

Capítulo 7

Producción industrial de productos no alimentarios

DESCRIPCIÓN DE LOS TIPOS DE PRODUCTOS

Pocas especies vegetales tienen la versatilidad de transformación que ofrecen los nopalos para el consumo humano. Sin embargo, sus posibilidades industriales son vastas, lo que hace aún más interesante su cultivo y explotación.

Uno de los productos industriales más atractivos que se obtiene de los nopalos, –aunque en forma indirecta– es el carmín de cochinilla. Este colorante natural es considerado hoy en día uno de los colorantes rojos naturales más seguros, desde el punto de vista de la inocuidad. El carmín de cochinilla, se encuentra permitido por la mayoría de las legislaciones alimentarias en diversos países; por ejemplo, lo incluye la *Food and Drug Administration* (FDA) de Estados Unidos de América; la Unión Europea le ha otorgado el código de identificación E-120 y también está incluido en el listado del Comité Mixto FAO/OMS de Expertos en Aditivos Alimentarios (JECFA) (FAO/OMS, 2000). Este pigmento es una interesante alternativa como colorante rojo natural a los colorantes sintéticos y se utiliza ampliamente en la industria de alimentos y cosmética. Perú es el primer productor mundial de cochinilla seca y exporta cochinilla procesada como carmín, ácido carmínico y soluciones.

La producción de cochinilla (*Dactylopius coccus*: Hemiptera) es una explotación de tipo agrícola-biológico ya que es producida por un insecto parásito de los nopalos y se alimenta de ellos. Por lo tanto, la planta debe tener un manejo diferente al que recibe para la producción de fruta o nopalitos y el insecto por su parte, tiene un manejo y posterior proceso para la producción de colorante, distinto a los utilizados para la producción de alimentos y aditivos o subproductos. El hospedante natural generalmente es *Opuntia ficus-indica*: en ella crece y se desarrolla el insecto, el que es sacrificado y procesado para la extracción del pigmento. Lo que realmente se procesa para la producción de carmín es el insecto hembra y la planta solo es el apoyo para su crianza.

En la Lámina 33 se observa una plantación de tuna para producción de cochinilla en el norte de Chile.

A la agroindustria le interesa aprovechar en forma integral las materias primas que utiliza, por lo que tratará de encontrar utilidad a los deshechos de procesamiento, lo cual a su vez, redundará en un beneficio adicional. Este es el caso de las semillas y de las cáscaras de los frutos que se separan de la pulpa en la obtención de jugos y otros productos. Las semillas contienen aceite de buena calidad. Las cáscaras, por su parte, son ricas en hidrocoloides (mucílagos) que se pueden extraer y utilizar como espesantes en la industria alimentaria. Por otra parte, las cáscaras de variedades rojas o púrpuras contienen gran cantidad de pigmentos (betaína) y pueden ser una fuente de

Carmen Sáenz

Departamento de Agroindustria y Enología
Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile
Chile



Lámina 33

Plantación comercial de tuna para producción de cochinilla.
Chile, 1998.

colorantes naturales. No se ha explorado aún la extracción de otros pigmentos de tunas de otros colores; por ejemplo, la tuna anaranjada es rica en carotenoides.

De las pencas o cladodios se obtienen harinas o polvos de nopal cuyo destino es variado. En este capítulo se hará referencia a este producto, como un ingrediente de las industrias de complementos alimenticios y farmacéutica, donde realmente tiene un uso más conocido que en la industria de alimentos. Su utilización y propiedades como ingrediente en productos medicinales se están estudiando científicamente y en forma amplia, sólo en los últimos tiempos. El consumo de

tabletas y cápsulas de nopal en polvo, en harinas, en licuados y en otras formas, con fines medicinales, es bien aceptado y buscado por los consumidores, por la tradición con que se asocia el nopal a ciertos poderes curativos, conocidos y heredados a través de la medicina popular. Esas propiedades podrían ser definitivamente confirmadas con los estudios científicos que se están efectuando actualmente al respecto. Ligados en cierta manera a este rubro, se encuentran los productos conocidos como nutracéuticos, conjunción entre alimentos y medicamentos, conocidos también como alimentos funcionales: son alimentos de los cuales los consumidores esperan un beneficio para la salud, más allá de la mera nutrición. Entre ellos se encuentran algunos productos recientemente introducidos en el mercado mexicano, que contienen fibra de nopal y otras fibras vegetales, como la proveniente de *Psyllium plantago* y se comercializan para dietas líquidas, mezclados con agua y también para tratamientos clínicos que requieren alimentación por sonda.

De las pencas se pueden extraer también mucílagos purificados, los que se encuentran en mayor proporción en esta parte de la planta que en las cáscaras. Estos compuestos presentan interés tanto en la industria de alimentos como en la gastronómica, como estabilizante de espumas y emulsiones en general, ya sean no alcohólicas o lácteas (Garti, 1999; Stintzing y Carle, 2005). Su potencial como emulsificante no ha sido aún bien explorado.

Un rubro distinto a los señalados hasta ahora y en el que tradicionalmente han tenido cabida diversos tipos de especies vegetales, es la industria cosmética: a ciertas plantas se asocian propiedades benéficas para la piel o el cabello tal como ocurre con el nopal. En México hay varias empresas y una gran cantidad de productos elaborados por esta industria, a partir del nopal: p. ej., cremas, lociones, geles, champúes. En todos ellos se utiliza el nopal como uno de sus ingredientes; sin embargo, como señalan Corrales y Flores (2003) su uso no está muy difundido y por ello estas industrias no tienen capacidad de absorber grandes cantidades de nopal.

Dentro del sector industrial, en el sector del turismo suele existir creciente interés por los artículos típicos de los distintos países; por ejemplo, la industria de artesanías, que con la penca significada confecciona canastos y otros objetos.

Un sector alejado de los señalados anteriormente, pero no por ello de menor interés, es el de la construcción. Últimamente está siendo estudiada la acción anticorrosiva del mucílago y también se han continuado los estudios acerca de la utilidad que prestan las pencas como adherentes de pinturas y clarificantes de agua.

REQUERIMIENTOS TÉCNICOS

Debido a las grandes diferencias existentes en el procesamiento y obtención de algunos de estos productos, como por ejemplo la utilización de la cochinilla para la obtención de colorantes y el resto de los productos antes mencionados, como los hidrocoloides,

los colorantes obtenidos de los frutos o los diferentes tipos de productos cosméticos, cada uno de ellos será considerado por separado. Los productos no alimentarios derivados del nopal y la tuna, forman parte de una variada gama de industrias, desde la industria química, hasta aquella productora de cosméticos o insumos agrícolas. Sus requerimientos técnicos son diversos y las materias primas y los equipos que forman parte de las líneas de flujo se indicarán en cada caso en particular.

Cabe señalar, sin embargo, que todo sector industrial requiere instalaciones adecuadas. Por ejemplo, una industria ligada al sector químico que utiliza solventes, tendrá normas de seguridad distintas de aquella que produce alimentos en polvo o harinas. Por lo tanto, dependiendo del tipo de producto que se opte por fabricar, se deberá seguir la normativa adecuada a ese tipo de industria.

Para los requerimientos tanto de servicios, mano de obra y capital de operación, se tendrá en cuenta, en forma similar, lo ya descrito en el Capítulo 6.

COLORANTES DE LA COCHINILLA

El manejo de campo que se le debe dar a los nopalitos para la crianza de la cochinilla, su ciclo biológico, los hospedantes más adecuados dentro de las diversas especies de nopalitos y los mercados del colorante, entre otros temas relacionados, han sido abordados por varios autores. Entre ellos, Flores-Flores y Tekelenburg (1999), lo consideran de tal manera y de igual modo lo hacen Sáenz *et al.* (2002a) en una publicación de la Universidad de California. Cabe señalar que acerca de los hospedantes, Portillo (1995) indica que comúnmente se utiliza *Opuntia ficus-indica*.

Por lo tanto, el proceso que se describe a continuación, incluye desde la cosecha de la cochinilla en adelante, lo que podría ser considerado como la etapa de preprocesamiento.

Preparación

Se cosechan las hembras, maduras y ovopositantes, que son las que poseen el pigmento en mayor cantidad (19-22 por ciento de ácido carmínico) ya que las cochinillas pequeñas sólo llegan a cerca de un 16 por ciento de ácido. La cosecha, se puede efectuar tres o cuatro veces al año, es manual y cuidadosa de modo de no romper el insecto y derramar el pigmento; se realiza con pinceles, brochas finas o cucharas de modo de ir separando cuidadosamente el insecto desde la penca del nopal y colocándolo en recipientes no muy profundos de modo que no se aplasten.

En la Lámina 34 se observan cochinillas en una penca prontas para ser cosechadas y un momento de la cosecha.

Lámina 34
Cosecha de cochinillas
(a y b) Chile, 2005. (c) Perú, 1999

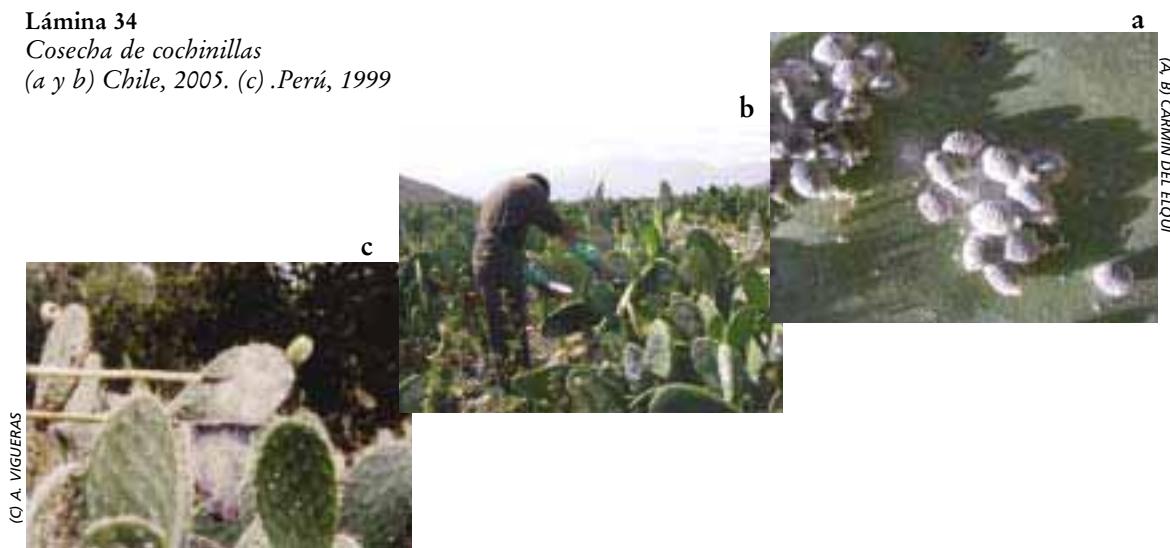




Lámina 35
Secado artificial de la cochinilla
Chile, 2005

FOODSAFE

Luego de la cosecha, se selecciona la cochinilla de modo de dejar sólo la cochinilla madura. Posteriormente se sacrifica el insecto; hay diversas metodologías descritas para ello, aunque según Flores-Flores y Tekelenburg (1999), el mejor modo es dejarlo morir naturalmente a la sombra, de modo que exista una ovoposición completa; con ello se llega a contenidos de ácido carmínico de hasta 26 por ciento.

Luego de la cosecha y selección, la cochinilla se seca, mediante métodos naturales (secado solar durante 4-5 horas por 6 días o a la sombra por 20-30 días) o artificiales (sistemas de aire caliente, 50-70 °C, 60 por ciento HR, durante 3-4 horas), hasta un contenido de

humedad de 7 a 10 por ciento; este segundo método, permite un secado más uniforme, disminuye la contaminación e incrementa la calidad de la materia prima.

En la Lámina 35 se observa el secado de la cochinilla.

Después del secado, la cochinilla se limpia, de modo de eliminar las impurezas como espinas, arena u otros elementos silíceos; esta operación se puede realizar en forma semimanual utilizando corriente de aire y cribas.

A continuación se clasifica en rangos de calidad, para lo cual se utilizan tamices con distintas aberturas de malla; se considera una cochinilla de primera la que es retenida en mallas con orificios de 2 mm. La calidad de la cochinilla está referida principalmente a los contenidos de ácido carmínico, humedad y metales pesados. Respecto al contenido de ácido carmínico se considera bueno un valor superior a 22 por ciento; siempre se buscan cochinillas con un mayor contenido de ácido carmínico, tanto es así que hay proyectos de mejoramiento genético a fin obtener un insecto más productivo (Anónimo, 2000).

Una vez seca y clasificada, la cochinilla se envasa en sacos de yute o plástico impermeable o en tambores de 50 kg hechos de cartón prensado con aros metálicos que permiten que la cochinilla no se dañe. Se almacena a temperaturas inferiores a 20 °C y humedad relativa menor de 50 por ciento.



a



b



c

Lámina 36
Limpieza, selección y cochinilla seca

(A) L. PORTILLO, PERÚ, 2000. (B) L. PORTILLO, PERÚ, 1997.



Lámina 37

Productos derivados de la cochinilla
(a) Chile, 2005 y (b) Chile, 1999

En este momento la cochinilla está en condiciones de ser enviada a la planta procesadora para la obtención de diversos tipos de colorantes.

Procesamiento

Los productos comerciales extraídos de la cochinilla son variados, entre ellos se encuentran el extracto de cochinilla, el carmín y el ácido carmínico, los que se presentan como soluciones, lacas y polvos. Estos productos tienen múltiples usos en las industrias de alimentos, cosméticos y fármacos y en la preparación de tintas para laboratorios, para colorear papeles, textiles y cerámicas (Lámina 37).

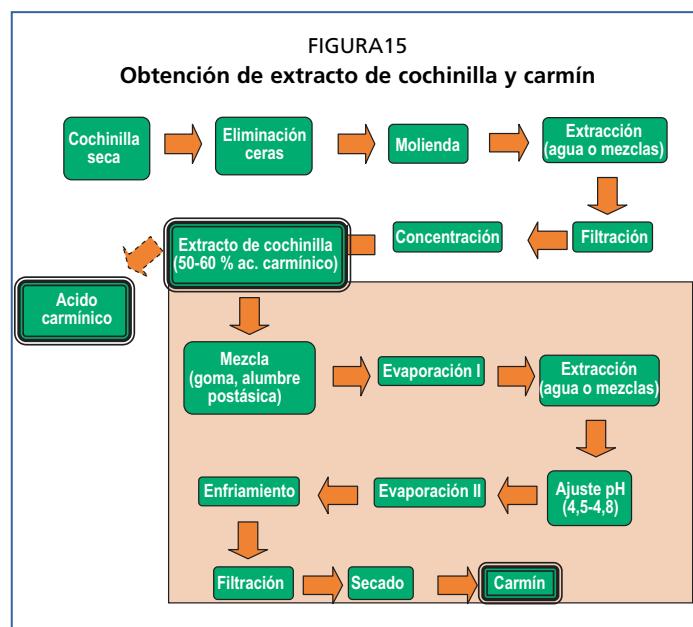
Los usos más frecuentes de cada tipo de producto, así como sus limitaciones dependerán de algunos factores como:

- pH del producto final, o si este cambia durante el proceso
- la temperatura aplicada antes o después de haber colocado el colorante
- la vida útil del producto final y las condiciones de su envase y almacenamiento
- la concentración de colorante para la tonalidad deseada
- los agentes que podrían estar en contacto con el colorante antes, durante y después de su aplicación

En la Figura 15 se observa el diagrama de flujo con las operaciones que llevan a la obtención de los diversos productos derivados de la cochinilla. En muchos casos estos procesos suelen estar protegidos por patentes industriales; el diagrama se ha tomado del estudio realizado por Carvallo (2000) que recoge la experiencia de algunas empresas, centros de investigación y de diversos investigadores, entre ellos Pérez (1992), y la información del Instituto Nacional de Investigación Tecnológica Industrial y de Normas Técnicas (ITINTEC, 1990) de Perú.

Una vez que la cochinilla seca llega a la planta procesadora, se elimina la capa cerosa que la cubre. Este proceso es de gran importancia ya que las siguientes operaciones requieren que la grana o cochinilla esté completamente libre de cera y es uno de los factores que determinan la brillantez del producto final. Para ello, la grana se deposita en un recipiente de acero inoxidable y se vierte acetona, que actúa como solvente, o alternativamente se puede usar hexano. Cuando el solvente ha disuelto por completo la cera se filtra a través de una malla. También se pueden usar otros tipos de solventes orgánicos comunes en la extracción de aceites vegetales.

Luego la cochinilla se somete a una molienda a fin de permitir que, posteriormente, sea más fácil la extracción del colorante. Para ello los cuerpos de los insectos deben estar secos y limpios. Esta molienda debe proporcionar un producto totalmente



solventes; se agita en forma permanente y se mantiene la temperatura constante a 80 °C. También se puede hacer la extracción en agua caliente (100 °C durante 15 minutos), con la adición de carbonato de sodio que actúa como regulador de pH (pH = 9,0) y manteniendo una agitación constante.

