en Agroforestería (ICRAF) y el Instituto de Investigación en Producción Animal de Tanzania.

La investigación del potencial forrajero de la morera en México está en desarrollo, se registran trabajos aislados en Chapingo, el Colegio de Posgraduados, Universidad de Yucatán, San Luis Potosí y en la Politécnica de Francisco I. Madero en el estado de Hidalgo. Por ello, el propósito del presente documento es describir las características generales del cultivo de morera e integrar las tecnologías alimenticias a base de morera utilizadas con éxito en la producción animal.

Origen y distribución de la morera

La sericultura ha sido la razón principal del impresionante proceso de selección y mejoramiento del género *Morus* a través del tiempo en los diferentes países, principalmente en Asia y Europa; la mayor diversidad de especies se concentra en Asia, especialmente en China y Japón. Por ello se han producido una gran cantidad de variedades de excelente capacidad de producción de biomasa, extraordinaria calidad y alta resistencia a las plagas y enfermedades, cultivadas y adecuadas para un amplio rango de condiciones de clima y suelo (Medina *et al*., 2004).

En México el impulso de la sericultura en la época colonial en los estados de Oaxaca, Michoacán y San Luis Potosí promovió la introducción de diversas variedades provenientes de Japón y Europa, principalmente, sin embargo a lo largo del territorio nacional y por la característica de la morera de adaptarse a diversos ambientes, hoy están presentes una gama de ejemplares locales de los cuales se desconoce su origen varietal, lo que demanda en un futuro la necesidad de tipificar y definir las características morfo agronómicas.

Agronomía de la morera

La altitud propicia de plantación de la morera es de 1,500 a 2,500 msnm, en un rango amplio de temperatura entre 13 y 380 °C, precipitaciones entre 600-2,500 mm y humedad relativa entre 65 y 80% (Benavides, 2000). La planta demanda suelos de textura media arcillo arenosas o areno arcillosas profundos, con un nivel freático de un metro, bien drenados, topografía plana o con pendientes inferiores a 40%, de fertilidad aceptable con rangos de pH entre 6,5 y 6,8 aunque la planta es tolerante a la salinidad y a la acidez (García *et al*., 2006). La morera tiene un ciclo de cosecha de tres meses, tiempo en el cual sus hojas son llevadas para consumo del gusano de seda (*Bombyx mori*) y de animales de establo.

Establecimiento. El estacado es el método de siembra más utilizado, sin embargo, en los sistemas de producción animal, donde se aprovecha a través del pastoreo, para el corte y el acarreo es recomendable usar propagación por semilla para favorecer un sistema radicular profundo con capacidad de absorción de agua y nutrientes que garanticen la productividad y longevidad de las plantaciones.

El establecimiento por estacas es sencillo, éstas se obtienen de las ramas añales de árboles madres de 25-35 cm y de 1.0 a 2.0 cm de diámetro, con tres o cuatro yemas y con cortes de bisel a 45°C, se sumergen en solución enraizadora por unos minutos y se plantan en vivero por 120 días o directamente en el sitio de cultivo, garantizando la humedad y la temperatura del suelo para el prendimiento de las estacas. El tiempo que tarda la planta para anclar raíces fuertes es de tres años, al año de plantación su altura será de 2 m, en este periodo se sujeta a una poda de formación, y su producción de forraje representará 30% de una planta adulta, la producción del segundo año será de 60% y al tercer año alcanzará su potencia. El tiempo de madurez es un aspecto crítico que limita la introducción exitosa de la morera, sin embargo, un árbol bien establecido puede tener 20 años de vida productiva.

Cultivo. El número de animales que se alimentarán, o la cantidad de forraje a utilizar en los diversos sistemas de producción determinan las características del cultivo de morera en los sistemas de producción animal. En los sistemas de traspatio, don-

de el número de animales es reducido, y las necesidades de forraje son pequeñas, se deben establecer árboles aislados en huertos, con objetivos de ornato y de producción. En los sistemas campesinos, donde el factor tierra es una limitante para la producción, la morera debe aprovecharse como cerco vivo en los contornos de los terrenos o bien realizar su cultivo de forma mixta con otras especies de interés para el productor.

En sistemas semi-intensivos o intensivos, las plantaciones se definen de acuerdo con la infraestructura y tecnologías usadas para la alimentación. En zonas tropicales y subtropicales pueden establecerse en sistemas de pastoreo en alternancia con pastos nativos y ser una fuente complementaria de proteína de animales en crecimiento, o bien como monocultivo en densidades de 20,000 plantas por hectárea y ser cosechada y acarreada mecánicamente al pesebre del ganado. En zonas templadas con auxilio de riego se pueden manejar plantaciones intensivas de corte y de acarreo para animales en etapas fisiológicas con altos requerimientos de proteína y fibra. La densidad de siembra en sitios planos es de 45 cm entre plantas y un metro entre surcos. En zonas húmedas o con riego, sin presencia de heladas, se puede sembrar durante todo el año. El primer corte debe efectuarse a los 12 meses después de establecida la plantación y si la fertilización es adecuada puede ser cada tres meses (Oviedo *et al*., 1994). También se pueden establecer sistemas mixtos con leguminosas fijadoras de nitrógeno para la producción intensiva de forraje (Talamucci y Pardini, 1993).

Fertilización. El crecimiento y la producción de la planta están directamente relacionados con los niveles de nitrógeno del suelo, si falta, las hojas son de un verde pálido, opacas y pobres en proteína. Las hojas obtenidas de plantas fertilizadas con nitrógeno son más gruesas, jugosas, tiernas y más nutritivas. La morera es una planta demandante de nitrógeno, por ello se recomienda la opción de cultivarse asociada a leguminosas con efectiva fijación de nitrógeno, por medio del abono de tipo biológico, llamado rizobium, se pueden reducir los insumos de fertilizantes. Se recomienda una aplicación de al menos 15 ton/ha de composta en dos aplicaciones. En cultivos destinados a estudios agronómicos se han empleado dosis nitrogenadas a partir de gallinaza equivalentes a 100, 300 y 500 kg N/ha/año (García *et al*., 2002).

Rendimientos

Los rendimientos de biomasa están en función de la relación hoja-tallo de la morfología de la planta, la cual cambia de acuerdo a la variedad, la región y al manejo agronómico (Espinoza, 1996). En producciones intensivas se registran 92 toneladas de hojas y tallos verdes por hectárea (Mehla *et al*., 1987). También se han registrado 8.5 y 14.1 toneladas por hectárea de materia seca de hojas y tallos, respectivamente (Shayo, 1997). En sistemas intensivos la producción de hojas se maximiza después del cuarto año, llegando a 15 kg por árbol o 30,000 kg por hectárea. En árboles aislados de cuatro a 10 años de edad se registran producciones de 14-20 kilogramos.

Bromatología

La morera en verde o seco representa un forraje de excelentes cualidades nutricionales, en la universidad Politécnica de Francisco I. Madero se analizaron tres variedades: SLP5, SLP3 y Kanva, el porcentaje de proteína en las tres variedades estuvo por arriba de 20%, la variedad SLP5 y la Kanva fueron las de mayor y menor nivel proteico (véase tabla 1). Los porcentajes de proteína encontrados son característicos de esta especie y son similares a los reportados por diversos autores, quienes informan contenidos de proteína cruda de 11 a 28%. (Boschini, 2002; Benavides, 2000; Singh y Makkar, 2002).

La morera constituye una fuente importante de aminoácidos, de los cuales la mitad son esenciales, además de presentar cantidades apreciables de vitaminas, entre las que se destacan los ácidos nicotínico, ascórbico y pantoténico, la vitamina C y la riboflavina (Sánchez, 2002). La fracción fibrosa de la morera es baja, comparada con valores de 14% que se reportan en la literatura (Soca *et al*., 2010).

Tabla 1. Bromatología de hojas de tres variedades de morera (*Morus spp*.) en el estado de Hidalgo

Componente %	SLP5	SLP3	Kanva
Materia seca	29.5a	26.8b	27.4b
Proteína cruda	22.5a	21.6a	20.3b
Fibra cruda	10.2a	9.05b	9.03b
Extracto etéreo	3.6a	4.06a	4.06a
Cenizas	13.6b	12.5c	16.2a

a,b,c, Medias con la misma literal en una misma hilera difieren estadísticamente (P>0,05).

La morera constituye una fuente importante de aminoácidos, de los cuales la mitad son esenciales, además de presentar cantidades apreciables de vitaminas, entre las que se destacan los ácidos nicotínico, ascórbico y pantoténico, la vitamina C y la riboflavina (Sánchez, 2002). La fracción fibrosa de la morera es baja, comparada con valores de 14% que se reportan en la literatura (Soca *et al*., 2010).

Las características nutricionales, de producción de biomasa, versatilidad agronómica, palatabilidad, tolerancia a la sequía y disponibilidad mundial que posee la morera, en comparación con otros forrajes utilizados tradicionalmente, hacen de esta planta una opción importante para la intensificación de los sistemas ganaderos (Medina *et al*., 2009).