La solución obtenida se tamiza para separar las partículas gruesas de cochinillas que hayan quedado, posteriormente se puede filtrar. Esta filtración se puede realizar mediante papel en el que quedará el bagazo que se desea separar o por centrifugación o a través de una malla. Este extracto se concentra, utilizando un evaporador, el que puede ser similar a alguno de los equipos que se han mencionado anteriormente en el Capítulo 6. El extracto así obtenido tendrá entre un 50 - 60 por ciento de ácido carmínico, o sea el producto comercializable. A partir de este extracto, se obtendrán otros productos comerciales, como el carmín, el ácido carmínico -cuya extracción es un proceso complejo- y el propio extracto de cochinilla.

Para la obtención del carmín de cochinilla, la solución de extracto de cochinilla se somete a una operación llamada «lacaje», que consiste en hacer precipitar el carmín con sales de calcio y aluminio. Los pasos involucrados en este proceso son los siguientes:

En el *mezclado*, al extracto de cochinilla se le agrega goma vegetal disuelta en agua y alumbre de potasio (sulfato doble de potasio y aluminio), agitando constantemente. En la *evaporación I*, la mezcla se somete a ebullición en un evaporador y se agregan sales de calcio, como el carbonato de calcio (CaCO_3). A continuación se efectúa un ajuste de pH mediante la adición de acetato de sodio o ácido cítrico para acidificar hasta pH 4,5-4,8. En la *evaporación II* se concentra la solución; posteriormente se agrega cloruro de sodio como reactivo final y se deja decantar el producto formado durante 12 horas. Una vez totalmente frío el producto, se procede a la separación, la que se puede llevar a cabo por *filtración y secado* en un filtro rotatorio, en un filtro prensa o en una centrífuga. El filtrado da como resultado un pigmento de color rojo intenso, que es el carmín. Luego el carmín se lava con agua deionizada para retirar cualquier impureza adquirida en el proceso. Finalmente el carmín puede ser secado (40 °C) para eliminar la humedad remanente y mejorar la calidad del producto. El carmín, una laca del ácido carmínico, tendrá más de 60 por ciento de ácido carmínico y un contenido de humedad entre 7 y 10 por ciento.

Un método de extracción de los pigmentos de la cochinilla más sencillo que el indicado anteriormente es el que señalan Vigueras y Portillo (2004) para la obtención de tintas para el teñido de fibras.

pulverizado, por lo que, dependiendo del tipo de molino de que se disponga, puede ser necesario el uso de dos molinos en serie. De esta operación se obtiene cochinilla en polvo, que sirve para la preparación del extracto de cochinilla.

Para la extracción del colorante existen varios métodos, algunos utilizan solventes y otros solamente agua. Por ejemplo, se puede efectuar la extracción mediante una mezcla de agua y alcohol, en proporción que puede variar entre 1:1 y 1:5 vol/vol; sin embargo, esta no influiría sobre el rendimiento de extracción. Para ello, la cochinilla molida se coloca en un tanque de doble fondo de acero inoxidable y se agrega la mezcla de

COMPLEMENTOS ALIMENTICIOS

En esta categoría se consideran una serie de productos presentes principalmente en el mercado mexicano (cápsulas y tabletas de polvos de nopal, polvos para licuados, otros productos formulados por mezcla con otras fibras vegetales), los cuales se consumen como medicamentos. Las formulaciones de todos estos productos se manejan en forma confidencial por parte de las empresas productoras; a continuación se presentan orientaciones generales para su fabricación. Todos ellos tienen como base la harina o polvo obtenido de los cladodios del nopal, cuya línea de flujo se presenta en el Capítulo 6 (Figura 14).

Preparación y procesamiento

La elaboración de tabletas y cápsulas de polvo de nopal, sigue la línea de sus similares en la industria farmacéutica. En el caso de las cápsulas, se puede utilizar un equipo manual si la producción es pequeña, o un equipo semiautomático, y se procede a encapsular el polvo.

Para el caso de las tabletas, en primer término se prepara la mezcla, a la que se le agrega un aglutinante como carboximetilcelulosa (CMC), se mezclan bien todos los ingredientes y se lleva a una máquina tableteadora, en la cual se comprime el polvo dándole la forma deseada (Lámina 38).

En la Lámina 39 se observan distintos complementos alimenticios.

Estos complementos que se comercializan en el mercado con fines de combatir la obesidad o la diabetes o de aumentar el consumo de fibra son en ocasiones sujeto de controversias. Es altamente deseable que el sustento científico que tienen sea cada vez más claro, por lo que es necesario continuar las investigaciones al respecto a fin de tener una mejor comprensión de su modo de acción.

COLORANTES EXTRAÍDOS DEL FRUTO

Las betalaínas, pigmentos presentes en las tunas rojas y púrpuras, se utilizan ampliamente en la industria de alimentos; sin embargo su fuente corriente de extracción en forma comercial no es la tuna, sino la betarraga o remolacha de mesa (*Beta vulgaris*) a la cual le deben el nombre. Dado que las betalaínas ya son conocidas, aceptadas y utilizadas, se ha pensado que la tuna puede ser una fuente alternativa para su extracción.

Preparación y procesamiento

La fruta se prepara de manera similar a la que se emplea en las frutas destinadas a la elaboración de jugos, ya que lo que se utiliza para colorear es el jugo concentrado; sin

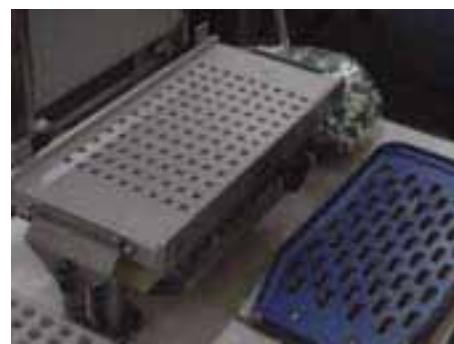


Lámina 38

Tableteadora y encapsuladora
(Gentileza Facultad de Ciencias Químicas y Farmacéuticas, Universidad de Chile). Chile, 2005.

C. SÁENZ

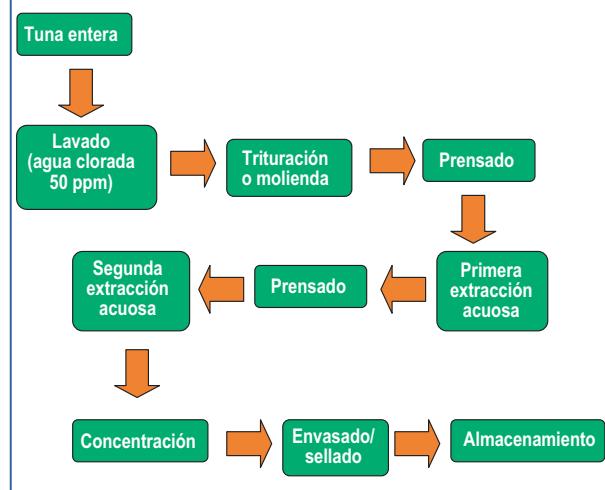


C. SÁENZ Y E. SEPÚLVEDA

Lámina 39

Complementos alimenticios a base de nopal
Chile, 2005.

FIGURA 16
Diagrama de flujo para obtención de colorante de tuna púrpura



embargo, en este caso se usa el fruto entero, incluyendo la cáscara. Existen grandes variaciones en los frutos y cáscaras respecto al contenido de pigmento, por lo que en primer término habrá que seleccionar la materia prima que se utilizará, privilegiando aquellas con mayor contenido de pigmentos. Hasta ahora, no existen empresas que se dediquen a su producción o que aíslen el colorante a partir del jugo concentrado, por lo que son necesarias posteriores investigaciones. En la Figura 16 se presenta el diagrama de flujo para la obtención de colorante a partir de tuna entera.

En primer término se selecciona la fruta, desechar todo el material dañado, previa inspección visual de los frutos. Luego se coloca en un tanque de acero inoxidable y se lava por inmersión en agua clorada (50 ppm); al ir dejándola caer en el tanque se puede

cepillar para eliminar las espinas de los frutos enteros. Posteriormente se efectúa un pulpado o molienda de los frutos enteros en pulpadoras como las utilizadas para jugos y mermeladas ya descritas en el Capítulo 6. A continuación se lleva a una prensa, que puede ser hidráulica u otra similar a las utilizadas para extraer jugos.

A fin de agotar la extracción del pigmento, los residuos obtenidos de la etapa anterior se colocan en un tanque, se les agrega agua en proporción 1:1 en peso, se mantiene esta mezcla en agitación por 30 minutos (20 - 25 °C) y luego se prensa como ya indicado; esto constituye la primera extracción acuosa. Una operación similar se repite con el residuo que queda de esta primera extracción acuosa, pero se le agrega el 75 por ciento del peso de este en agua y se agita durante 20 minutos; esto constituye la segunda extracción acuosa. Si el residuo quedara aún muy coloreado, se puede repetir una tercera extracción.

Todos los extractos se reúnen en un tanque y se bombean a un concentrador al vacío (40 °C) a fin de proteger la estabilidad del pigmento. La evaporación se lleva a cabo hasta que el extracto logre 60 - 65 °Brix, que es similar a la concentración del colorante comercial de betarraga. El rendimiento respecto al fruto entero será cercano al 15 por ciento y el contenido de betanina superior a 120 mg/100 g.

HIDROCOLOIDES (MUCÍLAGOS)

Un producto que está cobrando interés desde el punto de la investigación médica y que también podría tenerlo para el sector industrial, son los hidrocoloides o mucílagos que se pueden extraer de las pencas y de las cáscaras de los frutos de los nopalos. Hasta ahora las metodologías puestas a punto son complejas y costosas y los rendimientos logrados son bajos; sin embargo, el interés despertado en la industria de suplementos alimenticios para elaborar extractos protectores de la mucosa gástrica, entre otros productos, hace pensar que tienen cierto futuro. Se detalla a continuación una metodología de extracción (basada en estudios efectuados por Sáenz *et al.*, datos no publicados), a partir de cladodios que es la parte de la planta en que se encuentran en mayor proporción. Cabe señalar, que lo que se obtiene mediante la metodología descrita más adelante es un polvo, que puede tener también interés como espesante para la formulación de alimentos.

Preparación y procesamiento

La extracción de hidrocoloides de nopal se puede efectuar a partir de pencas o cladodios de nopal de 2-3 años, los cuales se reciben en un tanque donde se lavan con agua clorada (50 ppm) y se escobillan a fin de eliminar las espinas. Las pencas se trozan y trituran en un molino de cuchillas o similar y se hacen llegar a un tanque donde se coloca agua potable en una relación penca:agua = 1:7, a una temperatura de 16-18 °C por al menos 16-20 horas por kilo de penca triturada (Figura 17).

Luego se hace pasar por una tela-gasa o similar para separar los trozos gruesos de penca. Posteriormente se centrifuga en una centrífuga de canasto o en un decantador similar a fin de separar al máximo el mucílago extraído de las impurezas (paredes celulares u otras) de la penca; el sobrenadante se concentra al vacío a 70 °C, al menos hasta 1/3 de su volumen inicial a fin de disminuir la cantidad necesaria de alcohol en las próximas etapas.

El extracto de mucílago concentrado se bombea a un tanque donde se agrega alcohol isopropílico (también se puede utilizar etanol) en proporción extracto:alcohol = 1:3; la mezcla se hace llegar a una centrífuga a fin de separar el mucílago precipitado. El mucílago precipitado se lava haciéndolo bullir (95 °C) con isopropanol y luego se filtra a fin de separarlo del alcohol.

El mucílago se seca al vacío (70°C) en un deshidratador o estufa de aire forzado, hasta un contenido de humedad de 5-6 por ciento.

En la Lámina 40 se observa el mucílago precipitado y en polvo.

PRODUCTOS COSMÉTICOS

La industria cosmética es una industria muy competitiva y compleja. Las grandes variedades de productos que fabrica también utilizan el nopal como materia prima. Entre dichos productos se encuentran entre otros, jabones, champúes, cremas de diversos tipos, lociones y mascarillas.

Las empresas elaboradoras de productos cosméticos a base de nopal se encuentran mayoritariamente en México. A continuación se presentan las operaciones básicas para su preparación y los ingredientes comúnmente utilizados.

Elaboración de crema a base de nopal

La crema de nopal se produce normalmente del jugo extraído de las pencas. El jugo se extrae tal como se indicó en el Capítulo 6.

Una formulación básica es la descrita por Correa (Comunicación personal¹) para lo cual se mezclan en un tanque de doble fondo y funden a 70 °C una fase oleosa formada por un 8 por ciento de ácido esteárico, 2 por ciento de petrolato blanco y 2 por ciento

FIGURA 17
Diagrama de flujo para la extracción de mucílago de nopal

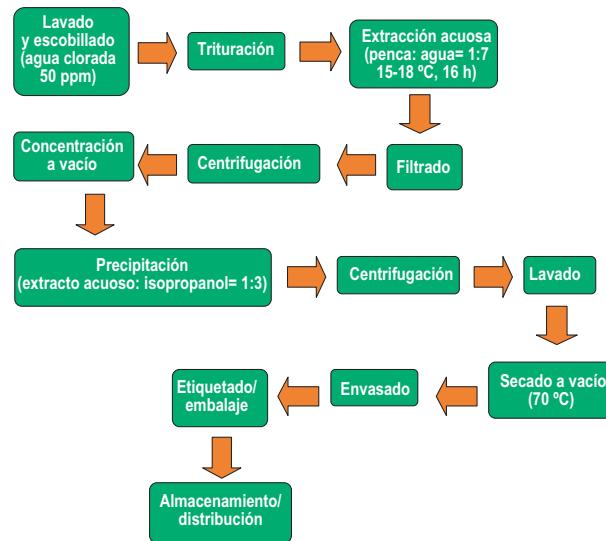


Lámina 40
Mucílago extraído del nopal
Chile, 2001.

¹ Olosmira Correa, Químico-Farmacéutico, Laboratorio de Tecnología Farmacéutica, Facultad de Ciencias Químicas, Universidad de Chile. 2004.



C. SÁENZ Y E. SEPÚLVEDA

Lámina 41

Champú, cremas y jabón a base de nopal
Chile, 2005.

de aceite mineral; en otro recipiente se calienta (a 70 °C) la fase acuosa formada por 10 por ciento de propilenglicol, 0,1 por ciento de metilparabeno, 0,1 por ciento de propilparabeno, 3,6 por ciento de trietanolamina y 69,2 por ciento de agua; luego de tener las mezclas temperadas, se vierte la fase acuosa sobre la oleosa, con agitación vigorosa. La agitación continúa hasta que la emulsión alcance una temperatura aproximada de 40 °C; a continuación se agrega un 5 por ciento de jugo de nopal. La crema se envasa de modo similar al antes descrito.

Elaboración de champú a base de nopal

Para la elaboración de champú, Correa (Comunicación personal), señala que un champú

transparente a base de nopal se puede preparar colocando en un recipiente 14 por ciento de Texapon N70, 2 por ciento de Comperlan KD, 0,1 por ciento de metilparabeno y aproximadamente 50 por ciento de agua. La mezcla se calienta a 50 °C hasta que está completamente disuelta, agitando suavemente para evitar la formación de espuma y se enfriá lentamente. A continuación se mide el pH y si fuera necesario se ajusta con NaOH, ácido cítrico o ácido láctico hasta un valor entre 5-6. Luego se añade el jugo de nopal (5 por ciento). Seguidamente se ajusta la viscosidad con NaCl al 25 por ciento, hasta el punto deseado, y en forma optativa se añade a continuación el perfume y colorante y se completa a 100 por ciento con agua. El producto se puede envasar del modo ya señalado.

En la Lámina 41 se presentan algunos cosméticos comerciales a base de nopal.

Elaboración de jabón de nopal

Un jabón de glicerina a base de nopal se puede preparar de acuerdo a lo señalado por Correa (Comunicación personal), mezclando en un recipiente ácidos grasos de sebo (27 por ciento), aceite de coco (7 por ciento) y aceite de ricino (5 por ciento); esta fase grasa se funde a 70 °C y aparte se prepara la fase acuosa, formada por 15 por ciento de azúcar, 9 por ciento de glicerina, 10 por ciento de jugo de nopal, 0,25 por ciento de EDTA y 10,75 por ciento de agua. Se mezclan ambas fases con una solución alcohólica de hidróxido de sodio (6 por ciento y 10 por ciento de etanol), bajo calentamiento a reflujo. La masa de jabón resultante debe tener una ligera alcalinidad (0,1 por ciento); a continuación se agrega el perfume y se colorea, a una temperatura cerca de 65 °C. Una vez lista la masa se vierte en moldes y se espera hasta su enfriamiento para retirar los jabones y envasar en papel, plástico o en cajas de cartón.

OTROS PRODUCTOS CON PERSPECTIVAS

A los usos tradicionales de los cladodios del nopal, además del valor que tienen como alimento consumido en forma directa se suma su utilización en rubros tan diferentes como la construcción por sus propiedades adherentes en adobes y pinturas, como anticorrosivos o como infiltradores del suelo, entre otros.

Se ha usado en Chile y en México como clarificante de agua y como un adhesivo para la cal $[\text{Ca}(\text{OH})_2]$. Los clarificadores comerciales de agua son a menudo polímeros solubles que atrapan partículas de lodo en forma física de modo de formar cuerpos más pesados que el agua. El nopal probablemente trabaja bajo el mismo mecanismo; precipita las partículas barroosas del mismo modo que lo hacen los polímeros (Bobby Crabb, comunicación personal. Cactus List).

En un estudio efectuado en Cuba (López, 2000) comparó la capacidad clarificante del mucílago, con otros agentes tradicionales como el sulfato de aluminio $[Al_2(SO_4)_3]$. El autor informó que el mucílago de *Opuntia ficus-indica* y de *O. stricta* var. *dillenii* tienen una conducta similar al sulfato de aluminio para clarificar agua. Las dosis mejores eran cerca de 0,8ml/l en agua con turbidez media y alta. Algunos de los parámetros utilizados en la comparación para determinar el poder del clarificante fueron turbidez (NTU) y el índice de Willcombs que refleja la calidad del proceso de coagulación-flocculación. El mucílago también redujo la demanda química de oxígeno (DQO) y removió metales pesados (Fe, Al, Mn) y coliformes fecales. Despues del tratamiento, el agua no presentó ningún olor desagradable.

Por otra parte, en Perú, Ramsey (1999) estudió el uso de goma o mucílago de cladodios de nopal para estabilizar bloques de adobe, comparándolo con la cal; los resultados obtenidos no fueron exitosos como se esperaba, probablemente debido a que las dosis empleadas fueron bajas (10 por ciento). La metodología utilizada para preparar la goma de nopal como estabilizante, consiste en limpiar y remojar en agua los cladodios (1:1 en peso); las mejores condiciones de remojo fueron 18 días a 15 - 20 °C (82 - 92 por ciento HR) o entre 7 y 14 días a 20-25 °C (77 - 88 por ciento HR). Del mismo modo, Cárdenas *et al.* (1998) efectuaron ensayos preliminares acerca del uso de jugo de nopal en pastas de $Ca(OH)_2$, indicando que su incorporación vuelve más débil la textura de la cal. Últimamente, Torres-Acosta *et al.* (2004) afirman que la adición de mucílago de nopal a mezclas de cementos refuerza la durabilidad de estos materiales. Sin duda, todos estos resultados justifican continuar los estudios respecto a estas propiedades.

En México hay una larga historia del uso del mucílago de nopal en combinación con cal: aumenta sus propiedades adhesivas y mejora su repelencia al agua. Tradicionalmente, se ha usado de modo similar al yeso en paredes de adobe y de ladrillo, y también como una barrera al agua en el estuco. Cárdenas *et al.* (1998) han señalado, que desde hace muchos siglos se agrega jugo de nopal como un adhesivo orgánico a la cal para restaurar y proteger edificios históricos en México. En un estudio hecho por estos autores, se probó la adición de jugo de nopal (extraído de pencas hervidas) a la cal $[Ca(OH)_2]$ en proporciones diferentes (0,65, 1,0 y 1,95 por ciento); la resistencia de las pastas secas fue evaluada por una prueba penetración-ruptura con un texturómetro. A medida que la cantidad de jugo de nopal aumentaba, se produjo una reducción drástica del estrés máximo y de la tasa de deformación, comparado con un testigo (sin jugo de nopal); en cambio, la cal control, mostró una estructura mecánica más homogénea. En la muestra con la dosis más baja de jugo de nopal (0,65 por ciento) se observó que el mucílago tenía un bajo efecto en la continuidad de la red, haciendo una fase más discontinua y la red de $Ca(OH)_2$ más débil. Cuando la proporción de jugo de nopal aumentaba, las propiedades mecánicas también aumentaron debido a la formación de una red homogénea en la que el mucílago del nopal interpenetraba en el hidróxido del calcio, sin modificación de la estructura, en comparación con el control.

Por su parte, Hernández y Serrano (2003), en un estudio sobre adición de mucílago de nopal liofilizado a morteros ampliamente usados en la construcción, observaron que la adición de 0,5 g de mucílago liofilizado mejoraba las características mecánicas de la mezcla, con una mejor resistencia a la compresión que los controles sin mucílago de nopal. La mezcla de yeso + arena sílice + mucílago de nopal liofilizado mostró un esfuerzo a la compresión de 151,8 kg/cm² a los 28 días, en comparación con el control que fue de 125,6 kg/cm².

Gardiner *et al.* (1999), informan sobre las primeras investigaciones sobre la acción de un extracto de nopal para mejorar la infiltración del agua en el suelo. Los autores compararon poliacrilamidas (PAM) con un extracto de nopal sin diluir y diluido y concluyeron que la aplicación del extracto aumenta la infiltración de agua en la tierra, en una magnitud similar al de las poliacrilamidas; sin embargo, todavía quedan muchas

preguntas al respecto. Se ignora la persistencia de los efectos del extracto, así como el ingrediente activo y el mecanismo de acción.

Últimamente está siendo estudiado el uso de los cladodios para evitar la corrosión; en Marruecos, Hammouch *et al.* (2004) informan que la utilización de un extracto acuoso obtenido de los cladodios demostró ser exitoso para evitar la corrosión del hierro. Por su parte Torres-Acosta *et al.* (2005) en estudios preliminares, encontraron que la adición de mucílago de cladodios al concreto evitaba la corrosión del barras acero inmersas en el mismo. Torres-Acosta *et al.* (2004) también analizaron la adición de mezclas de nopal y *Aloe vera* en el concreto, como un modo de aumentar las propiedades anticorrosivas al entrar en contacto con el acero.

Otra propiedad distinta, es la que se atribuye al nopal como repelente de insectos, aunque no se conocen estudios científicos acerca de esta acción; un producto que con estos fines habría sido probado con éxito en la isla de Roatán, Honduras, está siendo elaborado en Texas, patentado y se ofrece a través de Internet.

ENVASADO

Los sistemas de envasado para los productos descritos anteriormente, son a veces similares a los de los productos alimenticios.

Los colorantes derivados de la cochinilla se envasan en distintos tipos de recipientes. Los líquidos se envasan en frascos de plástico o vidrio y los polvos generalmente en frascos de vidrio. El envasado a granel se realiza, en general, en el caso de los polvos, en bolsas plásticas y se colocan en embalajes de cartón. El almacenamiento en recipientes sellados, debe ser en lugar fresco y seco, protegido de la luz. En esas condiciones se pueden conservar sin pérdida de calidad durante varios meses.

Las cápsulas, tabletas y demás complementos alimenticios en base a polvos de nopal, se deben envasar de acuerdo con las normas de seguridad e higiene propias de la industria farmacéutica, en frascos de vidrio o plástico de diferentes capacidades y se almacenan en un lugar fresco y seco.

El envasado de los extractos colorantes obtenidos de los frutos de nopal, dependiendo de si la venta será al detalle o a granel, se puede efectuar en bidones plásticos opacos o en frascos de vidrio ámbar u otro color que los proteja de la luz, sellados con tapas de rosca y almacenados protegidos de la luz. El envasado al vacío o en atmósferas de nitrógeno es recomendable debido a que lo protegen de las alteraciones que puede sufrir el pigmento y la eventual pérdida, en parte, de su poder colorante y de su estabilidad.

El mucílago deshidratado, se puede envasar tal como sale del deshidratador (con tamaño heterogéneo) o se puede hacer pasar, previo al envasado, por un molino de cuchillas a fin de homogeneizar el tamaño de las partículas del mismo. Esta operación adicional dependerá del destino que se le de al producto y del grado de aglomeración con que salga del secador. El envasado se realiza en frascos de vidrio o plástico, se sellan y se almacenan a temperatura ambiente en un lugar fresco y seco.

Los productos cosméticos se caracterizan por tener especial cuidado en su presentación y por ello los envases son particularmente importantes. Estos productos están ideados para el cuidado de la piel, cabello y cuerpo y tienen relación con la belleza del mismo, por lo que el diseño del envase está directamente relacionado con la misma.

CALIDAD

Considerando que algunos de los productos no alimentarios antes descritos, se utilizan como insumos o ingredientes de la industria de alimentos y otros son suplementos alimenticios cercanos a los medicamentos, las normativas son similares a las que regulan la calidad de los alimentos y en algunas ocasiones, más estrictas aún. Cuando se trata de suplementos alimenticios o productos que han pasado por procesos químicos para ser obtenidos debe asegurarse su inocuidad antes de pasar a formar parte de un alimento procesado.

A este respecto, la calidad de los distintos productos derivados de la cochinilla, está normada por diferentes organismos reguladores según los países (p. ej., Normas de Calidad del Perú, ITINTEC, FDA y otras); las empresas productoras también tienen sus propios estándares de calidad.

Con relación al carmín, el color dependerá de la proporción de aluminio y calcio: es violeta en formulaciones sin calcio y varía de rosado a escarlata a medida que aumenta la proporción de calcio. En cuanto al pH, su color varía de rojo a pH < 4 a azul-rojo a pH = 10; además es estable a la luz, temperatura y oxígeno. Es soluble en álcalis e insoluble en medios ácidos. La concentración de ácido carmínico varía entre 40 y 65 por ciento, siendo el carmín al 50 por ciento el de mayor importancia comercial. Según el FDA (2000), el carmín debe cumplir las siguientes características: ácido carmínico: 50 por ciento mínimo; plomo < 10 ppm; arsénico < 1 ppm.

El extracto de cochinilla es una solución concentrada que se obtiene después de eliminar el alcohol del extracto acuoso-alcohólico de cochinilla. Presenta buena estabilidad a la luz y a la oxidación; posee una coloración que varía del anaranjado al rojo, dependiendo del pH. De acuerdo a las especificaciones de la FDA (2000), el extracto de cochinilla debe tener las siguientes características: pH 5-5,5; ácido carmínico: 1,8 por ciento mínimo; sólidos totales: 5,7-6,3 por ciento; proteínas: 2,2 por ciento máximo; plomo < 10 ppm; arsénico < 1 ppm.

La calidad de los complementos alimenticios y su autorización para ser comercializados, se rigen, en la mayoría de los países, por normativas que emanan de los ministerios o servicios de salud, ya que al igual que los alimentos estos son destinados al consumo humano y debe existir certeza acerca de su inocuidad. Estos servicios y según los países, antes de otorgar la autorización para su venta requieren una serie de informes y pruebas de inocuidad.

Si bien cuando no existe aún en el mercado el colorante de los frutos, la calidad será determinada, en primer término por su contenido en pigmento y al igual que los jugos concentrados, por sus grados Brix (reflejo indirecto del grado de concentración del pigmento) y su inocuidad.

No existen estándares de calidad para el mucílago extraído de las pencas del nopal; sin embargo su grado de pureza reflejado en el contenido de cenizas y tipo y cantidad de minerales, su capacidad antioxidante, su adhesividad, su color y otros análisis dependiendo del uso que se le otorgue, pueden ser aspectos a considerar.

COMERCIALIZACIÓN

Las estrategias de comercialización de los diversos productos descritos en este Capítulo, se enmarcarán en la realidad industrial del sector al que pertenecen, ya que es distinto comercializar aditivos alimentarios, que materiales para la construcción, cosméticos o suplementos alimenticios. Sin embargo, varias de las consideraciones señaladas para los productos alimenticios citadas en el Capítulo 6 son válidas en el caso de productos no alimenticios.

Los estudios de mercado formarán parte ineludible, no solo como base de las estrategias de comercialización, sino del posible éxito en la decisión de instalación de una industria. Deberán hacerse con cierta frecuencia a fin de auscultar los cambios que se van produciendo en ellos, sobre todo en los mercados más dinámicos. Shepherd (2003) proporciona los elementos necesarios para realizar tales estudios.

Un estudio acerca del mercado actualmente existente para la cochinilla y para los diversos colorantes de ella obtenidos fue publicado recientemente por Sáenz *et al.* (2004b). Cabe resaltar lo variable que ha sido este mercado en los últimos 15 años y lo riesgoso que puede ser incursionar en el mismo, desde el punto de vista económico, sin tomar las precauciones necesarias para asegurar la sostenibilidad de la iniciativa.

ASPECTOS ECONÓMICOS

Considerando la utilización integral de esta especie, habrá que tener en cuenta cuales procesos alimentarios y no alimentarios son combinables a fin de implementarlos en la misma planta procesadora y hacer más rentable la producción. Será difícil implementar en forma conjunta con la producción de alimentos aquellos procesos que se acercan más a la industria química, sobre todo aquellos que utilizan solventes y otros productos generalmente tóxicos, que deben ser manejados cuidadosamente y mantener alejados de los alimentos. Sin embargo, la utilización de desechos (cáscaras) o de cladodios maduros, por ejemplo, para la obtención de harinas o espesantes y la producción de otros aditivos a partir de los frutos, como los colorantes, será posible en forma paralela a los productos alimenticios y quizás en algunos casos como parte de la misma cadena de producción. La posibilidad de manejar una planta productora en forma modular, en la cual los mismos equipos se utilicen en diferentes procesos constituye una ventaja desde el punto de vista de la eficiencia, la versatilidad y de bajar los costos de inversión.

Otra consideración será evaluar que tipo de producto(s), dentro de la gran gama que se han señalado, tiene(n) reales posibilidades de competir con los ya existentes en el mercado y de igual manera, cuales son los atributos que los diferencian de sus competidores.

Las inversiones de infraestructura, equipos e insumos de la industria química generalmente son mayores que las de la pequeña industria productora de alimentos. Lo mismo se puede señalar acerca de la disponibilidad y capacitación de los profesionales.

De especial interés puede ser la evaluación de este tipo de proyectos en zonas rurales en las que la empresa puede aprovechar el menor costo del terreno y la mano de obra relativamente menos costosa, favoreciendo al mismo tiempo a los habitantes del sector mediante la creación de empleos.

Dentro de los aspectos económicos deben considerarse necesariamente aquellos elementos comunes a cualquier actividad productiva tales como la cercanía de los proveedores, en este caso especialmente las plantaciones y los mercados consumidores; los medios de transporte desde y hacia esos puntos; los costos del terreno para ubicar la planta, los costos de la mano de obra en ese lugar y la posibilidad de reclutar la mano de obra especializada requerida; la disponibilidad de insumos básicos, o sea energía y agua y el costo de los mismos y, en fin, todos aquellos aspectos que hagan económicamente viable el proyecto.

Capítulo 8

Producción de bioenergía y fertilizantes a partir de los nopalos

CONSIDERACIONES GENERALES

Las limitaciones hídricas que se encuentran en los ecosistemas de las zonas áridas se reflejan en un empobrecimiento de la cobertura vegetal y en un bajo aporte de residuos orgánicos; esto se traduce, entre otras cosas, en una menor protección del suelo, generando a su vez problemas de degradación. Esta degradación afecta simultáneamente a un gran número de variables que causan especialmente una pérdida de materia orgánica y disminuyendo gradualmente la fertilidad natural del suelo.

La conservación de la fracción orgánica del suelo cultivado es uno de los principales problemas de la agricultura, sobretodo en los sistemas de producción intensiva. Las estimaciones de las pérdidas anuales de materia orgánica que se producen en estos sistemas varían entre 0,75 y 1,25 ton/ha. Para compensar estas pérdidas se requieren necesariamente aportes orgánicos periódicos de 2 a 6 ton/ha/año, según se trate de materiales orgánicos frescos o previamente estabilizados.

La incorporación periódica de residuos orgánicos al suelo es una práctica interesante ya que proporcionan un efecto de acondicionador físico del medio edáfico. Esto se refleja en una mayor productividad contribuyendo, a largo plazo, a la recuperación de suelos marginales. Sin embargo, el acondicionamiento de suelos con residuos orgánicos frescos es un manejo poco recomendable debido al alto volumen que se debe manejar y al tiempo que estos requieren para estabilizarse y posibilitar su uso más eficiente. La diferencia que existe entre la aplicación directa de residuos frescos como rastrojos de cosechas y estiércol y la aplicación de materiales orgánicos bioprocesados, tiene relación con la respuesta que se puede obtener a corto plazo con el establecimiento de un cultivo.

Los tratamientos de residuos sólidos orgánicos biodegradables con fines de descontaminación y de reciclaje se basan principalmente en técnicas donde participan microorganismos y enzimas en presencia o ausencia de oxígeno, para convertir un residuo orgánico o substrato en un producto de valor agregado. Se distinguen dos grandes grupos de bioprocesos (Varnero, 2001):

- aeróbico, donde los residuos orgánicos biodegradables se degradan mediante una oxidación bioquímica, generando CO_2 y H_2O , energía calórica y materia orgánica estabilizada; dentro de este tipo de proceso se encuentran el compostaje y la lombricultura.
- anaeróbico o fermentación metanogénica, donde las transformaciones del material biodegradable ocurren por una reducción bioquímica, generando una mezcla

M. Teresa Varnero

Victor García de Cortázar

Departamento. de Ingeniería y Suelos

Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile

Chile

gaseosa, combustible, llamada biogás y cuyos principales componentes son el metano (CH_4) y el anhídrido carbónico (CO_2) y una materia orgánica estabilizada denominada bioabono.