Tecnologías de aprovechamiento

En la alimentación de los animales se han practicado desde el corte a mano para aprovechamiento en verde, hasta el corte mecánico para la utilización directa en pesebre o elaboración de ensilados. También se ha usado el secado de las hojas para la elaboración de harinas (Ojeda *et al*., 1998). El uso en la alimentación debe tomar en cuenta muchas variables, entre ellas, si se otorgará solamente el follaje o

también el tallo, la época de corte, el manejo agronómico y el porcentaje de inclusión en la dieta (Machii *et al.*, 2008). En las siguientes líneas se describen diversas tecnologías desarrolladas para el aprovechamiento de la morera en la alimentación animal.

Morera fresca

El corte y acarreo es la manera más práctica de usar la morera como forraje para el ganado. En dietas para vacas lecheras se recomienda la adición de hojas de morera fresca hasta un nivel de 60% de la materia seca total, balanceando en forma apropiada la cantidad de proteína requerida (Boschini, 2003). En Datta *et al.* (2002), señalan que en la India alimentando vacas híbridas (local x Jersey) se registró un incremento en la producción de leche de 15.1 a 20.2 litros diarios por animal al sustituir 15 kg de paja de arroz por igual cantidad de hojas de morera con 20-23% de proteína cruda y se obtuvo una reducción en el periodo entre parto y concepción de 100 a 77 días.

En ganado lechero se puede suministrar entre el uno y el 1.5% de su peso corporal de follaje en base seca. Para vacas con una producción de 14 kg de leche/día y con 300, 400 y 500 kg de peso, la cantidad de hoja y tallo tierno de morera verde a suministrar es de 20, 24 y 32 kg/día, respectivamente (Rojas y Benavides, 1994).

En terneras Jersey destetadas a los 90 días se alcanzaron pesos superiores a 120 kg a la edad de 165 días al ofertar *ad libitum* morera fresca y picada en combinación con concentrado comercial a razón de 1,0 kg/animal/día; se observó un nivel de consumo máximo de 1.8% del peso vivo (Medina *et al.*, 2009). Uribe (2002) reporta que en Colombia trabajando con terneras de cuatro meses de edad se reportaron ganancias de peso diarias de 406, 437 y 406 gramos al sustituir el 100, 75 y 50% del concentrado comercial (16% de proteína cruda) suministrado por hojas de morera que contenían 15.8% de proteína cruda.

En cabras lecheras se han obtenido incrementos de leche de 2 a 2.5 kg/día cuando la suplementación con morera pasó de uno al 2.6% del peso vivo en base seca, con ligeros aumentos en los contenidos de grasa, proteína y sólidos totales de

la leche (Medina *et al*., 2004). En cabras con una producción de leche superior a 3 kg/día debe suministrarse alrededor de 6 kg de hoja de morera y 6 kg de *King grass* de buena calidad diariamente (Rojas y Benavides, 1994).

En conejos se pude sustituir con hojas de morera frescas 80% del alimento comercial en la engorda, sin afectar la ganancia diaria, por lo que se reduce el costo de producción en 50%, lo que representa un ahorro significativo para los sistemas de producción de traspatio.

En los sistemas de pastoreo se han realizado experiencias de plantaciones mixtas de morera con trébol subterráneo (*Trifolium subterraneum*) para alimentar ovinos y bovinos. De esta forma la morera se beneficia de la fijación de nitrógeno por acción del trébol y a su vez contribuye con forraje de alta calidad en el verano. La asociación produce más forraje que los cultivos individuales (Talamucci y Pardini, 1993).

Ensilaje de morera

El ensilado permite conservar el superávit de forraje producido para disponer de alimento para el ganado en época de escasez. El objetivo es aprovechar la biomasa total de morera de dos y cinco meses de rebrote, troceada de 5-7 cm, mediante la compactación manual o mecánica, y la eliminación de oxígeno. El ensilado expone la biomasa troceada, compactada y almacenada de forma anaeróbica al ataque de microorganismos fermentativos que ocasionarán la acidificación del medio hasta un pH de 4.2. El alimento prensado en el interior del silo experimenta una serie de transformaciones bioquímicas que permiten su conservación en el tiempo (Cañeque y Sancha, 1998). El pH del ensilaje de morera baja a 4.7 en el primer día y hasta 4.3 en el séptimo para incrementarse a 4.4 en el día 42. En los primeros días el ácido láctico se incrementa rápidamente y alcanza valores superiores a 20.5% y se estabiliza después del día 42.

En estudios para evaluar la ensilabilidad del forraje de esta especie se registró una disminución del contenido de materia seca en función del tiempo de conservación (38% a 0 día y 32% a 180 días) y un ligero olor amoniacal. La adición de

melaza y ácido fórmico, y un buen presecado, propician una mejor conservación de la materia seca. El presecado minimiza las acciones degradativas que ocurren en los compuestos nitrogenados durante el proceso de conservación (Ojeda *et al*., 2004). En ensilados de más de cuarenta días la proteína se mantiene en 90% de su valor en materia verde y se obtiene mayor digestibilidad (tabla 2).

Tabla 2. Bromatología de ensilados de hojas de morera

Componente	Contenido (%)
Proteína cruda	21.5
Fibra detergente neutra	34.5
Fibra detergente ácida	23.7
Hemicelulosa	10.7

Se pueden elaborar ensilados mixtos, combinar morera de 120 días de rebrote (hojas y tallos) y maíz de 135 días de edad. Ambos materiales se pican por separado, con un tamaño de partícula de 20 mm, se mezclan y se compactan. La relación porcentual de la mezcla es 50:50 de morera y maíz para un mejoramiento en 4 y 5% en la concentración de proteína cruda y una disminución de 11% en la concentración de fibra neutro detergente sobre el ensilado puro de maíz (Boschini, 2003).

El consumo de ensilaje de la rama de 7 a 12% en la dieta incrementó la producción de leche de vaca en 17.9 y 20.5% respectivamente. La inclusión de ensilado en la dieta puede ahorrar 20% de concentrado y reducir los costos de producción (Fujing *et al*., 2010). En ganado de engorda en pastoreo se utiliza ensilado de morera con consumos de 1.1% del peso vivo, con ganancias diarias de peso de 600 g/kg (Benavides, 1999). La producción de leche en cabras se incrementa 1.9 kg/día cuando se alimenta con ensilado de morera con un consumo de MS de 4.9% del peso vivo (Benavides, 2000). Nguyen *et al*. (2005), evaluando la incorporación de morera (*Morus alba*) en diferentes proporciones con pasto nativo en ensilaje para cabras, encontraron que el consumo de éste se incrementó linealmente conforme la proporción de morera hasta 40% de materia seca de la dieta.

Harina de morera

La harina de hojas de morera es rica en proteína y baja en fibra, sus indicadores bromatológicos la refieren como un alimento de alto valor nutricional. La elaboración de harina de morera comienza con el corte y secado al sol de la rama, en plantaciones grandes se puede utilizar una cortadora acondicionada con rodillos que facilite el secado de los tallos y evite el deterioro de la calidad nutritiva de las hojas por exposición excesiva a los rayos solares.

Las variedades diploides se secan más rápido ya que tienden a tener más estomas por unidad de área foliar (Govindan *et al*., 1988). La velocidad de deshidratación depende de factores determinantes en la cinética de secado como la fisicoquímica y la forma del producto (Krokida *et al*., 2003), así como de la temperatura, velocidad y humedad del aire de secado (Sharma *et al*., 2003). El secado para el estruendo de las hojas se alcanza con porcentajes de humedad de 5%.

La harina de hoja de morera, obtenida según el procedimiento anterior, contiene: entre 18 y 22% de proteína bruta y un contenido aproximado de los aminoácidos esenciales lisina y metionina de 1.4 y 0.3%, respectivamente. También tiene 5% de grasa, con una composición en ácidos grasos aproximada de 32% saturados, 8% monoinsaturados y 58% polinsaturados.

La harina es una buena opción para incluirse en la fabricación de concentrados para la alimentación animal o bien para ser un ingrediente proteico sustituto de la pasta de soya en la formulación de raciones. La proporción en la dieta de los animales puede ser hasta de 100%, preferentemente se encuentra comprendida entre 5 y 80% de la dieta. El resto de la dieta estará constituida por otros ingredientes:

Harina de cereales: entre 0 y 70%
Harina de pescado: entre 0 y 10%
Harina de soya: entre 0 y 30%
Subproductos de cereales: entre 0 y 30%
Grasa vegetales: entre 0 y 6%

Fosfato bicálcico: entre 0 y 3%
Carbonato cálcico: entre 0 y 5%
Sal común: entre 0 y 0,7%
Vitaminas y minerales: entre 0 y 0,5%.

La elaboración de dietas a base de harina de hoja de morera y otros ingredientes consiste en mezclar la harina con el resto de los ingredientes, moler esta mezcla y granularla o extrusionarla para obtener el concentrado. La humedad del concentrado deberá ser inferior a 10%.