En ambos procesos, aeróbicos y anaeróbicos, existen ciertos factores ambientales importantes que inciden en la selección de microorganismos que se desarrollan para efectuar la actividad metabólica y que en último caso se refleja en el rendimiento del proceso. El material estabilizado que se obtiene en estos bioprocesos presenta características que lo definen como un acondicionador y mejorador de la fertilidad natural del suelo, ya que sus contenidos nutricionales quedan más rápidamente disponibles para las plantas que los residuos frescos o no tratados (Varnero, 2001).

El diseño de biodigestores en instalaciones de características convencionales, se define en función de la carga de materias primas: continuos (de carga diaria o semanal) o estacionarios (sin recarga durante el proceso de fermentación). La elección del tipo de digestor se basa principalmente en la periodicidad de la producción de materia prima para alimentar el digestor y en la disponibilidad de agua. En el caso de las zonas áridas, debido a las propias limitaciones de agua se encuentra habitualmente una baja disponibilidad de materia prima biodegradable de origen agropecuario. En este caso, el digestor estacionario es particularmente útil porque permite acumular y procesar materiales con una alta concentración de sólidos totales de hasta 50 por ciento.

Una forma de subsanar el inconveniente de la menor disponibilidad de residuos orgánicos de las zonas áridas es desarrollar cultivos energéticos altamente adaptados a las condiciones edafoclimáticas de esta región. Dentro de este contexto, las plantas con metabolismo del ácido crasuláceo (CAM) como es el caso de los nopalitos, se han recomendado como una alternativa energética dado que tienen un alto potencial de producción de biomasa (García de Cortázar y Nobel, 1992; García de Cortázar y Varnero, 1999).

La tasa de biodegradación de los residuos orgánicos está asociada con la actividad microbiana del sistema anaeróbico. Esta actividad depende de las características de la materia prima, del pH del medio, de los niveles de sólidos totales y de la temperatura del proceso, todo lo que determina el período de digestión en que se generan los productos biogás y bioabono.

MANEJO Y ALMACENAMIENTO

Los estudios realizados han demostrado que una hectárea de plantas de nopalitos de más de cinco años puede producir hasta 100 toneladas frescas de cladodios al año en superficies que reciben poca lluvia, por ejemplo, 150 mm anuales. La modalidad de explotación de las nopaleras silvestres a través de la recolección de cladodios, aún subsiste y es llevada a cabo por los habitantes de las zonas semiáridas de algunos estados de México.

La poda de los cladodios es una práctica de manejo muy importante de este cultivo; sin embargo, a los nopalitos no se les ha dado la importancia que esta tiene sobre el rendimiento y calidad de sus productos (fruta, nopalito). Esto puede obedecer a la eventualidad del mercado y a los costos de producción más elevados en un mercado incierto.

En el caso de que el material proveniente de la poda no se utilice para nuevas plantaciones o que no reúna las características deseadas para tal fin, se sugiere utilizarlo para la obtención de biogás, abono orgánico o para la alimentación del ganado. Asimismo se puede prever una producción de cladodios específica para alimentar biodigestores en combinación con la producción animal. Para dicho fin no se requiere un manejo especial de la planta; los cladodios maduros de cerca de un año, una vez cortados y trozados, pueden alimentar directamente los biodigestores. En algunas ocasiones quedarán en el suelo, pero se debe evitar que sea por un largo período ya que se inicia el proceso de biodegradación restando eficiencia al proceso de obtención

de biogás y bioabono. Si los cladodios no se van a utilizar inmediatamente porque el tamaño del biodigestor no lo permite, se pueden almacenar a la sombra, en un lugar fresco y seco por varios días.

USO COMO LEÑA

Entre las características que presentan estas plantas xerófitas está la suculencia; esto les permite acumular grandes cantidades de agua durante los breves períodos de disponibilidad de humedad y en forma muy rápida. Los cladodios, por su forma, son cuerpos eficientes para evitar la evapotranspiración y conservar la humedad interna.

Los cladodios cuando tiernos son muy suculentos y poco lignificados. Cuando son viejos poseen una cutícula lignificada y numerosas fibras que le dan una consistencia casi leñosa. En estas condiciones podrían tener una posibilidad de uso como combustible, tal como se realiza en algunos países de África.

UTILIZACIÓN DE RESIDUOS DE NOPAL EN LA PRODUCCIÓN DE BIOGÁS

Las experiencias realizadas con esta especie en la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de Chile (Uribe *et al.*, 1992; Varnero *et al.*, 1992; Varnero y López, 1996; Varnero y García de Cortázar, 1998) indican que los cladodios no constituyen por si solos un buen material metanogénico. La incorporación de cladodios de tuna en la digestión anaeróbica de guanos animales, favorecería la fermentación metanogénica, siempre que el pH de las mezclas de estas materias primas se mantenga dentro de rangos neutros o ligeramente ácidos. La inclusión de un porcentaje adecuado de cladodios en guanos animales, influye positivamente en el tiempo de inicio del proceso de fermentación vegetal (Uribe *et al.*, 1992; Varnero *et al.*, 1992). Esto se atribuye a la fuente energética y carbonada que proporciona el nopal, favoreciendo el desarrollo de bacterias acidogénicas que generan el sustrato que requieren las metanobacterias, aceleran el proceso metanogénico y concentran esta actividad en un menor tiempo.

La eficiencia de fermentación de estas mezclas con diferentes proporciones de cladodios y guano animal, demostró que el punto crucial para la obtención de biogás con un contenido de metano superior al 60 por ciento, es mantener el pH de las mezclas en valores iguales o mayores a 6. La composición del biogás que se produce en la fermentación metanogénica está estrechamente relacionada con el pH de las materias primas que se biodigieren. Por lo tanto, con valores de $\text{pH} < 5,5$, el biogás se concentra en CO_2 , disminuyendo su calidad combustible; en cambio, con pH neutro a básico, se enriquece en metano. Este valor es más fácil de obtener a medida que aumenta la proporción de guano animal en la mezcla y que la edad del cladodio utilizado sea mayor de un año. El tamaño del trozado del material no tiene mayor influencia en la eficiencia del proceso de fermentación (Varnero y López, 1996; Varnero y García de Cortázar, 1998).

Por otro lado, la tecnología de producción de etanol es más compleja que la producción de biogás. El proceso de fermentación alcohólica, similar en muchos aspectos al de la producción de biogás, debe ser seguido por una destilación para obtener el combustible además de la necesidad de disponer de levaduras específicas para maximizar la producción de etanol (García de Cortázar y Varnero, 1999).

USOS DE RESIDUOS PARA LOMBRICULTURA Y FERTILIZANTES

La lombricultura comprende el cultivo de la lombriz de tierra sobre residuos orgánicos biodegradables, semicompostados. Tiene como producto final el vermicomposte o deyecciones de la lombriz, el cual se puede incorporar al suelo al igual que el composte o el bioabono. Además, a partir de las lombrices se puede obtener proteína animal en forma de harina de lombriz destinada a la alimentación animal.

La especie de lombriz más utilizada para la lombricultura es *Eisenia foetida* que posee altas tasas de reproducción y un rápido desarrollo corporal, alcanzando los

40 000 individuos por m³. Fisiológicamente se destaca por su capacidad para sobrevivir y adaptarse a condiciones controladas por el hombre.

La lombricultura es una tecnología que requiere una inversión mayor que el compostaje ya que necesita infraestructura adecuada para el desarrollo de las lombrices (lechos) y un mayor control del nivel de humedad de los mismos. Además, se debe iniciar el lecho de lombriz con materiales orgánicos previamente degradados, para evitar fases de temperaturas superiores a 55 °C que habitualmente se alcanzan en los bioprocessos de tipo aeróbico. En este sentido, el bioabono descrito anteriormente también podría ser usado como lecho, puesto que el proceso de biodigestión elimina las sustancias que pueden producir fermentaciones de alta temperatura.

Efecto del bioabono en el enraizamiento de cladodios

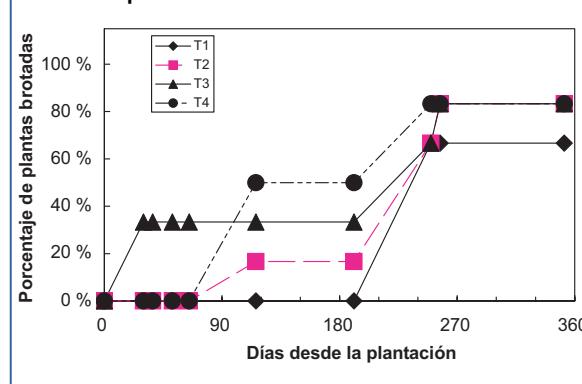
Los estudios realizados en el Campo Experimental Antumapu de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de Chile para evaluar la potencialidad de los bioabonos obtenidos por fermentación de una mezcla de cladodios trozados con estiércol fresco de bovino en el mejoramiento de las características físico-químicas y biológicas del suelo, sugieren que constituye una forma real y efectiva de aumentar la eficiencia y la sostenibilidad de los sistemas agrícolas en las zonas áridas. A continuación se presentan resultados de dos ensayos, uno en macetas y otro en plantación en el terreno. Los ensayos efectuados con cladodios en bolsas de polietileno negro conteniendo mezclas de bioabono de cladodios y estiércol con suelos serie Santiago, indican que el uso de bioabono permite acelerar el enraizamiento y brotación de los cladodios. Los tratamientos con bioabono produjeron adelantos de brotación de 30 – 60 días respecto al testigo, lo que al ocurrir al fin del verano y principios de otoño da a la planta una mayor superficie fotosintética para la acumulación de reservas durante el invierno (Cuadro 23; Figura 19).

En ese Cuadro, los tratamientos son: T1, tratamiento testigo, sin acondicionamiento; T2, acondicionamiento con mezcla 3:1 de suelo y bioabono; T3, acondicionamiento con mezcla 1:1 de suelo y bioabono; T4, acondicionamiento con mezcla 1:3 de suelo y bioabono. Todos los tratamientos en bolsas de polietileno negro.

CUADRO 23
Precocidad de brotación de plantas de nopal

Tratamientos	Días promedio desde la plantación	Desviación estándar
T1	262a	3,3
T2	140a	51,1
T3	189a	105,4
T4	194a	68,2

FIGURA 18
Evolución en el tiempo del porcentaje de plantas brotadas para cuatro acondicionamientos de suelo



En la Figura 18 se observa la evolución en el tiempo del porcentaje de plantas brotadas para cuatro acondicionamientos de suelo. La plantación se efectuó en bolsas de polietileno negro conteniendo 14 litros de suelo acondicionado (diámetro de la bolsa 19 cm, altura 50 cm) y separadas entre sí tres metros, según los tratamientos indicados en el Cuadro 23.

Con relación a la biomasa producida (Figura 19) no hay diferencias significativas en biomasa total producida ni en biomasa radical. La biomasa de raíces por planta tiende a ser una fracción constante de la biomasa total. La asignación de recursos entre

la parte aérea y radical es similar a la de plantas C3 o C4, en los que la prioridad de asignación de carbohidratos es hacia la parte aérea, asegurando una relación biomasa aérea y radical de aproximadamente 6:1 al cabo de un año (García de Cortázar y Nobel, 1992).

En un ensayo en el terreno en parcelas de 6 m x 3 m, se acondicionó el suelo (serie Santiago) con diferentes dosis volumétricas de bioabono de tuna y estiércol: 0, 25 y 75 por ciento, más un tratamiento de suelo-estiércol fresco de bovino en una proporción volumétrica de 50 por ciento, para evaluar y comparar el efecto sobre enraizamiento y brotación de cladodios. En las plantaciones de tuna generalmente se produce una secuencia de aparición de órganos: raíces, cladodios y frutos. La evaluación del enraizamiento, al igual que en muchas otras especies vegetales, se puede hacer indirectamente por la fecha de brotación de órganos aéreos sin necesidad de disturbar el suelo, ya que este es un índice de que existen raíces.

En la Figura 20 se aprecia la capacidad de los bioabonos para acelerar la brotación, observándose que los tratamientos que incluyen este material logran mayores porcentajes de brotación en menor tiempo que el tratamiento testigo sin bioabono. La aplicación de guano fresco tuvo efectos similares a los de los bioabonos, sin embargo, la facilidad de manejo, su mayor estabilidad y la posibilidad de obtener otro producto, el biogás, favorecen el uso de bioabonos.

Efecto del bioabono como fertilizante en la producción de biomasa de tuna

Un segundo aspecto benéfico de estos bioabonos es su capacidad de proporcionar nutrientes. En un ensayo en el campo (García de Cortázar *et al.*, 2001) realizado en un suelo serie Santiago (Cuadro 24), se aplicaron distintas dosis de bioabono (composición química en Cuadro 25), obtenido por fermentación de una mezcla de residuos de nopal con estiércol, a los ocho meses después de la plantación, en dos surcos de 20 cm de profundidad y a 30 cm de las plantas. Los tratamientos fueron: T0: testigo, sin bioabono; T1: 15 ton bioabono/ha; T2: 30 ton bioabono/ha; T3: 45 ton bioabono/ha; T4: 60 ton bioabono/ha. Se utilizaron parcelas experimentales de 2 m por 3 m y se plantaron 36 cladodios de tuna por parcela.

La absorción de nitrógeno fue proporcional a la cantidad de bioabono aplicada y la producción de materia seca tiene una relación lineal con el nitrógeno absorbido (Figura 21). Sin embargo, la disponibilidad de elementos no es instantánea y es necesario que el bioabono se incorpore al suelo con anticipación al momento de máximo requerimiento de elementos minerales (1-2 meses). Esto es prioritario, especialmente

FIGURA 19
Efecto de los acondicionamientos de suelo sobre la producción de materia seca total y materia seca de raíces (sobre cada barra aparece la desviación estándar)

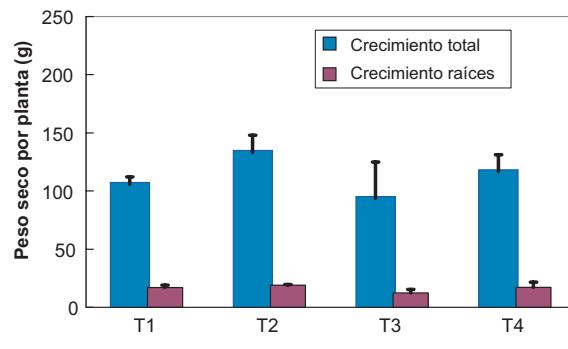
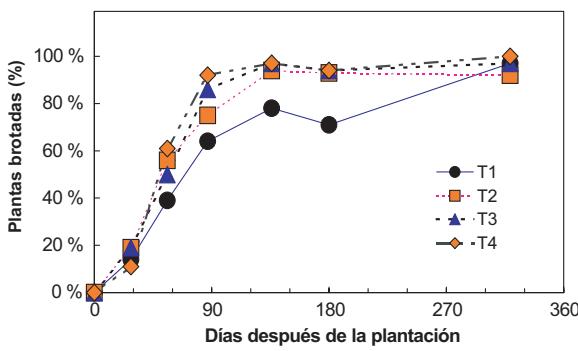


FIGURA 20
Evolución en el tiempo del porcentaje de plantas brotadas para cuatro acondicionamientos de suelo



CUADRO 24
Análisis de fertilidad de la capa arable del suelo utilizado en el ensayo*

Análisis	Valor
Nitrógeno total (g/kg)	1,26
Fósforo total (g/kg)	2,35
Potasio total (g/kg)	8,21
pH	7,90
Conductividad eléctrica (dS/m)	1,05
Materia orgánica (g/kg)	21,50
Nitrógeno disponible (mg/kg)	70,00
Fósforo disponible (mg/kg)	24,00
Potasio disponible (mg/kg)	179,00
Carbonato de calcio (%)	6,00

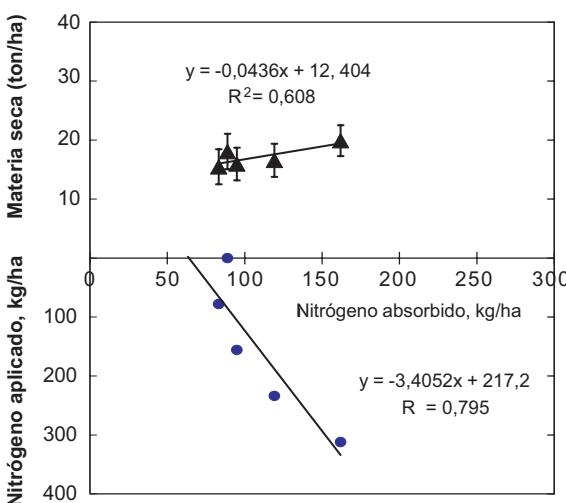
*Los datos provienen de una muestra compuesta de toda la superficie del potrero.

CUADRO 25
Ánálisis químico del bioabono utilizado en el ensayo

Análisis	Valor
Nitrógeno total (g/kg)	5,20
Fósforo total (g/kg)	3,90
Potasio total (g/kg)	3,60
pH	8,00
Materia orgánica (g/kg)	561,00
Nitrógeno disponible (mg/kg)	119,00
Fósforo disponible (mg/kg)	1 070,00
Potasio disponible (mg/kg)	604,00
Sólidos volátiles (g/kg)	638,00
Relación C/N	63

Fuente: García de Cortázar *et al.*, 2001.