Las investigaciones recientes reportan la inclusión de 9% de harina de morera en dietas de pavos, donde se han registrado valores significativos de ganancia diaria de peso (Casamachin *et al.*, 2007). En la universidad politécnica se realizó una prueba de comportamiento en pavos nutridos con una dieta de nivel de inclusión de 15% (tabla 3) y se compararon con pavos alimentados con productos comerciales.

Tabla 3. Ingredientes y porcentaje de inclusión en la dieta con morera

Ingredientes	Porcentaje (%)
Soya	31.25
Maíz	39.10
Mora	15.84
Salvado trigo	1.76
Semillas girasol	12

El uso de 15% de harina de morera en la dieta de pavos registró una ganancia diaria de pesos 82 g/día. Para el pollo de engorde se recomienda incluir como máximo en la ración 10% de harina de morera, ya que niveles mayores reducen la ganancia diaria de peso. Las dietas para aves de postura permiten mayor inclusión de morera hasta rangos de 70% (tabla 4).

Tabla 4. Ingredientes y porcentaje de inclusión en la dieta con morera para gallinas de postura

Ingredientes	Porcentaje (%)
Soya	44
Maíz	23.9
Mora	70
Aceites	2
Minerales (fosfato bicalcio)	2
Carbonato de calcio	1.5
Vitaminas	0.3
Sal	0.3

En ovinos en crecimiento se han obtenido respuestas satisfactorias al incrementar su desempeño productivo; al respecto Pacheco *et al*. (2002) obtuvieron ganancias de peso de alrededor de 133 g/día al suplementar con niveles crecientes de morera (tabla 5).

Se recomienda el uso de harina en la dieta para mantenimiento de ovejas adultas en las proporciones que se indican en la tabla 6.

Tabla 5. Ingredientes y porcentaje de inclusión en la dieta de engorda de corderos

Ingredientes	Porcentaje (%)
Soya 44	12
Maíz	50
Mora	36
Grasa	1.5
Vitaminas y minerales	0.25
Sal	0.25

Tabla 6. Ingredientes y porcentaje de inclusión en la dieta de mantenimiento de ovejas adultas

Ingredientes	Porcentaje (%)
Maíz	36
Harina de pescado	2
Harina de morera	60
Grasa	1.5
Vitaminas y minerales	0.25
Sal	0.25

En la alimentación de cerdos la posibilidad de utilizar la morera en la dieta base constituye un gran avance; en ensayos realizados con cerdos de preceba, la sustitución parcial del pienso convencional hasta 14% puede aportar buenas ganancias de peso (Medina *et al.*, 2004). En la fase de crecimiento la inclusión de harina de morera puede ser de hasta 16% en la dieta. Sin embargo, se recomienda utilizar el follaje de morera para los cerdos, tanto en inicio como en crecimiento y en acabado, hasta 16% de la dieta, cuando está en forma de harina secada al sol, de hojas recolectadas de los cortes efectuados cada 60 días, lo cual representa un ahorro apreciable de proteína convencional en la dieta.

Conclusiones

La morera es una alternativa viable para utilizarse en la alimentación animal por su alto valor nutricional, por su fácil propagación y por versatilidad de formas de uso. La eficiencia de la utilización de la planta como forraje está afectada por las condiciones específicas de cada unidad de producción, las cuales demandan estrategias de alimentación acordes con la heterogeneidad de los agro ecosistemas y sistemas ganaderos. Por ello es necesario seguir trabajando sobre el diseño, la validación y la transferencia de tecnologías adaptativas ante la versatilidad de los productores.

Literatura citada

Benavides, J.E. 1999. "Utilización de la morera en sistemas de producción animal". En: Sánchez, M.D. & Rosales, M. *Agroforestería para la producción animal en Latinoamérica*. Memorias de la conferencia electrónica. FAO, Roma (in press).

Benavides, J.E. 2000. "La morera, un forraje de alto valor nutricional para la alimentación animal en el trópico". *Pastos y Forrajes*. 23(2): 1-14.

Boschini, C., Dormond, H., Castro, A. 1999. "Composición química de la morera (*Morus alba*), para uso en la alimentación animal: densidad y frecuencia de poda". *Agronomía Mesoamericana* 11(1):41-49.

Boschini, C. 2002. "Establishment and management of mulberry for intensive forage production". In: *Animal Production and Health Paper* No. 147 (Sánchez, M. Ed.). FAO, Rome. pp. 115-122.

Boschini, C. 2003. "Características físicas y valor nutritivo del ensilaje de morera (*Morus alba*) mezclado con forraje de maíz". *Agronomía Mesoamericana* 14(1):51-57 http://www.mag.go.cr/rev_meso/v14n01_051.pdf

Cañeque, M.V. y Sancha, S. J. 1998. *Ensilado de forrajes y su empleo en la alimentación de rumiantes.* Ediciones Mundi-Prensa. España, pp. 13-20.

Casamachin, M, Ortiz, D. y López, F. 2007. *Evaluación de tres niveles de inclusión de morera (Morus alba) en alimento para pollos de engorde*. Facultad de Ciencias Agropecuarias Vol. 5, pp. 64-71.

Datta, R.K., Sarkar, A., Rama M.P. y Singhvi, N.R. 2002. "Utilization of mulberry as animal fodder in India. Mulberry for animal production", FAO *Animal production and health paper* 147: 183-188.

Elizondo, J. 2007. "Producción y calidad de la biomasa de morera (*Morus alba*) fertilizada con diferentes abonos". *Agronomía Mesoamericana.* 18 (2):255.

Espinoza, E. 1996. "Efecto del sitio y del nivel de fertilización nitrogenada sobre la producción y calidad de tres variedades de morera en Costa Rica". *Tesis de Maestría*. CATIE. Turrialba, Costa Rica. 84 p.

Fujing, L. I., Tao H. A., Fenglan, L.I., y Shusheng, Z. 2010. Estudio sobre el ensilaje de morera. Hojas en vacuno lechero. *Abstract.*

García, F., Mederos, M. L., Salinas, A. & Reyes, J. 2002. "Utilización de la harina de hoja de morera peletizada como sustituto de concentrado en la ceba cunícula". [cd-rom]. *Memorias V Taller Internacional Silvopastoril.* I Reunión Regional de Morera. EEPF "Indio Hatuey". Matanzas, Cuba

García, D., Noda, Y., Medina, G., Martín, G., y Soca, M. 2006. La morera: una alternativa viable para los sistemas de alimentación animal en el trópico. *Rev. AIA*. 10(1):55-72.

Govindan, R., Narayanaswamy, T.K. & Magadum, S.B. 1988. "Relative moisture loss from leaves of some mulberry varieties during storage". Current *Research University of Agricultural Sciences Bangalore* 17(11):151-153.

Krokida, M. K., Karanthanos, V.T., Maroulis, Z. B., y Marinos K. D. 2003. "Drying kinetics of some vegetables". *Journal of Food Engineering* 59(4):391-403.

Machii, H., Koyama, A., y Yamanouchi, H. 2008. "Mulberry breeding, cultivation and utilization in Japan" (en línea). FAO *Electronic Conference on Mulberry for Animal Production* (Morus1-L). Disponible en: http://www.fao.org/ag/aga/agap/frg/Mulberry/Papers/PDF/Machii2.pdf

Medina, M. G., Lamela, L. y García, D.E. 2004. "Supervivencia de la morera (*Morus alba*) en una asociación sometida a pastoreo y corte". *Pastos y Forrajes*. 27(3): 241-245.

Medina, M. G., García, D. E., Moratinos P. y. Cova, L. J. 2009. "La morera (*Morus spp.*) como recurso forrajero: avances y consideraciones de investigación". *Zootecnia Tropical*. 27(4): 343-362.

Mehla, R. K., Patel, R. K. and Tripathi, V. N. 1987. "A model for sericulture and milk production". *Agricultural Systems* 25: 125-133.

Nguyen, X. B., Giang, V. D., and Ngoan, L. D. 2005. "Ensiling of mulberry foliage (Morus alba) and the nutritive value of mulberry foliage silage for goats in central Vietnam. *Livestock Research and Rural Development*. 17(2). http://www.lrrd.org/lrrd17/2/ba17015.htm

Ojeda, F., Martí, J., Martínez, N., & Lajonchere. 1998. "Harina de morera: un concentrado tropical". En: *Memorias III Taller Internacional Silvopastoril* "Los árboles y arbustos en la ganadería". EEPF "Indio Hatuey". Matanzas, Cuba. p. 202.

Ojeda, F., Montejo, I., & Pérez, G. 2004. Harina de follajes tropicales: Una alternativa potencial para la alimentación de especies monogástricas. [cd-rom].

Oviedo, Benavides, Vallejo. 1994. "Evaluación bioeconómica de un módulo agroforestal autosustentable con cabras lecheras en túmbala, Costa Rica". En: J.E. Benavides ed. *Árboles y arbustos forrajeros en América central.* Vol. II serie técnica, informe técnico no. 236. Turrialba, pp. 601-630.

Pacheco, D., Lara, P. E. y Sanginés, R. 2002. "Niveles crecientes de morera (*Morus alba*) en la ración de ovinos de engorde". En: *I Reunión regional Morera, planta multipropósito*. EEPF "Indio Hatuey". Matanzas, Cuba.

Rojas, H., Benavides, J. E. y Fuentes, M. 1994. "Producción de leche de cabras alimentadas con pasto y suplementadas con altos niveles de morera". En: *Árboles y arbustos forrajeros en América Central.* (Ed. J.E. Benavides). CATIE. Turrialba, Costa Rica. Vol. 2. 305 p.

Sanchez, M. 2002. "World distribution and utilization of mulberry and its potential for animal feeding". In: *Proceedings of an electronic conference*. Ed. M. Sanchez. FAO. Roma.

Shayo, C. M. 1997. "Uses, yield and nutritive value of mulberry (*Morus alba*) trees for ruminants in the semi-arid area of central Tanzania". *Tropical Grasslands.* 31 (6):599-604.

Sharma, S. K., Mulvaney, S. J., Rizvi, S. H. 2003. *Ingeniería de alimentos: operaciones unitarias y prácticas de laboratorio.* Limusa Wiley. México. 348 p.

Singh, B., Makkar, P. S. 2002. The potential of mulberry foliage as a feed supplement in India.http://www.fao.org/WAICENT/FAOINFO/AGRICULT/AGA/AGAP/FRG/MULBERRY/papers/HTML/Singh&M.

Soca, M., Ojeda, F., García y Soca, M. 2010. "Efecto del forraje de *Morus alba* en los indicadores productivos y de salud de bovinos jóvenes en pastoreo". *Pastos y Forrajes*, vol. 33, núm. 4.

Talamucci, P., A. Pardini. 1993. "Possibility of combined utilization of *Morus alba* and *Trifolium subterraneum* in the Tuscan Maremman (Italy)". *REUR Technical Series.* No. 28. p. 206.

Uribe, F. 2002. "Mulberry for rearing dairy heifers". Mulberry for *Animal Production, FAO Animal production and health paper* 147: 203-206.

Wegler, H. 1998. *Conejos, saber cuidarlos y comprenderlos*, 3ra Edición. Editorial Everest, pp. 24-29.

Uso de morera (*Morus alba*) en sistemas de agricultura de conservación (AC): una propuesta agroforestal para el estado de Hidalgo

Alejandro Ventura Maza[1]
Francisco M. Lara Viveros[1]
Ehsan Muhammad[1]

La degradación del suelo en los campos agrícolas

Los agricultores mexicanos son cada vez más dependientes de insumos agrícolas debido a la degradación de sus sistemas rurales, sobre todo la base fundamental para los cultivos que es el suelo. Los productores se enfrentan a grandes retos, tales como incrementos en los costos de los combustibles, fertilizantes y otros insumos para la producción de cultivos. La degradación de los sistemas agrícolas se debe a la inadecuada práctica de la agricultura convencional (uso de agroquímicos, semillas mejoradas y maquinaria agrícola). Los agricultores sufren estos impactos causantes de la pérdida de la fertilidad de sus parcelas.

Un suelo fértil permite alcanzar un buen nivel de producción, que sólo es limitado por las condiciones ambientales desfavorables (temperatura y precipitación) o un manejo agronómico inadecuado. La infertilidad del suelo se puede dividir en tres: la falta de fertilidad química, física y biológica. Si alguno de estos componentes disminuye, esto normalmente conduce a la reducción de la producción de los alimentos (Erenstin, 2003).

En términos generales, la fertilidad química es la capacidad del suelo de proporcionar todos los nutrientes que el cultivo necesita: si dichos nutrientes no están

[1] Docente-Investigador de la Universidad Politécnica de Francisco I. Madero. Km 2 de la carretera Tepatepec-San Juan Tepa. Municipio de Francisco I. Madero, Hidalgo, México. aventura@upfim.edu.mx

presentes en una forma accesible a las plantas o se encuentran a profundidades donde las raíces no llegan, no contribuirán al crecimiento del cultivo. La disponibilidad de nutrientes es normalmente mayor cuando se asocian con la materia orgánica y con la aplicación de fertilizante.

La fertilidad física es la capacidad del suelo de facilitar el flujo y almacenamiento de agua y aire en su estructura, para que las plantas puedan crecer y se arraiguen firmemente a éste. Para que el suelo sea físicamente fértil, debe de tener espacio poroso abundante e interconectado.

La labranza deshace los terrones, descompone la materia orgánica, pulveriza el suelo, rompe la continuidad de los poros y forma grandes capas compactas que restringen el movimiento del agua, el aire y el crecimiento de las raíces. Un suelo pulverizado es más propenso a la compactación y a la erosión. Para disminuir este problema es necesario reducir la labranza al mínimo y aumentar la cantidad de materia orgánica (Erenstin, 2003).

La fertilidad biológica del suelo se refiere a la cantidad y diversidad de fauna (lombrices, escarabajos, termitas, hongos, bacterias y nematodos). La actividad biológica consiste en romper las capas compactas, descomponer los residuos de los cultivos (incluidas las raíces), integrarlos al suelo, convertirlos en humus, y aumentar la cantidad y continuidad de los poros (Mendoza *et al.*, 2011). La labranza destruye los túneles y el *hábitat* de estos organismos. La mejor manera de incrementar la actividad biológica en los suelos de cultivos es crear un sistema lo más parecido a uno natural, suprimiendo la labranza y dejando los residuos en la superficie del suelo (Hoobs, Sayre, & Raj, 2007)

Los tres factores más importantes que causan degradación de los suelos agrícolas son: la labranza (eliminación de la fertilidad física), la remoción de residuos (principalmente por pastoreo o quema), la extracción de nutrientes (no se aplican cantidades adecuadas de estiércol, composta o fertilizante), (Báez, 2011). Para evitar la degradación se debe reducir al mínimo la labranza, dejar en la superficie tantos residuos como sea posible y reponer los nutrientes que son absorbidos por los cultivos con agricultura de conservación (Triplett & Warren, 2008).

Existen diferentes sistemas de cultivos que ayudan a la conservación de la fertilidad del suelo, sin embargo, un sistema integral con Agricultura de Conservación (AC) y Agroforestería (AF) puede ser más eficaz en la recuperación y conservación de suelos. La AC se basa en la mínima remoción y la protección del suelo con los residuos de cosecha y rotación de cultivos. Mientras que la AF es otra alternativa que consiste en la combinación de cultivos agrícolas como el maíz con árboles de diferentes propósitos como forraje, alimentos, madera u otro uso, como un sistema de policultivos.

Agricultura de conservación

La agricultura de conservación (AC) es un sistema de producción agrícola que se basa en tres principios: remoción mínima del suelo (sin labranza), cobertura del suelo (mantillo) con los residuos del cultivo anterior, con plantas vivas, o ambos, y rotación de cultivos para evitar plagas y enfermedades y, finalmente, la diseminación de malezas (Giller, Witter, Corbeels, & Tittonell, 2009).

La remoción mínima de suelo implica una de las prácticas fundamentales para la adaptación del sistema de AC en las parcelas, pues al labrar el suelo tendemos a exponer los microorganismos al medio ambiente y por ende causar su muerte, de este modo se desequilibra la actividad biológica, además con esta práctica también se rompen los poros causando una menor infiltración con el tiempo y provocando una mayor erosión del suelo por las corrientes de aire (Hoobs, Sayre, & Raj, 2007).

Los residuos o rastrojos son las partes secas que quedan del cultivo anterior, incluidos los cultivos de cobertura, los abonos verdes u otros materiales vegetales traídos de otros sitios. Los rastrojos son un factor fundamental para la correcta aplicación de la agricultura de conservación (AC). En los sistemas agrícolas convencionales, los residuos normalmente se utilizan para alimentar a los animales o bien se retiran del campo para otros usos, se incorporan o se queman. En muchos lugares existen derechos de pastoreo comunales, situación que podría crear conflicto al querer proteger los residuos que quedan en la superficie del suelo de los animales

que andan sueltos en busca de alimento. Sin embargo, como los agricultores que aplican la AC obtienen mayores beneficios con la retención de residuos, algunas comunidades han encontrado forma de resolver este problema (Giller, Witter, Corbeels, & Tittonell, 2009).

La estructura de los suelos donde se elimina el rastrojo es generalmente débil como consecuencia de la labranza, a esto se suma la acción destructiva de las gotas de lluvia, que hacen que las partículas del suelo se dispersen, se tapen los poros y se compacte la superficie, impidiendo la infiltración del agua. Por lo contrario, en los sistemas de AC, donde hay nulo movimiento de suelo, los residuos permanecen en la superficie y la protegen, con lo cual aumenta también la actividad biológica, hay una mayor cantidad de poros y, en consecuencia, mayor infiltración de agua (Hoobs, Sayre, & Raj, 2007).