FIGURA 21
Relación entre materia seca producida y nitrógeno absorbido y entre nitrógeno absorbido y nitrógeno aplicado en el bioabono



Fuente: García de Cortázar *et al.*, 2001.

en la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de Chile, los bioabonos no produjeron cambios significativos en propiedades físicas del suelo; sin embargo, al comparar con el tratamiento testigo, existió una tendencia a aumentar el agua aprovechable, aumentar la velocidad de infiltración y a disminuir la densidad aparente. Estos cambios, si bien son positivos para el funcionamiento del cultivo, no alcanzan la magnitud suficiente para explicar los cambios de rendimiento observados. Estos están más relacionados con la disponibilidad de nutrientes. Es probable que a largo plazo (5 - 10 años) o en suelos pobres en materia orgánica, se puedan apreciar diferencias significativas en las propiedades físicas del suelo con la incorporación de bioabonos.

ASPECTOS ECONÓMICOS

La producción de biogás a nivel de hogares rurales tiene un costo inicial de aproximadamente \$EE.UU. 50 por biodigestor (Bui Xuan An *et al.*; 1997, Rutamu, 1999). Este costo se recupera en un plazo de 9 a 18 meses por los ahorros en costos de combustible. Además, en las zonas rurales donde el combustible esencial es la leña, disminuyen los daños al ecosistema -menor deforestación y menor contaminación- y hay una liberación de tiempo de hasta cinco horas diarias por hogar que pueden ser

cuando se utilizan bioabonos con mayor contenido de materia orgánica y menor aporte de nutrientes en comparación con otros bioabonos utilizados en ensayos de este tipo (Pérez, 1989; Herrera, 1990; Contreras, 1993; García, 1994). El valor de la relación C/N que presenta este bioabono es elevado comparado con la relación C/N de 30/1, establecida como óptima para discriminar materiales con mayor probabilidad de inmovilizar nitrógeno (Mustin, 1987; Varnero, 1991), por lo cual el proceso dominante esperado en las primeras semanas desde su incorporación al suelo es el de inmovilización de nitrógeno.

La eficiencia de recuperación del fertilizante está relacionada con la pendiente de la relación entre el nitrógeno aplicado y el nitrógeno absorbido (Figura 21). El valor inverso de la pendiente de la recta ajustada corresponde a la eficiencia de recuperación que en este caso es 0,29; o sea el cultivo recuperó un 29 por ciento del fertilizante aplicado. Sin embargo, considerando solo las tres dosis más altas –para reducir la interferencia causada por la alta disponibilidad inicial del suelo– la eficiencia de recuperación del nitrógeno debería ser de un 43 por ciento.

Tanto en plantaciones de baja densidad como en las de alta densidad, se aprecia una respuesta lineal entre la cantidad de bioabono aplicado y la materia seca producida por unidad de superficie (Figura 21).

Efecto del bioabono sobre algunas propiedades físicas del suelo

En los tres años de las experiencias realizadas

utilizadas en otras labores productivas (Rutamu, 1999). El bioabono obtenido como desecho del proceso de digestión contiene nutrientes que lo hacen muy interesante para la reducción de costos de fertilización. Según Varnero (1991), una tonelada de bioabono es equivalente a 40 kg de urea, 50 kg de nitrato de potasio y 94 kg de superfosfato triple. Los precios internacionales de los fertilizantes varían entre \$EE.UU. 150-200/ ton (FADINAP, 2005). Considerando un precio promedio de \$EE.UU. 0,2/kg de fertilizante, cada tonelada de bioabono permitiría un ahorro de aproximadamente 38 dólares estadounidenses en fertilizantes.

Capítulo 9

Estudios de caso sobre la utilización agroindustrial de los nopales en distintos países

El hecho que los nopales formen parte de la dieta humana desde hace al menos 9 000 años y que se encuentren presentes en zonas extremas, desde los desiertos más cálidos hasta las montañas nevadas (Nobel, 1998), da una idea de la gran utilidad de esta planta. Sin embargo, su consumo predominante es en fresco; más aún, en la mayoría de los países son muy limitadas las formas de industrialización. Hay una gran tarea por delante para que los habitantes de muchos países que disponen de estas plantas en forma silvestre o que las pueden cultivar sin mayores dificultades, desarrollemos pequeñas agroindustrias o al menos conozcan las diversas formas de consumo que presentan sus diferentes partes. Sin duda, la agroindustria es el motor de la agricultura, por lo que cualquier esfuerzo en este sentido redundará en beneficio de los campesinos y agricultores, muchas veces habitantes de zonas de escasos recursos en las que ocurren en muchas ocasiones, hambre y desnutrición.

A continuación, y con la colaboración de expertos sobre los nopales pertenecientes algunos de ellos a CACTUSNET-FAO, se presenta el estado en que se encuentra en la actualidad la utilización de esta especie en varios países.

Según Inglese (2000), el área aproximada que ocupan actualmente los nopales cultivados en el mundo es de cerca de 100 000 hectáreas. A ello es necesario agregar el área con nopales silvestres y de países en los cuales no hay estadísticas.

A continuación se hace un breve análisis por país, del estado y perspectivas industriales de tuna y nopalitos. No se hace mención aquí al uso como forraje que tiene esta especie, pero cabe señalar que en muchos países –Argentina, Brasil, Estados Unidos de América, México, entre otros- gran parte del área plantada con nopales tiene destino forrajero.

ARGENTINA

Según Ochoa (1997a) en Argentina el cultivo de la tuna está extendido principalmente en la región noroeste del país, tradicionalmente en pequeñas plantaciones. El cultivo tecnificado ha aumentado en los últimos 10 años y actualmente existen cerca de 2 000 hectáreas (Inglese, 2000; Ochoa, 2003). Esta área se suma a las 200 000 ha de tuna silvestre explotada en localidades rurales (Ochoa y Uhart, 2004).

En Argentina, se consume solamente la fruta, principalmente en fresco; no existe costumbre de consumir nopalitos. La fruta más común es del tipo amarillo sin espinas. La provincia con mayor demanda por esta fruta es Buenos Aires. En esta provincia, parte de los habitantes provienen del interior del país por lo que muchos de ellos

Carmen Sáenz

Departamento de Agroindustria y Enología
Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile
Chile

conocen la tuna y son un mercado potencial que está aún desabastecido (Ochoa, 1995). Los consumidores nacionales prefieren las variedades amarillas, sin espinas, denominadas *criollas*, las que representan el 80 por ciento de los biotipos disponibles; sin embargo, para la exportación son mejor considerados los tipos rojos y anaranjados (Ochoa, Comunicación Personal)¹.

Existe además, cierto grado de industrialización de los frutos y en el comercio local se encuentran algunos productos procesados; uno de los más típicos es un jarabe, conocido como «arrope», producido por la concentración del jugo (Ochoa, 1997b), con la característica de no tener adición de azúcar. Este jarabe es producido por agroindustrias pequeñas; se consume con queso y constituye un exquisito postre. También se producen mermeladas y jaleas (Ochoa, Comunicación Personal)¹.

Según Ochoa, para preparar el arrope se siguen los siguientes pasos: a la tuna se le quitan los ápices y se Tritura, sin pelar, pasándola por tamices de orificios de diferente tamaño, primero de 10 mm y luego de 4 mm; luego se filtra por un tamiz fino y el jugo se concentra por ebullición, con lo que se logran diferentes tipos de arrope; los rendimientos para este producto varían entre 20 y 25 por ciento respecto al jugo de tuna. El producto tiene la apariencia y consistencia de una miel de color relativamente oscuro.

De acuerdo a lo informado por Ochoa¹, a nivel doméstico se preparan distintos alimentos en base a tuna.

El Proyecto «Frutales de zonas áridas» apoyado por la FAO y ejecutado en la Universidad Nacional de Santiago del Estero, ha divulgado diversas cartillas relacionadas con el manejo agronómico, la cosecha y las plagas que afectan a la planta. Se considera necesario continuar esta labor y abordar el tema de la industrialización a fin de dar un mayor valor agregado a esta especie que en los últimos años ha tenido un gran desarrollo en Argentina. De igual manera la misma Universidad, ha comenzado a estudiar los nopalitos provenientes de *Opuntia cochenillifera*, plantada en su campo experimental a fin de integrarlos en el futuro en la dieta de los consumidores argentinos (Ochoa et al., 2004).

Respecto a otros usos de los nopalitos en Argentina, cabe señalar que existen antecedentes de la existencia y utilización de la cochinilla desde los tiempos coloniales; el colorante se usaba para teñir lanas, telas y ponchos. Actualmente se está tratando de reimpulsar esta actividad a fin de lograr una actividad más integrada en torno a este cultivo (Ochoa, Comunicación Personal)¹.

Por otra parte, en el medio rural se utilizan los cladodios cortados para clarificar el agua de represa o de lluvia recolectada para beber. El mucílago se usa como adherente, mezclado con cal para el blanqueo de las habitaciones de las casas de adobe (Ochoa, 1997b).

CHILE

Según el estudio de ODEPA-CIREN (2003), Chile tiene actualmente cerca de 1 100 ha plantadas con nopalitos (*Opuntia ficus-indica*) para producción de fruta; actualmente, según Bustamante (Comunicación personal)² existen alrededor de 395 ha para producción de cochinilla en el norte del país. Estas corresponden a cinco empresas con más de 30 ha y otras con superficies menores; se calcula que dan trabajo a dos personas/ha, el cual, comparativamente con otros cultivos, tiene la ventaja de ser permanente y no de temporada, como ocurre en el sector frutícola.

Las plantaciones, destinadas solo a producción de fruta para consumo en fresco se localizan mayoritariamente en la zona central del país (Til-Til, Pudahuel, Lampa,

¹ Judith Ochoa, Instituto de Desarrollo Agropecuario del Semiárido. Facultad de Agronomía y Agroindustrias. Universidad Nacional de Santiago del Estero, República Argentina. Coordinadora para América Latina de CACTUSNET-FAO, 2005.

² José Antonio Bustamante, Food Safe, Chile, 2005.

Noviciado), en las cercanías de Santiago (Sáenz, 1998). Estas plantaciones son de tipo comercial, ya que no existen grandes extensiones de nopalos silvestres en Chile.

En años pasados, se han efectuado exportaciones esporádicas de fruta a Estados Unidos de América, mercado respecto al cual México tiene ventajas por su cercanía. Sin embargo, en el momento actual nuevamente, se deja sentir el interés por su exportación.

El consumo de la tuna en Chile es fundamentalmente como fruta fresca, en postres o jugos y una pequeña parte se destina a restaurantes de tipo naturista, para la venta como jugo recién preparado en sus propios locales. Recientemente, un pequeño productor de la zona de Til Til, ha comenzado a producir mermeladas de tuna en forma comercial y a ofrecerla en los mercados de Santiago.

Una empresa mediana, que produce pulpas de frutas exóticas congeladas de excelente calidad, con plantaciones propias en un microclima limitado, al norte de Santiago, ha iniciado una pequeña plantación de *Opuntia ficus-indica*, a fin de efectuar ensayos y agregarla a su oferta de pulpas de frutas, para diluir y elaborar refrescos, helados y postres.

También existe desde hace pocos años un laboratorio de suplementos alimenticios que está preparando un protector gástrico en base a un extracto de nopal; este producto cuenta con la autorización sanitaria respectiva del Ministerio de Salud. A nivel doméstico, algunos agricultores, preparan productos como vinagre y jugos para el consumo propio.

A pesar de que no se conocen otros modos de consumo de los nopalos como alimento humano en Chile, existe un creciente interés por parte de los pequeños agricultores por industrializar la tuna. Su colaboración con los investigadores es entusiasta ya que desean contar con alternativas de procesamiento diversificando la utilización de la planta.

La Universidad de Chile, ofrece actualmente capacitación a pequeños agricultores. Recientemente se dictó un curso en la VII Región -al sur de Santiago-, en el marco de un proyecto auspiciado por el Ministerio de Agricultura, a través de la Fundación para la Innovación Agraria (FIA). Esta Fundación propicia que los pequeños campesinos inicien el cultivo de la tuna en la zona costera de secano. Los cursos constaron de una parte teórica y una parte práctica, en la cual los participantes, a través de un Taller demostrativo, aprendieron formas básicas de procesamiento y diferentes modos de consumo tanto de la tuna como del nopalito.

En la Lámina 42 se observa a los participantes en el Taller demostrativo preparando nopalitos y mermeladas de tuna roja.

Lámina 42

Participantes en un taller de elaboración de productos de tuna y nopalito. Chile, 2005.



FUNDACIÓN CRATE



En el año 2002, y a fin de efectuar una prospección acerca del interés de los pequeños agricultores de la zona de Til Til (donde se concentra cerca del 60 por ciento de la producción de nopal de Chile), para capacitarse en la utilización de la tuna con fines agroindustriales y con la colaboración de la Ilustre Municipalidad de Til Til, la Universidad de Chile realizó una encuesta que se presenta a continuación y que puede servir de guía para ser aplicada en otros lugares.

La primera parte de la encuesta abarca aspectos técnicos de modo de diagnosticar la realidad de los agricultores de la zona de Til Til, sus métodos y conocimientos del cultivo. La segunda parte está dirigida a captar la visión que tienen los propios productores de la zona, su disposición a innovar y a capacitarse.

ENCUESTA A PEQUEÑOS PRODUCTORES DE TUNA

Datos Técnicos	
Nombre (Optativo)	:
Variedad	:
Edad de la plantación	:
Número de ha	: <div style="display: flex; justify-content: space-between;"> *En Producción: </div>
	*En Formación:
Producción/ha	:
Sistema de conducción	:
Tipo de riego	: <div style="display: flex; justify-content: space-between;"> *Disponibilidad de Agua: </div>
Fertilización:	
Realización de podas	:
Realización de raleos	:
Tipo de cosecha	:
Tipo de comercialización:	
1. ¿Esta es la única actividad que realiza?	
2. ¿Posee otros cultivos?	
3. ¿Posee experiencia en elaboración de productos en base a nopal y/o tunas?	
4. Si contara con las herramientas adecuadas, ¿estaría dispuesto elaborar subproductos de tunas (en forma artesanal), tipo mermeladas, deshidratados (bocadillos), nopales encurtidos u otros?	
5. ¿Estaría dispuesto a formar parte de una asociación de pequeños productores de tunas de Til Til?	
6. Así como otras zonas del país se identifican con algunos productos, ¿visualiza a Til Til como una zona tunera de atracción turística?	
7. ¿Participaría en cursos de capacitación para mejorar la producción de tunas, elaboración de subproductos u otros?	
8. ¿Cuál sería el principal motivo por el cual no participaría en este proyecto?	
Notas	
Fecha.....	

Los resultados de la encuesta señalaron, entre otras cosas, que la mayoría de los productores no posee ningún tipo de experiencia en la elaboración de productos de tuna y nopal. Sin embargo, el 100 por ciento de ellos estaría dispuesto a realizar cursos de capacitación para lograr este objetivo. Otro hecho importante es la buena disposición de los productores a asociarse, elemento clave para lograr diversificar la producción.

Actualmente, a petición de la Municipalidad de Til Til, localidad en la que se produce la mayor parte de la tuna de Chile, se capacitará a los pequeños productores de esa región sobre posibilidades de industrialización de la tuna y el nopalito.

A pesar de que en Chile no existe la costumbre de consumir nopalitos, un estudio efectuado en un proyecto conjunto entre el Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo de Hermosillo (CIAD), Sonora, México y el Departamento de Agroindustria y Enología de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de Chile, indicó que el consumidor chileno estaría dispuesto a consumir este producto.

Las plantas del género *Opuntia* se utilizan desde hace muchos años y hasta el día de hoy, como cercos vivos para separar predios; las pencas en particular son usadas para clarificar el agua en algunos sectores rurales de menores recursos. Sin embargo, con el avance de la infraestructura de redes de agua potable esta utilización se ha ido reduciendo. Del mismo modo, y tal como se señaló en el caso de Argentina, los nopalos se utilizan como adherentes de la cal.

Todas estas posibilidades de utilización y el interés de capacitarse de los productores, hace pensar que de algún modo los resultados de la investigación están llegando, si bien lentamente, al sector productivo por medio de la divulgación; esto implica nuevos conocimientos y nuevas inversiones -aunque sean pequeñas-, y es un indicador positivo para la pequeña agroindustria rural y otras que tienen como base los nopalos.

Sería deseable que los organismos *ad hoc* dependientes del Ministerio de Agricultura y de las Municipalidades de sectores rurales en que hay cultivos de nopalos o donde, por sus condiciones agroecológicas los pudiera haber, tomen un papel más activo y se logre un avance en la transferencia de conocimientos y tecnologías que se han desarrollado en el sector universitario, para beneficio de los pequeños agricultores y de la agroindustria.

ERITREA

Eritrea se encuentra en el noreste de África y tiene un área de 124 300 km². Se estima que la población total del país es de aproximadamente 3,5 millones de habitantes, el 80 por ciento de los cuales depende de la agricultura de subsistencia cuyas frecuentes emergencias ocasionan hambre y desnutrición. El uso adecuado de los recursos naturales existentes como es el caso de los nopalos puede ayudar a solucionar problemas nutricionales y alimentarios.