Los residuos protegen el suelo no sólo del impacto de las gotas de lluvia, sino también de los rayos solares que evaporan el agua de la superficie del suelo y de la deshidratación a causa del viento. Por eso normalmente se encuentra tierra húmeda debajo de estos remanentes.

Los residuos, al aumentar la infiltración, estimulan una mayor penetración de agua en el subsuelo (Romero *et al.*, 2011). Asimismo, hacen que sea más lento el escurrimiento del agua en el terreno. La combinación de estos dos factores reduce significativamente el efecto de la erosión hídrica. Los residuos también protegen el suelo del sol y del viento por lo que se ha observado disminución de la erosión eólica.

En la AC, si se dejan los residuos en la superficie del suelo se genera una fuente de constante alimento y un hábitat para organismos del suelo, que propicia además aumento en su población. Muchos de estos organismos crean poros en el suelo o destruyen las plagas que atacan a los cultivos. Cuando se practica la agricultura convencional únicamente el cultivo está presente: no hay fuentes de alimento para los organismos del suelo, ni hábitat para los insectos benéficos (Giller, Witter, Corbeels & Tittonell, 2009; Triplett & Warren, 2008).

La actividad biológica fomentada por la retención de los residuos y la ausencia de labranza (prácticas de AC), permite que la materia orgánica permanezca más tiempo en el suelo en forma de humus (Romero *et al.*, 2011). Los nutrientes contenidos en el humus son más accesibles a las plantas que las formas orgánicas (fertilizantes). Sin embargo, también es posible que los residuos inmovilicen el nitrógeno y, por ello, quizá sea necesario aplicar un poco más de estiércol o fertilizante nitrogenado en los primeros años que se aplique la AC (Hoobs, Sayre & Raj, 2007).

La rotación de cultivos es la siembra susceptiva de diferentes cultivos en un mismo campo, siguiendo un orden definido (por ejemplo: maíz-frijol-girasol o maíz-avena). En contraste, el monocultivo es la siembra repetida de una misma especie en el mismo campo, año tras año. En los sistemas de monocultivo, al paso del tiempo, se observa incremento de plagas y enfermedades específicas del cultivo. Asimismo, la cantidad de nutrientes disminuye, porque las plantas ocupan siempre la misma zona de raíces y en la temporada siguiente las raíces no se desarrollan bien (Giller, Witter, Corbeels, & Tittonell, 2009). Esta práctica tiene efectos positivos en los cultivos que siguen a otros en la rotación, lo cual aumenta la producción total, ya que reduce la incidencia de plagas y enfermedades, al interrumpir sus ciclos de vida.

- Se puede mantener un control de malezas, mediante el uso de especies de cultivo asfixiantes, cultivos de cobertura, que se utilizan como abono verde y cultivos de invierno cuando las condiciones de temperatura, humedad de suelo o riego lo permiten.
- Proporciona una distribución más adecuada de nutrientes en el perfil del suelo (los cultivos de raíces más profundas extraen los nutrientes a mayor profundidad).
- Ayuda a disminuir los riesgos económicos, en caso de presentarse alguna eventualidad que afecte alguno de los cultivos.
- Permite balancear la producción de residuos: se pueden alternar cultivos que producen escasos residuos con otros que generan gran cantidad de ellos.

La agroforestería

Antes de definir la agroforestería es bueno conocer algunos ejemplos tradicionales. Las chinampas de México son una buena ilustración de este método practicado sobre los lagos poco profundos en elevadas altitudes o en áreas pantanosas de tierras bajas. Es un sistema integrado de producción de alimentos que incluye peces, cultivos básicos como hortalizas y diversos árboles frutales. Los huertos caseros, un antiguo sistema de subsistencia de producción de alimentos alrededor de las viviendas humanas, son otra ilustración de un sistema agroforestal. El huerto casero incluye manejo de árboles y arbustos de usos múltiples en asociaciones con cultivos y ganado dentro del perímetro de los hogares individuales, todo esto cultivado con trabajo familiar.

Los ejemplos anteriores de prácticas agrícolas indican claramente la presencia ampliamente difundida de este antiguo sistema de producción. Basándose en árboles (ver figura 1), los múltiples componentes de producción son manejados en una complejidad temporal y espacial. La agroforestería es una aproximación interdisciplinaria a los sistemas de uso de la tierra, implica tener conciencia de las interacciones y la retroalimentación entre el hombre y el ambiente, entre la demanda de recursos y su existencia en una determinada área, lo cual requiere optimización y manejo sustancial más que el incremento permanente de la explotación.

La agroforestería es un principio común para varios sistemas potenciales y existentes, sus principales ventajas son: a) aumenta la durabilidad ecológica y económica del sistema agroforestal en virtud de su arquitectura biológica, incluidas las del ciclo corto, las de ciclo largo y los animales, b) garantiza la aceptabilidad social separando los ciclos ecológicos de ciclo largo en una secuencia de actividades diarias y estacionales de fácil comprensión moldeadas sobre la tradición local, c) procura el uso completo de los recursos inorgánicos en todos los nichos disponibles para plantas y animales útiles, d) disminuye los riesgos para el agricultor individual por medio de la variedad de plantas y especies animales útiles que amplían la gama de productos.

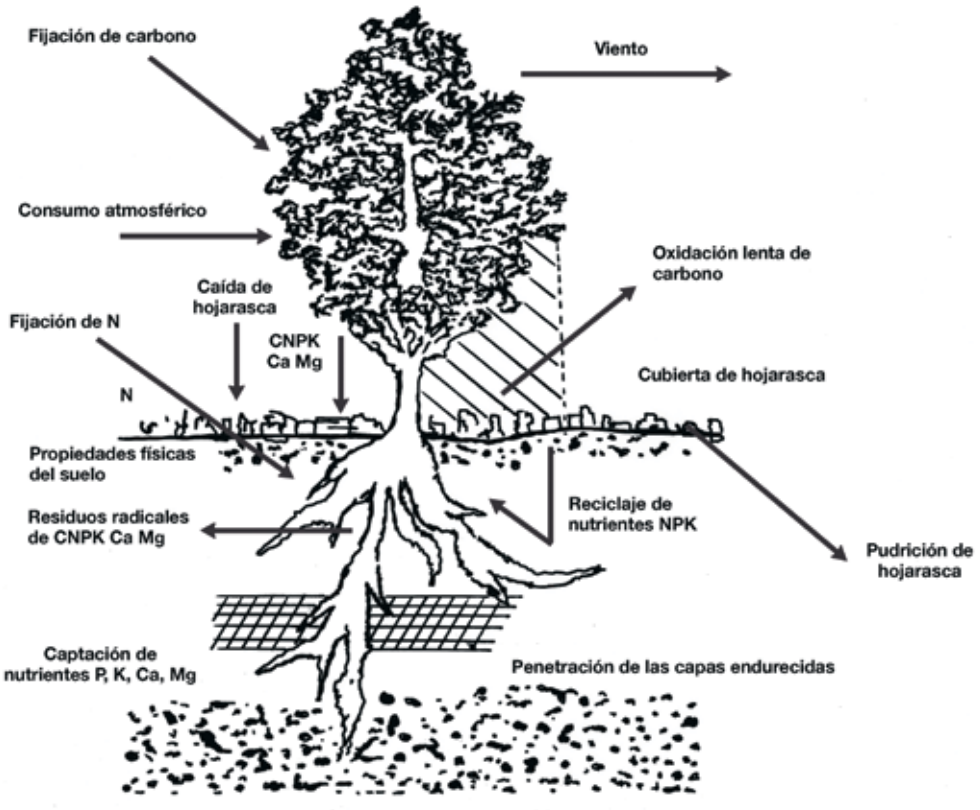


Figura 1. Aportaciones ecológicas de un árbol de morera en el sistema de AF-AC

La presencia de árboles como uno de los componentes de la producción es una característica esencial y distintiva de los sistemas agroforestales. Desde que el reconocimiento de la agroforestería como una alternativa viable del sistema del manejo del suelo se difundió, los árboles han adquirido una importancia mayor y se ha demandado precisar una definición amplia de su utilización y beneficios. Un árbol de usos múltiples es una planta perenne leñosa cultivada deliberadamente para contribuir de distintas maneras a la producción o servicio, por ejemplo, protección contra heladas, sombra, protección al suelo, forraje, alimento, combustible y madera.

Uso de la morera en la agroforestería

La morera (*Morus alba*) es un árbol que tradicionalmente se utiliza para la producción de seda, pertenece al orden de las *Urticales*, familia *Moraceae* y género *Morus*. Los rangos climáticos para su cultivo son: temperatura de 18 a 380°C; precipitación de 600 a 2,500 mm; fotoperiodo de nueve a 13 horas/día y humedad relativa de 65 a 80% (Ting-Zing *et al.*, 1988). Se cultiva desde el nivel del mar hasta 4,000 m de altitud y se reproduce por semilla, estaca, acodo e injerto.

La morera como alimento de gusanos de seda

La sericultura es una antigua práctica y está bien desarrollada desde las regiones templadas hasta las regiones subtropicales. La tecnología requiere de conocimiento especializado y generalmente se practica como una tradición familiar, es decir, una industria a pequeña escala y todos los miembros de la familia participan en algún tipo de actividades relacionadas.

La tecnología sericultural consiste en la crianza de gusanos de seda (*Bombix mori*) dándoles de comer una gran cantidad de hojas de morera (*Morus alba*). El gusano de seda es un insecto metamórfico que experimenta cuatro etapas de crecimiento y desarrollo: huevecillo, larva, pupa y adulto. A las larvas, mantenidas en camas de cría, se les alimenta con hojas cortadas en trozos de mora a intervalos regulares. La larva madura deja de consumir y empieza a segregar la seda para envolver a los capullos, en esta etapa se colocan en montajes para envolver a los capullos, que forman la materia prima para la industria de la seda.

La principal fuente de alimento para el gusano de seda es el árbol de mora que crece bien bajo condiciones húmedas, hasta los 2,000 metros, aunque es también tolerante a las sequías y al calor. El árbol de mora es una especie de usos múltiples que provee madera fina, corteza para papel de alta calidad y ramas para fabricar herramientas, sus usos adicionales son: forraje para ganado, hortaliza, piensos, melífero, leña, rompe vientos, conservación de suelo, setos vivos, sombra y ornamental.

La morera como forraje

El follaje de la morera es utilizado como un forraje de alta calidad. Esta especie presenta un alto contenido de proteína cruda (PC) y una elevada digestibilidad *in vitro* de la materia seca (DIVMS). Datos de América Central indican contenidos de PC entre 15 y 25% y DIVMS entre 75 y 90% lo que implica una calidad igual o superior a la de los concentrados comerciales. El tallo no lignificado (tallo tierno) también tiene una buena calidad bromatológica, con valores entre 7 y 14% para PC y entre 56 y 70% para la DIVMS (Benavides *et al.*, 1994; Espinoza, 1996; Rojas y Benavides, 1994). La PC de la hoja de morera tiene una digestibilidad *in* vivo de 90% (Jegou *et al.*, 1994). Los contenidos de nitrógeno, potasio y calcio son altos, las hojas alcanzan valores de 3,35, 2,0 y 2,5% para cada mineral, respectivamente (Espinoza, 1996).

Oviedo (1995) al comparar el follaje de morera con el concentrado de suplemento dado a las vacas en pastoreo, obtuvo un nivel de producción de leche similar (13,2 y 13,6 kg/día, respectivamente) para cada suplemento a iguales niveles de consumo de MS y muy superior al obtenido con sólo pastoreo (11,3 kg/día). El uso de morera en la dieta no afectó el contenido de grasa, proteína y sólidos totales de la leche.

Entre las alternativas utilizadas está el ensilaje de forraje durante las lluvias para utilizarlo luego en la sequía. Estos ensilajes normalmente se hacen con gramíneas tropicales que contienen un alto nivel de fibra y poca presencia de carbohidratos solubles, lo que afecta la fermentación y da como resultado un material de baja calidad. Debido a su poca fibra y alto nivel de carbohidratos, el follaje de morera puede ensilarse sin aditivos, mostrando un patrón láctico de fermentación, con pocas pérdidas en PC (entre 16 y 21%) y manteniendo entre 66 y 71% de DIVMS (Vallejo, 1994; González, 1994). Al utilizar ensilaje sin aditivos de planta entera de morera como suplemento a toretes, alimentados con una dieta basal de pasto Elefante, se han obtenido ganancias de peso superiores a 600 g/día con un consumo de morera de 1,1% del PV en base seca (González, 1996). (Figura 2).

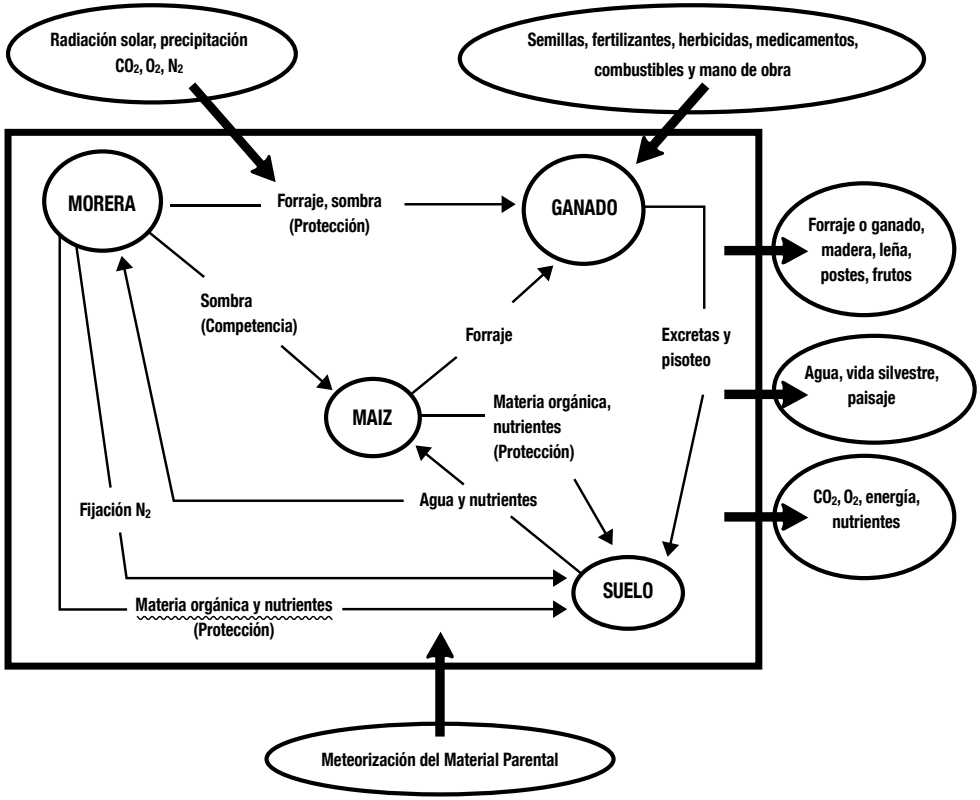


Figura 2. Flujo de materia y energía en el sistema agroforestal de la morera.

La morera en el estado de Hidalgo

La morera es una planta originaria de la India, sin embargo, se encuentra en muchas partes de mundo debido a los altos rangos ambientales que tolera. En el estado de Hidalgo no existen plantaciones de morera debido a que no hay explotación de gusano de seda a gran escala, no obstante existen árboles de morera de edad avanzada que se desconoce cómo llegaron. A partir de este hallazgo se llevó a cabo el proyecto *Plantaciones de morera y poblaciones de gusano para su adaptación en el estado de Hidalgo en las regiones de: Valle de Mezquital, Huasteca y Otomi-Tepehua*, cuyo objetivo fue conocer la variedad que se adaptaba a las condiciones del estado de Hidalgo.

El Valle del Mezquital es una de las diez regiones geográficas y culturales del estado de Hidalgo en México, pero una pequeña parte se extiende también hacia los municipios de Apaxco, Tequixquiac y Huehuetoca (estado de México) al descender la topografía con las afluentes del canal de desagüe que proviene del Valle de México y que se conecta con el Río Tula. Durante años estuvo considerada como una de las zonas con menor riqueza del país. Consiste en un conjunto de valles rodeados por montañas en cuya vegetación cerril destaca el mezquite.

En cuanto a las temperaturas, Ixmiquilpan ha registrado 9°C por abajo del cero a principios de año y 38°C a la sombra en el mes de mayo. Mientras en Mixquiahuala ha habido extremos de 39,5° C en verano, en Huichapan el termómetro ha bajado a -10°C en invierno. Esto pasa por que el Mezquital está a 2,000 metros de altitud, lejos de toda protección natural contra los cambios de clima. El récord extremo de temperatura se ha registrado en -9°C (bajo cero), en su parte alta, en Ixmiquilpan; y en el otro extremo, en el mismo lugar hasta 38°C en el mes de mayo.

En esta zona se encuentran sistemas de irrigación con aguas negras para la producción de granos y forrajes, los cultivos más importantes son maíz, alfalfa, cebada, trigo y avena.

La morera se adapta muy bien a las condiciones del Valle del Mezquital. En los inicios de la plantación presenta problemas con las heladas, no obstante, resiste y con el tiempo se hace más fuerte. El cultivo localizado en la Universidad Politécnica de Francisco I. Madero, en el municipio del mismo nombre, se encuentra vigoroso a sólo dos años de ser plantado. Algunas prácticas que se han realizado en la plantación son: el control de malezas, poda de formación, la fertilización orgánica con compostas y riegos constantes.