Beles es el nombre local del nopal y de la fruta. Es una especie silvestre y se utiliza como cerco vivo, para el control de la erosión y para la alimentación de camellos, cabras y ovejas. Un estudio preliminar del Ministerio de Agricultura, estima que durante el verano de 1999, se habrían recolectado alrededor de 4 794 toneladas de fruta fresca, considerando el área de Arberebu y sus alrededores y el área de Segeniti; un cuarto de este volumen se consumía directamente a nivel doméstico. Los nopalitos no se usan como hortaliza y la población no sabe como prepararlos. La fruta se consume en fresco y en la mayor parte del país se vende en las orillas de los caminos y en las calles de las ciudades. La mayor parte de la producción se comercializa principalmente en Asmara, la capital (Murillo-Soto, 2003).

En la Lámina 43 se observa la venta de tuna típica de Eritrea.

Su suministro se limita al mercado en fresco, donde se venden también bananas, guayabas, naranjas, papayas, limones y mangos. Las opciones para la compra de frutas en el mercado son pocas. La producción es baja y en algunos casos la calidad es pobre. La tuna no se procesa para su posterior utilización o comercialización. Según Murillo-

M. MURILLO



Lámina 43
Venta de tuna en Eritrea.
Eritrea, 2003.

Soto (Comunicación personal)³ solamente una persona produce mermelada de tuna.

En el informe del proyecto FAO TCP/ERI/2802, Murillo-Soto (2003) señala que una alternativa factible es la venta de nopalitos frescos en el mercado o la industrialización tanto de la fruta como de los nopalitos para autoconsumo y para generar ingresos adicionales. Es de destacar que en Eritrea los nopalitos no se destinan a la cría de la cochinilla³.

Entre las recomendaciones del proyecto antes citado, se encuentra la necesidad de continuar con la capacitación acerca de los diferentes modos de consumo de nopalitos y de procesamiento tanto de la fruta como de los cladodios (Murillo-Soto, 2003).

ESTADOS UNIDOS DE AMÉRICA

En Estados Unidos de América el Servicio Nacional de Estadísticas Agrícolas (NASS), no posee registros acerca del área de producción de tuna en el país; en comparación con otros cultivos, este cultivo es prácticamente insignificante. Estudios más específicos y contactos con especialistas⁴ nacionales, indican que existe una superficie estimada de alrededor de 200 ha para la producción de fruta, más de la mitad de las cuales se encuentran en California (Basile, 2001).

De acuerdo a lo indicado por Felker (Comunicación Personal)⁴, una sola empresa posee en el Valle de Salinas, California, cerca de 120 ha de tuna roja, con la que elabora un jugo acidificado congelado. Sin embargo, la tuna fresca que se comercializa, es de buena calidad y todos los esfuerzos están dirigidos a dicho sector, más que a la producción de jugos. Habiendo incursionado en la producción de diferentes tipos de productos en base a una variedad de tuna roja introducida de Sicilia (Italia), actualmente dicha empresa focaliza sus esfuerzos en la producción de un puré de tuna congelado. Para ello creó su propia planta procesadora en la cual se procesa y pasteriza el puré de tuna de acuerdo a estrictas normas de calidad (Bunch, 1997). Este producto se distribuye a través de agentes especializados que lo ofrecen en distintos tipos de envases para ser utilizado en postres, aderezos para ensaladas, jaleas y salsas, entre otros. Es un producto que tiene 22-24 °Brix, debe mantenerse congelado y está formulado con pulpa de tuna, azúcar, ácido málico y ácido cítrico.

Se estima que existiría más superficie adecuada para la producción de nopalitos en el sur de Estados Unidos de América. Las plantaciones de nopalitos se destinan fundamentalmente para consumo de la colonia mexicana residente en ese país. Felker⁴ indica que esa empresa, vende nopalitos frescos en el mercado local y que se ha iniciado la producción de un polvo de cladodios maduros deshidratados los cuales se ofrecen para formar parte de varios alimentos y para algunas aplicaciones industriales.

Estados Unidos de América importa desde México nopalitos procesados en salmuera o en escabeche, además de frescos, mínimamente procesados o congelados. Hay algunos productores locales que adquieren nopalitos cortados (en rebanadas o cubos) y congelados bajo el método IQF (*Individual Quick Frozen*) en México (Felker⁴). Por otra parte, existen miles de hectáreas de tuna silvestre en el estado de Texas, que crean problemas a los productores de ganado⁵.

³ Margarita Murillo-Soto. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Buenavista, Saltillo, Coahuila, México, 2005.

⁴ Peter Felker, D'Arrigo Bros. Co. Salinas, California, 2005.

⁵ Robin O. Roark, Director, Texas Agriculture Statistics, USDA - National Agricultural Statistics Service, 2005.

Lámina 44
Algunos productos presentes en el mercado de Estados Unidos de América, 2005.



También se producen una gran variedad de derivados de nopalos para consumo humano. Es así como distintas empresas dan indicaciones en Internet acerca de los diferentes modos de consumir la tuna y los nopalitos; también se ofrecen productos como mermeladas y dulces, algunos medicamentos y distintos suplementos alimenticios. Según Felker⁶, estas empresas son sólo de tipo artesanal.

Los productos que aparecen en la Lámina 44, son algunos de los que se ofrecen en el mercado de Estados Unidos de América.

ETIOPÍA

De acuerdo a lo señalado por Vigueras (2004) y por Haile *et al.* (2002), el nopal es ampliamente conocido en Etiopía y la superficie que cubre es cercana a las 355 000 ha; de estas, cerca de 30 000 ha son cultivadas y existen variedades con y sin espinas. La tuna sin espinas ocupa el 52 por ciento de la superficie. Si bien su cultivo está difundido y un gran número de familias cuentan con al menos una pequeña plantación, su uso actual se limita al consumo del fruto fresco; los nopalitos no se consumen, pero los cladodios sirven de sustento al ganado y las pencas viejas y leñosas se utilizan como combustible (Brutsch, 1997).

Después de su introducción en la mitad del siglo XIX, el nopal ha llegado a ser una de las plantas más comunes en la zona del Tigray y las tunas son muy populares. En particular, a partir de la década de 1960, se considera que la tuna es un forraje de primera importancia. También constituye la mayor fuente de ingresos y de alimentos del campesino entre junio y agosto. El nopal es actualmente parte importante de la cultura y del sustento de los habitantes del Tigray (Tegegne *et al.*, 2004).

Los mismos autores señalan que el nopal juega un importante papel ecológico en su región para el combate de la desertificación y en la rehabilitación de la tierra, como un resguardo y recurso de alimentos para la fauna, así como para la producción de fruta y nopalitos para consumo humano, forraje para el ganado y biomasa para producir energía. Las alternativas de uso del nopal para producir derivados tales como el carmín de cochinilla, jugos, mermeladas y productos medicinales y cosméticos aparecen también como posibilidades a ser desarrolladas en el país. La FAO, reconociendo el gran potencial de esta planta para Etiopía, apoyó el «Proyecto sobre producción y utilización de la tuna», TCP/ETH/2901-2903, teniendo como contraparte la Universidad de Mekelle (Tegegne *et al.*, 2004). En el informe de este proyecto Vigueras (2003), indica que se impartieron varios talleres en distintas localidades del país con el objeto de adaptar diversas formas de procesamiento del nopal para el consumo humano según los hábitos alimentarios y la dieta típica etíope. En los cursos teóricos sobre los elementos básicos de procesamiento de cladodios y fruto se difundieron las actividades mediante demostraciones gastronómicas, además de implementar un área piloto en la región del Tigray. En dichos talleres participaron personas de las comunidades de Adigrat, Erob, Mehomi y Mekelle y una ONG apoyó el plan de capacitación. La estrategia que se siguió fue la sustitución e inclusión de los nopalitos en diferentes



A. L. VIGUERAS

Lámina 45
Venta de tuna en mercados y puestos en calles de Mekelle, Etiopía, 2003.



A. L. VIGUERAS

Lámina 46
Participantes en los talleres, degustan las muestras gastronómicas en base a nopal. Etiopía, 2003.

comidas típicas del país. Esto tuvo aceptación entre los participantes quienes mostraron interés por incluir tanto el fruto como los nopalitos en sus comidas diarias, de modo que esta planta constituya realmente una alternativa alimenticia para sus habitantes.

Vigueras (Comunicación Personal)⁶, señala que no existe en el país ninguna industria relacionada con la tuna. Actualmente una ONG local está propiciando la creación de microindustrias. La tuna solo se consume en fresco y los nopalitos los comienzan a utilizar para contar con otra hortaliza como opción de alimento. Aparentemente, sin embargo, sería más promisorio insistir, gracias a la factibilidad técnica de ejecución y según las costumbres alimentarias locales, en la incorporación del nopalito como alimento y, como segunda opción, para la elaboración de cosméticos.

En las Láminas 45 y 46, se observa la venta de tuna en las calles de Mekelle y un momento de los Talleres dictados en Etiopía.

ITALIA

Después de México, Italia es el segundo país productor de tuna del mundo. Según un estudio efectuado por Basile (2001), en Italia existen 3 000 ha de tuna en plantaciones intensivas con una producción de alrededor de 70 000 toneladas anuales de fruta, concentradas en un 90 por ciento en Sicilia. Esta superficie se ha expandido marcadamente en la isla en los últimos años. Sin embargo, la superficie que se encuentra bajo cultivo tradicional ha ido disminuyendo, ya que en 1998 existían 20 000 ha, las que representaban un 20 por ciento menos que en 1989.

La mayor parte de las plantaciones intensivas (80

por ciento) se encuentra concentrada en tres zonas: en las montañas de San Cono, en el área sud-oeste del Etna (provincia de Catania) y en el Valle del Belice en Sicilia. La ciudad de San Cono se conoce como la *Cittá del fico d'India*; en Internet aparece una plataforma turística relacionada con el *fico d'India* en dicha zona, con la oferta de algunos productos derivados de esta especie, así como con el festival que se celebra en torno a su cultivo.

La mayor parte de la producción se destina a consumo en fresco, mayoritariamente en Sicilia y otras regiones del sur de Italia, pero también hay un notable consumo en las principales ciudades del país. En Italia se producen tunas de diferentes colores: *Gialla* (amarilla), *Rossa* (roja) y *Bianca* (blanca); la primera ocupa el 80 por ciento del total de la cosecha, la segunda el 15 por ciento y la tercera el 5 por ciento. Respecto a algunas características de la fruta fresca, que también inciden en el procesamiento, se señala que la fruta de color amarillo es generalmente de calidad superior a la blanca y roja, tanto por su contenido de azúcar como por su sabor. El consumo *per capita* se estima de 2,5 kg en Sicilia y de 1 kg para otras regiones de Italia (Basile, 2001).

En Italia también se observa cierto grado de industrialización de la fruta, pero los nopalitos no se consumen. Según Basile, hasta el año 2001, se producían en Italia,

⁶ Ana Lilia Vigueras, Departamento de Botánica y Zoología, Universidad de Guadalajara, México.

mermeladas, helados, licores, *mostarda* (una confitura picante de frutas en jarabe) y licores (Lámina 47); sin embargo había una demanda mínima para estos productos y esta se concentraba en Sicilia. Su producción es de tipo familiar o asociada a los mismos productores de tuna para el autoconsumo, aunque también se extiende a industrias de tipo artesanal. El mismo autor, señala que la venta de estos productos por medio de Internet estaba aumentando e indica que el comercio electrónico podría ser una importante herramienta para la venta de estos productos que tienen limitaciones crónicas en la cadena de distribución.

No hay información respecto a planes oficiales para expandir esta industria de alimentos que, como en otros países, está asociada a pequeños productores y a industrias principalmente de tipo artesanal.

MARRUECOS

Con excepción de las zonas del Sahara y de las montañas los nopalos están ampliamente distribuidos en el entorno rural marroquí. Se observan plantaciones más o menos regulares alrededor de los pueblos o como cercos vivos protegiendo parcelas con diversos cultivos o huertos. En la región de Moulay Idriss, cerca de Meknès, en altitudes de 500 a 800 msnm, existen plantaciones de nopalos destinados exclusivamente a la producción de fruta. Cerca del 72 por ciento de las plantaciones se encuentran en la región de Sidi Ifni y El Kalaá y tienen rendimientos de tunas que promedian 14,3 ton/ha/año. (Maataoui, 2002). La tuna es un fruto de consumo apreciado en verano y una fuente de ingresos para las pequeñas explotaciones de familias campesinas. Sin embargo, a pesar de que los nopalos han sido cultivados en este país durante decenios, la tuna se considera en la actualidad como un fruto de importancia secundaria (Walali Loudyi, 1998).

Se estima que la superficie cubierta con nopalos es cercana a las 45 000 ha (Hilali, Comunicación personal)⁷, la que se encuentra especialmente en dos regiones: El Kelaa des Sraghna en la zona central cerca de Marrakech, y Tiznit, al sur de Marruecos. Las especies más importantes son *Opuntia dillenii*, *O. vulgaris*, *O. compressa* y *O. ficus-indica*, siendo esta última la más difundida. Las especies de *Opuntia* se distinguen en dos grandes grupos: con espinas y sin espinas; entre estas últimas hay variedades tardías y tempranas (Abedrrahman, Comunicación Personal)⁸.

Los frutos son objeto principalmente de comercio local (Lámina 48) y están presentes en el mercado desde julio hasta fines de septiembre. Existen pocos antecedentes de otras formas de consumo de la planta, además del consumo como fruta fresca y como forraje, como ocurre en distintos países. Según Hammouch (Comunicación Personal)⁹ en algunas ocasiones en el sur del país los frutos se secan, y aunque no existen otras formas de transformación del fruto, existe interés por el desarrollo de conocimientos acerca de su utilización. Es así como, recientemente, una ONG formada por mujeres⁷, en la provincia de Tiznit, elabora mermeladas, aceite de semillas y otros subproductos de la planta.

Según lo informado por Hammouch, las flores de la nopal son melíferas y la apicultura es una actividad que se puede desarrollar en base a su cultivo. En la región de Tiznit esta actividad depende esencialmente de la tuna. También al sur de Marruecos, desde hace años, los cladodios tiernos y molidos de la planta se utilizan tradicionalmente como acondicionadores del cabello. El uso del nopal para cultivar cochinilla, es una actividad desconocida en Marruecos⁷.

⁷ Said Hilali, Faculté des Sciences et Techniques, Université Hassan Premier, Settat, Marruecos, 2005.

⁸ Ait Hamou Abedrrahman, Chef du Service de la Production Agricole, DPA - El Kelaa Des Sraghna- Marruecos, 2005.

⁹ Hind Hammouch, Electrochemical Laboratory, Université des Sciences de Kénitra, Marruecos, 2005.



Lámina 47
Un producto en el
mercado italiano.
Italia. 2005

FIASCONARO

E. CHÉSSA



Lámina 48
Venta de tunas en Marruecos.
Marruecos, 2004.

Actualmente, el interés creciente por este cultivo se ha reflejado en la activa participación manifestada en un reciente congreso sobre el nopal, celebrado en el año 2004 en la ciudad de Ben Guerir⁸.

A su vez, varios centros universitarios están llevando a cabo investigaciones acerca de los usos de diferentes partes de la planta. En la Universidad de Settat se han efectuado estudios acerca de la caracterización de los pigmentos de la tuna anaranjada y roja (Maataoui, 2002) y existe interés por estudiar la utilidad de los mucílagos, entre otros aspectos. Por su parte, investigadores de la Universidad de Ciencias de Kénitra, han estudiado el uso de extractos acuosos de pencas de nopal como inhibidores de la corrosión del hierro los que a su vez son amigables con el medio ambiente (Hammouch *et al.*, 2004).

Según Boujagh y Chajia (2001), son necesarias aún muchas acciones para promover este cultivo en Marruecos, el que es bien apreciado como forraje, ya que según citan los mismos autores: «Sólo Dios sabe cuantas cabezas de ganado, domésticas o salvajes, han permanecido con vida gracias a esta planta, luego de los innumerables períodos de sequía que han sobrevenido sobre nuestro país». Para Marruecos y otros países que han sufrido muchos años de sequía sucesivas, sería necesario desarrollar el cultivo de esta planta, comenzando por efectuar estudios acerca de la variabilidad genética existente, con un programa de selección adecuado y la intensificación de la difusión de su amplia y variada utilización.

MÉXICO

México es el país que presenta el mayor desarrollo de la pequeña y mediana industria de productos derivados del nopal y de la tuna. La gran diversidad de los nopalares y la costumbre de consumir las diferentes partes de la planta bajo formas diversas, es una ventaja para continuar desarrollando y aumentando el aprovechamiento de esta especie en el país.

La gran superficie cubierta con nopalares que se encuentra en dicho país, tanto silvestres como cultivados, y su distribución en diferentes zonas, indican que existe un interesante espacio para el desarrollo de la pequeña y microagroindustria o para la elaboración de productos para autoconsumo involucrando a pequeños campesinos de escasos recursos.