Metodología y diseño del sistema integral AC-AF

El sistema integral Agricultura de conservación-Agroforestería (AC-AF) propuesto para el Valle del Mezquital tendrá una plantación de morera y maíz-trigo. El proceso de construcción de este sistema se puede resumir en los siguientes pasos:

A) Establecimiento del sistema AC-AF (maíz-trigo)

1. Realización de un subsuelo: el objetivo es romper el piso de arado, por posible compactación por el paso de maquinaria pesada en la parcela.
2. Realización de dos rastras: esta práctica es para que el suelo esté manejable para la nivelación y construcción de camas de siembra.
3. Nivelación de la parcela: esta práctica es importante para el buen funcionamiento del sistema y el uso eficiente del agua.
4. Trazado y construcción de camas: es indispensable ya que una vez establecido el cultivo ya no se puede modificar el lugar donde se siembran las plantas, debido al tráfico controlado de la maquinaria agrícola.
5. Establecimiento de la plantación de morera: la siembra se debe realizar con un sistema de marco real y un distanciamiento de 2.5 metros entre surcos y plantas.
6. Establecimiento del cultivo. Entre las calles de la plantación de morera se construyen tres camas de 0.80 cm y en cada una se siembra un surco de maíz en ciclo primavera-verano y dos de cebada en ciclo invierno-otoño.

B) Labores de seguimiento del sistema

1. Control de maleza. Esta actividad se realiza en un inicio con herbicidas de contacto. Se pueden utilizar herbicidas selectivos como 2-4D, sin embargo, es posible sustituirse con un cultivo de cobertura como la canavalia (*Canavis sp*). El sistema evoluciona, así que con el residuo de cosecha se inhibe el crecimiento de malezas, para que en un futuro se pueda eliminar la aplicación de estos químicos.
2. Fertilización: se aplican fertilizantes nitrogenados los primeros años y posteriormente se puede disminuir su uso debido al incremento de la materia orgánica.
3. Control de plagas y enfermedades: se realiza con la aplicación de plaguicidas y fungicidas. Con el sistema de policultivos y rotación de cultivos ayuda a disminuir la utilización de productos químicos.
4. Cosecha: se realiza con el cuidado del tráfico controlado, así como también en las actividades de control de maleza, plagas, enfermedades y la fertiliza-

ción. En la cosecha se dejan los residuos, en el caso del maíz se dejan los residuos que están por debajo de la mazorca y en el caso de la cebada se dejan 20 cm de la base de la planta.

C) Establecimiento de la parcela

1. Reformación de camas: para el establecimiento del segundo cultivo ya no se mueve el suelo. La única actividad es la reformación de las camas de siembra, se trata de marcar únicamente los callejones por donde pasa el tractor con un implemento estilo cultivadora.
2. Siembra sobre el residuo de cosecha: en el segundo ciclo se utiliza una sembradora especial que tiene un disco cortador de paja en la parte delantera de los depositadores de semillas.
3. Seguimiento de los cultivos: se realizan las labores de control de maleza, plagas y enfermedades, de la misma manera que el año cero, tratando de disminuir la cantidad de aplicación de químicos (figura 3).

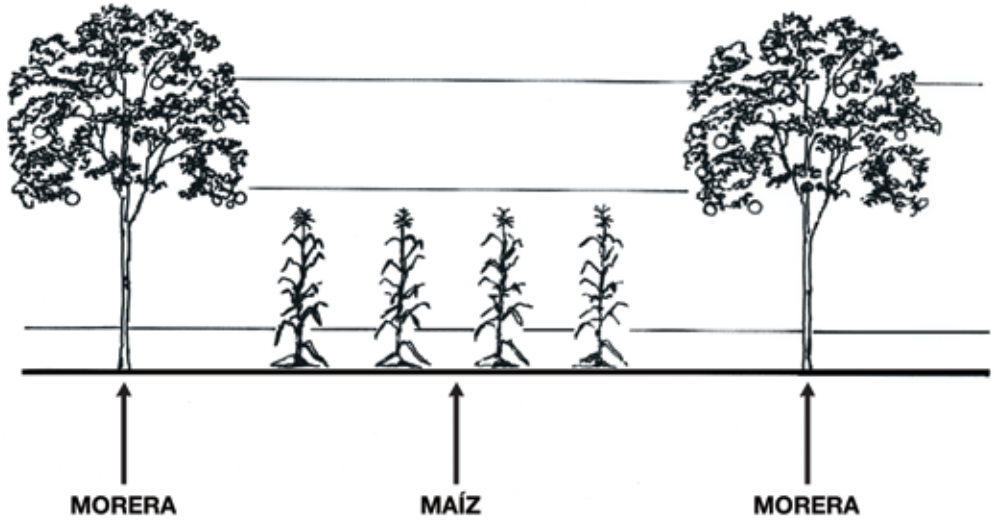


Figura 3. Sistema agroforestal con morera y maíz (sistema AC-AF)

Agricultura de conservación en la Universidad Politécnica de Francisco I. Madero

El objetivo general de este proyecto es conocer el efecto de la Agricultura de conservación en el cultivo de maíz alternado con cebada en el Valle del Mezquital, Hidalgo. Mientras que los objetivos específicos son:

1. Evaluar las propiedades físico-químicas del suelo.
2. Evaluar la condición fisiológica de la planta.
3. Evaluación de la incidencia de plagas y enfermedades.
4. Evaluar la producción de materia seca y rendimiento en grano.
5. Evaluar la rentabilidad del maíz, cebada y trigo.

Se trata de una investigación innovadora sobre Agricultura de conservación, tecnología que genera beneficios para los agricultores y para el medio ambiente, como la reducción en los costos de producción, rentabilidad de los cultivos, regeneración del suelo, menos emisiones de CO_2, ahorro de agua y mitigación de los efectos del cambio climático. Los beneficiarios directos del proyecto serán los productores del Valle del Mezquital que utilizan labranza convencional, y por lo cual presentan problemas. La superficie sembrada se estima en 563 kilómetros cuadrados.

Se realizará una evaluación de los efectos de la rotación de cultivos, manejo de residuos de cosecha y efecto de la siembra en camas permanentes, mediante las siguientes etapas:

D) Año cero: establecimiento del sistema de labranza que incluye construcción de camas, evaluación de las condiciones iniciales de suelo y planta.

E) Seguimiento al sistema de labranza: medición de variables relacionadas con las condiciones edáficas, estatus fisiológico de la planta, incidencia de plagas, enfermedades, rendimiento y rentabilidad. Todo esto con la finalidad de detectar los cambios favorables ocasionados en el agroecosistema por la implementación del sistema de Agricultura de conservación.

Las variables serán determinadas en campo y en laboratorio mediante un diseño de bloques al azar con seis tratamientos y cuatro repeticiones. Los tratamientos a evaluar serán los siguientes:

1. Labranza convencional en plano: surcos de 75 cm para maíz y con cobertura total para cebada con remoción total del rastrojo.
2. Agricultura de conservación. Camas permanentes de 75 cm, dejando la parte del maíz por debajo de la mazorca; dejar 20 cm de cebada.
3. Cero labranza en plano: surcos de 75 cm para maíz. Dejando la parte del maíz por debajo de la mazorca; dejar 20 cm de cebada.
4. Agricultura de conservación. Camas permanentes angostas de 75 cm con remoción total de los residuos de cosecha.
5. Labranza convencional en plano: surcos de 75 cm para maíz y con remoción total del residuo de cosecha.
6. Agricultura de conservación: camas permanentes angostas de 75 cm, dejando la parte del maíz debajo de la mazorca; dejar 20 cm de trigo.

Se esperan tener los siguientes resultados a mediano y largo plazos:

a. Investigación. Un artículo indizado. Dos congresos nacionales. Un informe técnico.
b. Capacitación. Se pretende conseguir la certificación de los integrantes del cuerpo académico como técnicos certificados en Agricultura de conservación. Esto permite la autorización formal por parte del Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMyT), para la extensión de prácticas agrícolas sustentables.
c. Vinculación. Se proyecta propiciar la vinculación con centros de investigación de alto nivel (CIMMyT, COLPOS, UACh) para incrementar los alcances de la investigación con la colaboración de otros cuerpos académicos. Se pretende realizar convenios con estas instituciones para el fortalecimiento del cuerpo académico, con estancias cortas e intercambio de alumnos
d. Formación recursos humanos. Apoyo para que los alumnos realicen su tesis profesional como requisito para la obtención del título como ingeniero en agrotecnología. Se proyecta la elaboración de cuatro tesis de licenciatura.

e. Transferencia de tecnología. Realizar exposiciones en campo para productores con el objetivo de dar a conocer los beneficios que se obtienen al implementar los sistemas de Agricultura de conservación.

Con la ayuda de toda la información recopilada de esta investigación se establecerá el sistema agroforestal, con la evaluación de todas las variables necesarias, para conocer el funcionamiento y proponerlo a los productores de la región.

Literatura citada

Benavides, J. E. 1984. "Efecto de diferentes niveles de suplementación con follaje de morera (*Morus sp.*) sobre el crecimiento y consumo de corderos alimentados con pasto (*Pennisetum purpureum*). En: Resumen de las investigaciones realizadas con rumiantes menores, cabras y ovejas. Proyecto Sistemas de Producción Animal. CATIE, Turrialba, C.R. 1986. Serie Técnica. *Informe Técnico No.* 67, pp. 40-42.