Las zonas ocupadas con nopalares en México se pueden separar en nopaleras silvestres, plantaciones o huertos familiares. Las primeras se encuentran fundamentalmente en el desierto de Sonora, que abarca los estados de Sonora, Baja California, Baja California del Sur y norte de Sinaloa; además continúa en Arizona y partes de California en Estados Unidos de América y en el desierto Chihuahuense que cubre total o parcialmente los estados de Chihuahua, Coahuila, Nuevo León, Tamaulipas, Durango, Zacatecas, San Luis Potosí, Jalisco, Guanajuato, Querétaro e Hidalgo y Nuevo México y Texas en Estados Unidos de América (Corrales y Flores, 2003). Se estima que los nopalares silvestres ocupan muchos miles de hectáreas pero su utilización y consumo son limitados.

Los huertos familiares, están distribuidos en muchas zonas de la república mexicana, coincidentes en ocasiones con algunas ocupadas por nopaleras silvestres (Zacatecas, San Luis Potosí, norte de Guanajuato, Jalisco y Aguascalientes). La tuna para consumo humano, se obtenía antiguamente de las nopaleras silvestres y de los huertos familiares y aun cuando estos persisten, hoy en día han evolucionado hacia plantaciones comerciales. De los huertos familiares se obtiene tuna y nopalito para autoconsumo así como para la venta en los mercados de pueblos y ciudades. Una parte

también se utiliza para preparar alimentos típicos que han sido consumidos por muchas generaciones: mermeladas, colonche, melcocha, queso de tuna y otros; por supuesto, los nopalitos forman parte de la dieta común, no sólo en el entorno rural. En algunas de estas actividades están involucradas pequeñas agroindustrias que en forma artesanal elaboran licores, salsas, mermeladas y otros productos.

Sin embargo, con el crecimiento de la población y su mayor capacidad adquisitiva los huertos familiares resultaron incapaces de satisfacer la demanda existente de tuna y nopalitos frescos surgiendo así las plantaciones comerciales; estas se iniciaron en los mismos estados en que existían los huertos familiares, además del estado de México, en el que la zona de Milpa Alta tiene hasta hoy una gran importancia como productora de nopalito. Según SAGARPA (2004), la producción de nopalitos en México es de 563 443 toneladas anuales y se considera que el consumo anual *per capita* es cercano a 6 kg ocupando el sexto lugar entre las hortalizas consumidas en el país. México exporta nopalitos procesados en salmuera y en escabeche, a Europa, Canadá, Estados Unidos de América y a países de la Cuenca del Pacífico; esto se ha visto favorecido por la gran aceptación que ha tenido en los últimos años la comida mexicana. En México también se producen en forma comercial salsa de nopalitos y mermeladas y el desarrollo de la industria de suplementos alimenticios, cápsulas, tabletas y polvos también es importante, al igual que la industria cosmética ligada a esta especie.

En cuanto a producción de tuna, México es el mayor productor del mundo con 72 500 ha y el que posee la mayor variedad, ofreciendo al mercado tunas amarillas, blancas, rojas y anaranjadas. La tuna se encuentra distribuida principalmente en los estados de México, Hidalgo, Puebla, Zacatecas, San Luis Potosí, Guanajuato, Jalisco y Aguascalientes y en menor proporción en Nuevo León y Tamaulipas.

A pesar de la gran variedad de productos que se obtienen tanto de la tuna como del nopal, aún sigue siendo bajo el porcentaje del cultivo que se destina a industrialización y Corrales y Flores (2004) hacen hincapié precisamente en la rentabilidad y sostenibilidad de la agroindustria relacionada con la tuna y el nopal, al igual que para toda otra actividad agroindustrial..

Respecto a la cría de la cochinilla, es un tema sobre el que existen opiniones variadas y encontradas. No es claro el futuro de esta actividad tanto a nivel rural como industrial, aunque en México hay varias empresas que producen carmín de cochinilla; Del Río-Dueñas (1995) indica que la grana cochinilla ha vuelto a cobrar interés en el medio artístico y de artesanías.

PERÚ

De acuerdo con Flores-Flores (2004), en el período 1980-2002 la superficie plantada con nopalitos para producción de fruta muestra un comportamiento cíclico; aumenta en el período 1994-2000 para decrecer en el 2001, llegando a 2 499 ha, y nuevamente incrementarse en el 2002 en 7,92 por ciento. Los rendimientos medios de tuna en el período señalado son de 6,15 ton/ha, los que comparados con otros países son relativamente bajos debido principalmente a problemas fitosanitarios graves y a la falta de manejo con prácticas adecuadas de cosecha y poscosecha. La mayor área de producción fue el año 2000 con 2 974 ha y la menor con 2 050 ha, en el año 1980.

El destino principal de las plantaciones de nopalitos, en Perú, es la producción de cochinilla, siendo este país el mayor productor mundial con aproximadamente el 90 por ciento de la producción total. Esta actividad se desarrolla mayoritariamente en plantaciones silvestres, que cubren cerca de 35 000 ha, principalmente en las regiones de la Sierra. Hace pocos años comenzó el cultivo intensivo del nopal para la producción de cochinilla en la zona de la Costa (departamento de Arequipa) (Barbera, 1999).

Flores-Flores (2004) estima que a la fecha, existen 26 250 ha de nopalitos para cochinilla, de los cuales casi 15 000 ha se encuentran en el departamento de Ayacucho, constituyendo el 56,8 por ciento del total nacional; siguen Huancavelica (26 por ciento)

y Arequipa (10,18 por ciento). Según el mismo autor, la producción de la cochinilla del Perú procede de los cercos vivos de nopal que bordean los pequeños terrenos que albergan los cultivos anuales de los campesinos y de las extensas áreas de nopal silvestres que presentan una fuerte heterogeneidad de morfotipos, distanciamiento y edad de las plantas.

La densidad de las plantas silvestres es muy variable, pero su promedio es de alrededor de 1 770 plantas/ha; de ellas los recolectores obtienen hasta 40 kg de cochinilla seca por año producto de la infestación natural. Sin embargo, sobre estas mismas plantas con infestaciones artificiales y podas sanitarias se podría llegar a producir hasta 200 kg de cochinilla seca Flores-Flores, 2004).

La cochinilla de la Sierra recolectada de esta manera constituye más del 90 por ciento de los volúmenes exportados conformados por la sumatoria de miles de esfuerzos de niños y mujeres recolectores. Existen alrededor de 27 empresas exportadoras de cochinilla, carmín y lacas.

Respecto al cultivo de tuna existente en la Sierra, este se ha desarrollado tradicionalmente con un concepto multipropósito, tanto para obtener cochinilla, como para obtener fruta; según Flores-Flores (2004) es una concepción errónea, pues de esta manera no se han logrado buenos rendimientos de cochinilla y se obtiene fruta que no responde a estándares de calidad requeridos por los mercados. Se plantea actualmente una estrategia para llegar a los mercados importantes del país con fruta de calidad. Para posibilitar el ingreso de este producto se diseñó un esquema de cadena comercial donde participaron los siguientes agentes: productores, asistencia técnica, operador comercial, autoservicios y consumidores.

Como elemento estratégico básico se detectó en el mercado una interesante demanda por esta fruta y el interés de las cadenas de supermercados de contar con un abastecimiento constante, consistente y de un producto de buena calidad. Se modificó para ello el sistema de cosecha, de modo de hacer menos perecible la fruta; además, se crearon centros de acopio para la selección por tamaño y color, limpieza o desespinado, encerado, etiquetado y embalado para su posterior envío en camiones al operador comercial en Lima.

Desde el año 1999 se está intentando fortalecer el sector productivo de fruta fresca y luego de dicho período de ensayos conjuntos con pequeños productores y técnicos, se consolidaron pequeñas empresas comercializadoras, que actualmente operan de manera autónoma y sostenible.

El consumo de la fruta no difiere mucho de lo ya señalado para otros países de América Latina, siendo preferentemente en estado fresco y en mermeladas y jugos. Sin embargo, no hay un desarrollo de la agroindustria ligado a la fruta.

SUDÁFRICA

Según Swart y Swart (2003), Sudáfrica posee alrededor de 1 500 ha de cultivo intensivo de tuna con una producción cercana a las 15 000 toneladas anuales. De acuerdo a los datos proporcionados por Zimmermann (Comunicación personal)¹⁰, la superficie actual cubierta con nopal cultivados para la producción de fruta ocuparía cerca de 2 000 ha y para la producción de forraje aproximadamente 525 000 ha; en 1988 estas últimas eran 814 000 ha. En el verano de 2003/2004 se vendieron 848 toneladas de tuna en los 16 principales mercados del país. El mercado informal de tuna también es importante, pero difícil de estimar.

Las ventas de tunas provenientes de plantaciones silvestres (plantas invasoras, no cultivadas) como *Opuntia ficus-indica* con espinas, son actualmente de alrededor de 30 000 toneladas. Estas tunas se venden al lado de los caminos y en los «shanty towns», principalmente alrededor de Port Elizabeth, Grahamstown, Uitenhage, Fort Beaufort

¹⁰ Helmuth Zimmermann, CACTUSNET-FAO, 2005.

(Eastern Cape) y en Polukwane (antes Pietersburg), provincia de Limpopo. Sudáfrica también exporta una pequeña cantidad de tuna a Europa, estimada en alrededor de 10-20 toneladas anuales.

Hasta 1930, había casi un millón de hectáreas cubiertas con tuna en Sudáfrica, principalmente en la Provincia de Eastern Cape y de Limpopo. En ese entonces era considerado un gran problema medioambiental. Estas áreas eran muy pobres y sus habitantes no tenían a menudo otro alimento que la tuna y los animales silvestres; también consumían los cladodios, pero gran parte de la población se alejó de su tierra porque no podían sobrevivir solo con la tuna. Con la industrialización del país, cuando los pobladores cambiaron de comunidades rurales a comunidades urbanas, llevaron consigo la costumbre de comer tuna. Estas personas y sus descendientes todavía gustan de la tuna y son reacios a comprar la fruta en cajas a altos costos. Por esto prefieren las tunas blancas y no las rojas, amarillas o anaranjadas, debido a que las tunas blancas eran las originales de las tunas silvestres o invasoras. Según Zimmermann, antes de la década de 1930 la población elaboraba jabones y otros productos a partir de la tuna, pero muchas de estas habilidades se han perdido. Hoy día se elaboran, mediante una fabricación casera o artesanal, mermeladas, dulces y jarabes y se venden en las calles o caminos, durante los festivales y en algunos mercados. Un pequeño grupo de agricultores que cultivan la tuna, han comenzado a consumir nopalitos, los que además se pueden comprar envasados en los mercados.

Se ha tratado de sustituir los mangos verdes usados para elaborar «atjar», un típico condimento picante sudafricano, por los nopalitos; son mucho más baratos que los mangos verdes y ambos son buenos adsorbentes de aroma y sabor. Según Potgieter (Comunicación personal)¹¹ existen microindustrias en la zona rural (Karoo), que elaboran mermeladas, jarabes, cáscaras deshidratadas que se venden generalmente en tiendas tipo comida sana y en ventas en los caminos.

También existen algunas industrias artesanales; por ejemplo, un productor en Limpopo, inició hace pocos años la elaboración de mermeladas de la fruta y de los nopalitos, para venta en mercados minoristas; para ello procesa alrededor de tres toneladas anuales de fruta.

Los jarabes se elaboran generalmente de la fruta proveniente de las poblaciones invasoras, porque son más abundantes y baratas; básicamente se preparan hirviendo el jugo y la pulpa, hasta que adquiere consistencia. Se puede preparar con o sin azúcar y su color es café oscuro. A mayor escala, se deshidratan las cáscaras de tuna y se exportan para elaboración de productos medicinales en otros países.

La industria ligada a la tuna se considera minoritaria en comparación con otras existentes en el país; sin embargo, existe creciente interés para dar mayor valor agregado a los desechos del envasado de la fruta y, en general, se la considera una planta con un potencial valioso para la agroindustria.

TÚNEZ

Desde principios de 1900 se han aplicado en el norte de África, incluido Túnez, diversas estrategias para reducir la erosión y la desertificación (Nefzaoui y Ben Salem, 2001). Para ello se plantaron diversas especies, entre ellas *Opuntia ficus-indica* f. *inermes*, la que se utiliza también para alimentación animal en épocas de sequía.

Según lo señalado por Selmi *et al.* (2002), en Túnez habrían entre 400 000 y 500 000 ha de nopalos. En la región de Zelfene hay cerca de 16 000 ha plantadas para producción de fruta.

Actualmente, en Túnez el uso principal del nopal es como forraje para alimentación animal. Tal como ocurre en muchos otros países, el consumo de la tuna, es sólo

¹¹ Johan Potgieter Dept. of Agriculture. Limpopo Province Agricultural Research Services Polokwane. Sudáfrica, 2005.

como fruta fresca y no se industrializan ni la fruta ni los nopalitos. Sin embargo, existe interés por tener mayores conocimientos de esta especie, aumentar las áreas plantadas para fruta y aprender mejor su manejo. Por ello, en 2005, promovido por la Secretaría de Estado para la Investigación Científica y la Tecnología, se celebró en la región de Zelfene, provincia de Kasserine, un taller para pequeños agricultores, empresarios privados y responsables de la toma de decisiones, a fin de sensibilizarlos sobre la producción potencial de tuna siguiendo técnicas avanzadas. El taller se centró en prácticas agronómicas (fertilización, riego, poda, «scozzolatura»), técnicas de poscosecha y problemas relacionados con el almacenamiento, entre otros.

OTROS PAÍSES

Como ya se ha señalado, existen muchos otros países en los que se encuentra la tuna o en los cuales se ha despertado últimamente interés por ella, debido a que se van descubriendo sus grandes potencialidades como alimento, tanto humano como animal, y sus posibles modos de industrialización, coincidente con la existencia de zonas áridas poco aptas para cultivos tradicionales. Entre ellos figuran Brasil, Cuba, Egipto, España, India, Israel, Turquía y Venezuela. En Brasil, el nopal es importante como forraje. Por su parte Basile (2001), menciona además a Argelia, Colombia, Grecia y Jordania como países en los que, aunque en baja proporción, también se cultiva esta especie.

En Israel, también hay plantaciones de nopal (Nerd y Mizrahi, 1999); existen antecedentes, al menos hasta el año 2000, de una industria productora de jugos a partir de las variedades rojas, cerca de Jerusalén. Los centros de investigación y las Universidades también efectúan actualmente trabajos sobre aplicaciones de partes de la planta. En la Universidad Ben Gurión se estudian variedades y diversos aspectos para su cultivo (Nerd y Mizrahi, 1999). Uno de los pocos estudios acerca de la utilidad de las flores ha sido efectuado en este país; se ha analizado la acción de extractos de flores en la terapia de hiperplasia benigna de la próstata, con resultados auspiciosos (Jonas *et al.*, 1998). Por otra parte, en la Universidad de Jerusalén se han efectuado estudios acerca del uso del mucílago como estabilizador de emulsiones alimenticias (Garti, 1999). El único producto alimenticio producido en Israel del que se tiene conocimiento, es un jugo que contiene tuna y manzana, con un mínimo de 15 por ciento de fruta.

En Turquía la tuna es catalogada, como en otros países, como un cultivo subutilizado (Karababa *et al.*, 2004) y crece en forma silvestre en varias zonas del país. Los mismos autores indican que no hay plantaciones comerciales, ni variedades definidas, las plantas se encuentran aisladas, en grupos o alrededor de las casas. La mayoría de las plantas tiene espinas y producen una tuna de color anaranjado-amarillento, que se consume localmente como fruta fresca; tradicionalmente se vende en las calles y los vendedores las pelan en presencia de los consumidores. No se conocen, hasta ahora, iniciativas para efectuar estudios acerca de cruzamientos, ni sobre prácticas de comercialización. Sin embargo existen grupos de investigadores (Universidad de Mersin) que están promoviendo el conocimiento de los nopalitos en centros universitarios.

En Egipto, según Mousa (Comunicación Personal)¹² la superficie cultivada con nopalitos para la producción de tuna ha aumentado desde 1994, año en que había 650 ha y una producción de 10 233 toneladas a 2 548 ha y 29 442 toneladas en el 2002. La mayoría de las plantaciones son antiguas y se encuentran cerca del Valle del Nilo. No existen actualmente industrias relacionadas con la tuna en Egipto, aunque se observa cierto interés en algunas Universidades (Zagazig; Cairo; Canal de Suez), donde se efectúan investigaciones. Labib (Comunicación personal)¹³ señala que no ha habido grandes cambios en lo que respecta a este cultivo en los últimos años. En 1996, el mismo Labib estableció *Cactus Land*, la primera plantación comercial con un cultivar

¹² Tamer El-Sayed Mousa, Agriculture Faculty, Suez Canal University, Ismailia, Egipto, 2005.

¹³ Sameh Labib, Faculty of Medicine, Cairo University, Egipto, 2005.

de tuna homogéneo (cv. *Ofer*) similar al italiano *Gialla*. La tuna, una vez cosechada, se envía a granel al mercado y la venta al detalle se efectúa en la calle, a través de un gran número de vendedores que la transportan y la venden pelada.