Erenstin, O. (2003). "Small older conservation farming in the tropics and subtropics: Aguide to the development and desemination of mulching with crop residues and cover crops". *Agriculture, ecosistem, environment* (100), 17-37.

Espinoza, E. Benavides J. E. 1996. "Efecto del sitio y la fertilización nitrogenada sobre la producción y calidad de forraje de tres variedades de morera (*Morus alba*)". *Agroforestería en las Américas*. 3(11):24-27

Giller, K. E., Witter, E., Corbeels, M., & Tittonell, P. (2009). "Conservation agriculture and small older farming in Africa: The heretic's view". *Field crops Research* (114), 23-34.

González, J. 1994. "Evaluación de la calidad nutricional de la Morera (*Morus sp.*) fresca y ensilada, con bovinos de engorda". *Tesis Mag. Sc.* Turrialba, Costa Rica, CATIE. 84 p.

Hoobs, P. R., Sayre, K., & Raj, G. (2007). "The role of conservation agriculture in sustainable agriculture". *Pilosophical transaction of the royal society. Biological Science* (363), 543-55.

López Báez, L. 2011. "Agricultura de conservación: mejores ganancias para el productor y el ambiente". Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias. Centro de investigación regional del pacifico sur experimental centro de Chipas. *Desplegable informativo*.

Mendoza Jesús, Nele Verhulst, Bram Govaerts. 2011. "Impacto de diferentes tipos de fertilización en el desarrollo y rendimiento del trigo (*Triticum durum L.*): Resultados de las plataformas en el Valle de Yaqui, Sonora". *Reporte técnico.* 14 p.

Oviedo, J. F. 1995. "Morera (*Morus sp.*) en asocio con Poró (*Erythrina poeppigiana*) y como suplemento para vacas lecheras en pastoreo". *Tesis* Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 86 p.

Rojas, H., Benavides, J. E. Fuentes, M. 1994. "Producción de leche de cabras alimentadas con pasto y suplementadas con altos niveles de Morera". En: J.E. Benavides ed. Árboles y arbustos forrajeros en América Central. Vol. II. Serie técnica, *Informe técnico* No. 236. Turrialba, Costa Rica. CATIE. pp. 305-320.

Romero-Perezgrovas Ricardo, Luis Vargas, José Luis Salgado, Dagoberto Flores, Nele Verhulst, Víctor Hernández, Andrea Chocobar, Marie-Soleil Turmel, Francisco Olguín, Bram Govaerts. 2011. "Resultados de los módulos de Agricultura de Conservación en los *hubs* de sistemas de maíz y cultivos asociados, y de temporal cereal grano pequeño (cebada-trigo) y cultivos asociados, en los Valles Altos. *Reporte técnico*. 15 p.

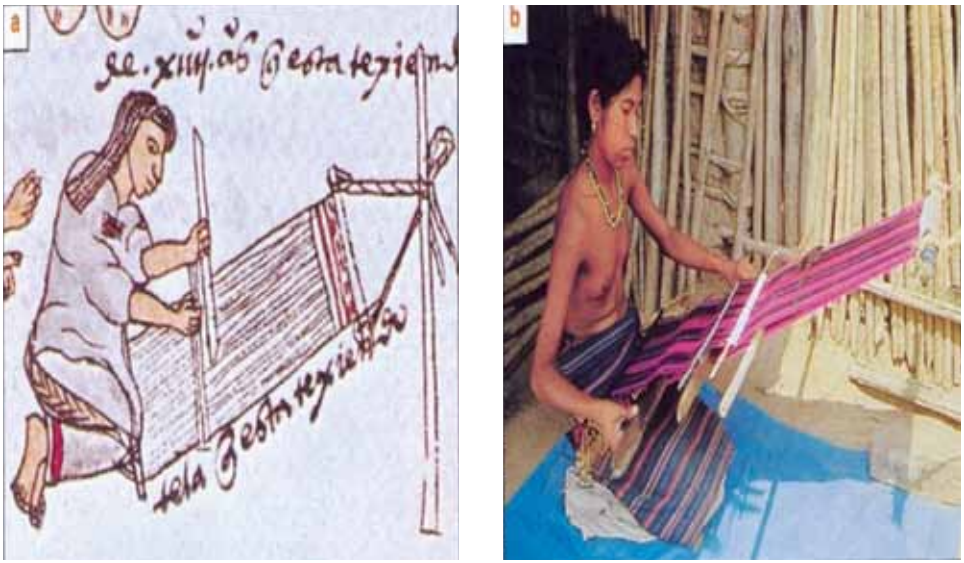
Ting-Zing, Y. F., Guang-Xien, H. y Ben. Z. 1988. "Mulberry cultivation". FAO Agricultural. *Services Bolletin* 73. Food and Agricultural Organization of United Nations. Rome 127 p.

Triplett, G. B., & Warren, A. D. (2008). "No tillage crop production: a revolution in agriculture!" *Agronomy journal* (100), pp.153-165.

Vallejo, M.A. 1995. "Efecto del premarchitado y la adición de melaza sobre la calidad del ensilaje de diferentes follajes de árboles y arbustos tropicales". *Tesis Mag.* Sc. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 98 p.

Una mirada a la sericultura en México e Hidalgo: síntesis fotográfica

Alejandro Rodríguez Ortega[1]
Alejandro Ventura Maza[1]
Jorge Vargas Monter[1]
Juan Rodríguez Martínez[2]



Tejedora mexica en códice florentino y tejedora de la Mixteca con enredo tradicional de Oaxaca, México.

[1] Universidad Politécnica de Francisco I. Madero. Kilómetro 2 de la carretera Tepatepec-San Juan Tepa, Francisco I. Madero, Hidalgo, México
[2] Asesor de desarrollo agropecuario en el ayuntamiento de Jiquilpan, Michoacán y colaborador de la Universidad Politécnica de Francisco I. Madero. Kilómetro 2 de la carretera Tepatepec-San Juan Tepa, Francisco I. Madero, Hidalgo, México.

Participación de mujeres emprendedoras en la plantación de la *Morus alba* en una pequeña población cerca de la meseta purépecha del estado de Michoacán.

Centro Nacional de Sericicultura en San Luis Potosí, México.

Madejas y artesanías realizadas por manos de mujeres artesanas de México.

Diferentes diseños y colores de prendas elaboradas con seda,
producidas en los pueblos de México.

Prendas artesanales de seda y confección de rebozos en telar de cintura (Santa María del Río, San Luis Potosí).

Cría rústica de gusanos en cajas de cartón y encapullado en ramas de encino y rodalinas de madera en la Sierra Norte de Oaxaca.

Confección de fajillas en telar fijo.

Rebozos de seda confeccionados de forma artesanal
de la Sierra Norte de Oaxaca.

El maestro Juan Rodríguez Martínez realizando una demostración
de las máquinas artesanales utilizadas en el aprovechamiento de la seda.

TALLERES REALIZADOS EN LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE FRANCISCO I. MADERO, TEPATEPEC, HIDALGO

Participación de alumnos en los talleres sobre sericicultura.

Participación del taller sobre sericicultura en el marco de la Expociencias, Hidalgo 2012.

Plática sobre moricultura en campos de la Universidad.

Transferencia de la información sobre los múltiples usos de la hoja de morera.

La maquila artesanal de la seda como alternativa para las
y los productoresdel estado de Hidalgo.

La propagación de la morera mediante estacas.

Plática del proyecto al Lic. Miguel Ángel Osorio Chong
(ex gobernador del estadode Hidalgo) y a su equipo de trabajo.

Plática del proyecto al Secretario de Agricultura,
Lic. José Alberto Narváez Gómez, y a su equipo de trabajo.

La esposa del gobernador del estado de Hidalgo, María Guadalupe Romero Delgado, visita el proyecto de gusano de seda.

Plática con los productores de San Miguel de las Piedras, municipio de Tula, Hidalgo.

TALLERES REALIZADOS EN LA COMUNIDAD DE BUENA VISTA, MUNICIPIO DE SAN BARTOLO TUTOTEPEC, HIDALGO

Transferencia del conocimiento sobre la elaboración de artesanías con capullos de gusano de seda.

Alumnos de bachillerato de la región conociendo el ciclo de vida del gusano de seda.

Participación de artesanas de Tutotepec en el taller de sericicultura.

Recorrido de las artesanas de Tutotepec en la plantación de morera.

TALLERES REALIZADOS EN EL INSTITUTO TECNOLÓGICO DE HUEJUTLA, HIDALGO

Taller con productores y alumnos con apoyo de las autoridades del ITH.

Participación de investigadores del ITH en el taller de sericicultura.

Participación de alumnos emprendedores en los talleres de sericicultura.

Recorrido por las plantaciones de morera y plática sobre el manejo y reproducción de la planta.

Colofón