En la India, de acuerdo a lo indicado por Singh (2003) hay numerosas especies de nopalos que crecen en forma silvestre en las regiones áridas y semiáridas; también se utilizan como plantas ornamentales en zonas urbanas y en los jardines. Generalmente, esta planta se utiliza como cerco vivo para proteger los campos, pero no ha tenido otros usos en la India. Sin embargo, hace algunos años comenzó la introducción de diversos clones, gracias a un proyecto colaborativo India-EE.UU.A. La idea de introducir los nopalos en la zona central de la India es con el fin de explotar su potencial como una fuente de forraje, como cercos vivos y como fuente de alimentos para la población humana económicamente desventajada y también para los animales que habitan en ese ambiente ecológicamente adverso. Según el mismo autor, ya existen resultados acerca de la fruta proveniente de varios clones; es el inicio de un desarrollo promisorio del cultivo ya que frente a los variados usos que presenta requiere una baja aplicación de insumos, tiene la capacidad de ocupar tierras marginales y se le reconoce un gran potencial para las regiones áridas de la India.

En el sur de España, en la provincia de Murcia, hay algunas pequeñas plantaciones de tuna, pero el consumo de este fruto en el país es mínimo. En las Islas Canarias la importancia de los nopalos, está relacionada con el cultivo de la cochinilla, donde actualmente se mantiene esta actividad. En los últimos años investigadores de la Universidad Politécnica de Cartagena y de la Universidad de Murcia, han efectuado estudios que tienen relación con las características de los pigmentos de la tuna roja presente en dicho país; para ello han utilizado *Opuntia ficus-indica*, *O. stricta* y *O. undulata*, procedentes de cultivos de la zona de Murcia (Fernández-López *et al.*, 2002).

En Venezuela, el aprovechamiento de los frutos de las especies pertenecientes al género *Opuntia* está limitado al consumo en fresco debido a dificultades en el manejo poscosecha; sin embargo, en la Universidad Simón Rodríguez en el estado de Carabobo, también existen investigaciones, principalmente sobre *Opuntia boldinghii* con el fin de utilizar sus pigmentos como colorantes naturales (Viloria-Matos *et al.*, 2002).

Estas experiencias que se recogen en numerosos países y que reflejan el interés por este cultivo, hacen pensar que el aprovechamiento de los nopalos sigue siendo un desafío para la humanidad, que puede contribuir a paliar el hambre en varias zonas del mundo, ayudar a tener una mejor calidad de vida y contribuir a detener la erosión. La colaboración entre los países, utilizando en concreto la existencia de CACTUSNET-FAO, compartiendo conocimientos, material vegetal y tecnologías, redundará en beneficio de muchos habitantes del mundo.

Capítulo 10

El desarrollo de cadenas y redes de valor en base al cultivo del nopal

Con el fin de ilustrar algunas de las recientes actividades realizadas respecto al desarrollo y utilización del nopal se presentan resultados obtenidos por dos Proyectos de Cooperación Técnica ejecutados por la FAO, finalizados en 2002 y 2004, respectivamente. Posteriormente, se proponen pautas para la adición de valor al cultivo del nopal.

TCP/ERI/8923 – «TRANSFERENCIA DE TECNOLOGÍA DEL NOPAL (*OPUNTIA SPP.*) PRODUCCIÓN Y UTILIZACIÓN»

El proyecto tuvo como objetivo fortalecer y desarrollar la capacidad del gobierno de Eritrea para la domesticación, el mejoramiento y la utilización total de los nopalos por medio del aporte de nuevas tecnologías y asesoramiento técnico, capacitación y materiales para la siembra. Fue seguido por una segunda fase (TCP/ERI/2802) con el objetivo de completar las actividades anteriores, llevar a cabo una revisión técnica y hacer recomendaciones con el fin de fortalecer la producción, utilización total y control de *Opuntia spp.*

Gracias a las actividades del proyecto fue posible constatar que durante el verano la tuna es la fruta de mayor consumo en el país. Se estima, por ejemplo, que el consumo en la ciudad de Asmara es de ocho toneladas diarias, cifra que no incluye el consumo familiar de los agricultores en las zonas vecinas; su consumo, sin embargo, está limitado a los altiplanos e incluso en algunas ciudades la fruta no se consume.

La mayor parte de los frutos se obtiene de plantas no cultivadas y en menor grado de cultivos a nivel de huerta familiar o formando parte de setos vivos. La base de recursos fitogenéticos es limitada y en el mercado se encuentran solo dos variedades que presentan pocas diferencias entre ellas. Sin embargo, por medio de las actividades del proyecto fue posible identificar en una zona remota una variedad sin espinas, la cual está siendo evaluada como parte de las acciones de seguimiento del proyecto para ser eventualmente multiplicada en el futuro.

El fruto tiene un significado económico particular en lo que concierne al volumen comercializado y a la necesidad de mano de obra requerida que crea posibilidades de empleo tanto en su cosecha como en la venta callejera. La cosecha es efectuada sobre todo por escolares y la comercialización está a cargo de mujeres y niños, los que constituyen un grupo de trabajadores que no tienen impacto sobre el sector de la economía formal.

Por otro lado, la información sobre los beneficios potenciales del nopal es escasa y aún perdura el concepto de que es una planta invasora indeseable. Desde el punto de vista de la producción animal, las pencas son aprovechadas para la alimentación de

Roberto Cuevas y Enrique Arias, FAO, Roma
Candelario Mondragón, INIFAP, México
Inocencio Higuera, CIAD, Sonora, México
Cadmo Rosell, Consultor, FAO, Roma

animales (cabras, ovejas, camellos, asnos) si bien no son utilizadas en forma regular. En este caso, el abuso de su utilización podría eventualmente conducir a problemas de degradación del suelo (Fuentes, 2002, 2004).

El proyecto cumplió intensas actividades de transferencia de tecnología y capacitación de investigadores, personal técnico, estudiantes y agricultores. Más de 540 personas, a todos los niveles, recibieron conocimientos técnicos actualizados por medio de seminarios, talleres de trabajo, cursos cortos de capacitación, participación en conferencias o mesas redondas y trabajo de campo.

El proyecto recomendó, entre otras cosas, la inclusión del nopal entre los cultivos que forman parte de la estrategia nacional de seguridad alimentaria. Para ello, será necesario impulsar la utilización del nopal como un recurso natural y un nuevo cultivo potencial, el uso agroindustrial de las tunas y las pencas y explorar la posibilidad de exportar frutas frescas y subproductos. Esto implica el desarrollo de cadenas de valor que incluyan la producción, la alimentación humana y animal y la agroindustrialización para su utilización como alimento, cosméticos y nutracéuticos (Capítulos 6 y 7).

TCP/ETH/2901-3002 – «PRODUCCIÓN Y UTILIZACIÓN DEL NOPAL (OPUNTIA FICUS-INDICA) EN EL TIGRAY»

El objetivo del proyecto fue fortalecer y desarrollar la capacidad del gobierno de Etiopía para la domesticación, el mejoramiento y la completa utilización del nopal como un medio para aumentar la seguridad alimentaria de la población por medio de tecnologías seleccionadas, asistencia técnica, capacitación, introducción de materiales vegetales para ensayos y explotación de las cochinillas para la obtención de colorantes naturales.

El nopal es una planta conocida en algunas partes de Etiopía, especialmente en la zona del Tigray donde se encuentra en abundancia y es comúnmente utilizada por la población. Después de su introducción al país alrededor del año 1850, su cultivo se ha difundido gracias a condiciones edáficas y climáticas favorables y a la ausencia de enemigos naturales y enfermedades. Por otro lado, métodos de cosecha inapropiados han contribuido a difundir la especie particularmente en tierras marginales, laderas de montañas y áreas incultas. Los agricultores también la utilizan como seto vivo, para combatir la erosión o en huertos familiares para el consumo de la fruta o como forraje para el ganado. Se estima que existen más de 300 000 hectáreas de nopales silvestres y alrededor de 30 000 hectáreas cultivadas. Se considera que este recurso está subutilizado y que muchos de sus potenciales beneficios no son conocidos por la población.

La tuna se ha convertido en la mayor fuente de ingresos y de alimentos para muchos habitantes del Tigray en el período de junio a septiembre. La fruta se vende a los lados de los caminos y en las aldeas de las zonas nopaleras; los principales beneficiarios de este mercado informal son los niños que hacen la mayor parte de la cosecha y las mujeres que la comercializan. La fruta se consume fresca y en gran cantidad pero existe una importante pérdida debido a su inaccesibilidad y malas prácticas de cosecha y manejo postcosecha.

Una de las principales actividades del proyecto fue la capacitación técnica a todos los niveles, incluyendo personal técnico, estudiantes y agricultores. Más de 550 personas recibieron capacitación en diversos temas por medio de seminarios, clases prácticas, trabajo de campo, conferencias, talleres de trabajo o a través de los medios de difusión disponibles (Lámina 49).

Las recomendaciones del proyecto incluyeron, entre otras cosas, el diseño de una estrategia para



Lámina 49
Capacitación de grupos femeninos en la
preparación de platos a base de nopal.
Etiopía 2003.

desarrollar y maximizar el uso de este recurso natural. Un elemento prioritario será su contribución el desarrollo de cadenas agroindustriales de valor, consumiendo la fruta y los cladodios jóvenes como hortaliza, además de subproductos como mermeladas, jugos y salsas técnicas mejoradas para incrementar su uso forrajero y la producción de jabones y cosméticos, todo lo cual puede contribuir a mejorar la seguridad alimentaria, crear fuentes de trabajo y aumentar los ingresos de la población. Además, la posible introducción de la cochinilla podría desarrollar la industria de la producción de colorantes naturales, considerando previamente la necesidad del análisis de riesgo de introducción de pestes al igual que en el caso de introducción de material genético para ensayos y eventual reproducción.

PAUTAS PARA LA UTILIZACIÓN AGROINDUSTRIAL DE LOS NOPALES

El mayor desafío para los países en desarrollo es incrementar los ingresos y el abastecimiento de alimentos, especialmente en el sector rural. La horticultura cumple una función importante en el aumento de los ingresos, en el mejoramiento de la seguridad alimentaria y en la disminución de la malnutrición debido al alto valor nutricional y comercial de sus productos. Lamentablemente, hay muchos factores limitantes como:

- escasos conocimientos técnicos de los métodos de producción;
- limitaciones de los servicios de extensión;
- bajos precios, deficiente preservación de los productos y sistemas inadecuados de comercialización;
- sistemas de transporte pobres y logística inadecuada;
- limitado acceso al crédito;
- limitado acceso a la tierra;
- condiciones climáticas y abastecimiento de agua de riego altamente variables.

EL POTENCIAL DEL DESARROLLO DEL CULTIVO DEL NOPAL

Los nopalos comprenden numerosas especies del género *Opuntia*, son originarios de México y América Central y han pasado a formar parte importante de la vida de las poblaciones de muchos países en razón de sus múltiples usos y de su abundancia.

Por ejemplo, en Eritrea y Etiopía, el consumo de la fruta es en general bajo y casi siempre resultado de la recolección en plantas silvestres. Durante la estación de las lluvias, las tunas se venden en las zonas urbanas y se consumen con cierta regularidad, aumentando y estabilizando los recursos alimentarios. La venta por lo general ocurre por medio de los canales informales de la venta callejera y su amplio consumo demuestra la aceptabilidad social de los mismos, tanto para los habitantes de las ciudades como para los campesinos.

Sin embargo, existen diferentes percepciones respecto a su valor o conflictos de intereses y en algunas áreas es considerado un problema a pesar de sus múltiples beneficios y usos. En otras zonas, por ejemplo en los altiplanos y en el límite de su área de propagación, los nopalos son muy apreciados, principalmente por su valor como fruta fresca y como forraje para el ganado. La historia muestra que la densidad de los nopalos, si no son bien manejados, continúa a aumentar en condiciones ambientales que les son favorables como la degradación ambiental, la dispersión favorecida por el ser humano o los animales y los períodos regulares de sequía. Para detener este proceso y para poder considerar al nopal como un valioso recurso natural y un material agrícola versátil es necesario proponer rápidamente enfoques innovadores.

Consideraciones generales

Muchas plantas de nopalos cultivados no tienen espinas si bien tienen gloquidios -espinas muy pequeñas. Sin embargo, la presencia de espinas y gloquidios son un

elemento valioso en las plantas utilizadas como setos vivos por los agricultores. Las consecuencias ecológicas de la difusión incontrolada de estos tipos espinosos es motivo de preocupación al recordar, por ejemplo, la difusión de otros nopal espinosos en Australia que debieron posteriormente ser controlados por métodos biológicos. El manejo de los nopal espinosos es un problema serio y debería requerir una supervisión constante para determinar su entidad y evaluar métodos potenciales de control integrado y programas de utilización completa de la planta.

En lo que respecta a la aceptabilidad y/o palatabilidad de la fruta de los cultivares de nopal introducidos, en comparación con los nopal silvestres, en algunos países las observaciones de campo han indicado que frutas recolectadas de las plantas silvestres podrían tener la posibilidad de desarrollar los nopal como un cultivo formal, tanto a partir de líneas nativas como de variedades mejoradas introducidas, incluso con propósitos comerciales.

El objetivo de comercialización

Los programas y procesos comerciales, tecnológicos y sociales similares a los desarrollados en México podrían ser de interés para otros países a fin de aumentar el valor actual de las variedades espinosas, utilizadas entre otras cosas para el control de la erosión, o de las variedades sin espinas a ser eventualmente introducidas para obtener mejores productos y usos y facilitar las actividades postalmacenamiento. En base a estas cualidades el cultivo se encuentra en expansión en Argelia, Corea del Sur, Chile, Marruecos, Sudáfrica y Túnez. Algunos países desarrollados como Estados Unidos de América, Israel e Italia están actualmente aumentando el área del cultivo del nopal (Mondragón *et al.*, 2001).

Un elemento clave para el desarrollo de cadenas y redes de valor agregado del cultivo del nopal es la identificación del objetivo final de los usuarios/consumidores. Este esquema permite el desarrollo de las actividades de los pequeños agricultores y al mismo tiempo promueve la participación de agricultores con mayores recursos a fin de que se integren en la red de la cadena de valor y de ese modo retengan más valor agregado, el cual, a su vez, genera mejor acceso al crédito, a la tecnología y a otros insumos claves que a su vez generan un incremento de la productividad. En esta red, los compradores y los vendedores pueden ser estimulados a discutir y compartir elementos de interés común, lo cual puede ser interpretado a través de la percepción de la cadena como un todo.

Las actividades de los proyectos de campo de la FAO sobre este tema ya mencionado han constituido la piedra fundamental para una mayor utilización, cultivo y agroindustrialización del nopal. Existen, sin embargo, algunas áreas que necesitan ser especialmente atendidas como, por ejemplo:

- abastecimiento irregular de la materia prima altamente dependiente de las condiciones climáticas;
- como derivación de lo anterior, estacionalidad del mercado;
- pobre calidad de los frutos;
- altas pérdidas debido a prácticas postcosecha defectuosas;
- alta perecibilidad.

Más aún, como resultado de esas limitaciones, la mayor parte de la fruta producida se ofrece solo en los mercados nacionales. La utilización del nopal como forraje es limitada y los agricultores, en general, ignoran el potencial de esta planta como suplemento de la alimentación animal y/o fuente de agua, elementos críticos en la estación seca. La utilización de las pencas para el consumo humano y de toda la planta para obtener otros productos agroindustriales debe aún ser desarrollada en muchos países con potencial de producción y mercado.

Aspectos generales del desarrollo agropecuario

Las zonas áridas están distribuidas en todo el mundo: algunas se encuentran en países industrializados pero también se encuentran en 24 de los 31 países menos desarrollados donde vive un tercio de la población rural mundial. En el pasado, cuando la población humana era menor había una relación armoniosa entre el hombre y la naturaleza, pero hoy día, con el incremento de la población, las tierras marginales están siendo sometidas a una explotación ecológicamente irracional llevando a una constante degradación de los suelos.

Por otro lado, existe el desafío de transformar vastas zonas en tierras productivas a pesar de que los factores naturales limitan considerablemente la productividad biológica y la posibilidad de establecimientos humanos. Cualquier actividad dirigida al desarrollo de diferentes opciones tendrá repercusiones sobre el mejoramiento de las condiciones de vida de millones de seres humanos al proporcionarles una economía estable por medio de la generación de productos de calidad y oportunidades de trabajo, las cuales, a su vez, podrán limitar la emigración a las ciudades.

En muchos países en desarrollo, la producción agrícola está obstaculizada no solo por la alta variabilidad y distribución no uniforme de las lluvias sino que también está limitada por el acceso a insumos agrícolas modernos tales como variedades mejoradas, fertilizantes, maquinaria agrícola y pesticidas. Otros problemas específicamente vinculados al sector agrícola son el sistema de tenencia de la tierra e insuficiente mano de obra capacitada para la transferencia de tecnología, la falta de infraestructura rural y servicios de apoyo, el pobre acceso a los mercados y facilidades sociales, la integración limitada del mercado y la infraestructura institucional. El sector agroindustrial opera a niveles tecnológicos bajos y anticuados, baja capacidad técnica y sistemas de manejo inadecuados.

En lo que se refiere al sector ganadero, algunos países enfrentan una carestía de alimentos para el ganado en razón de continuas sequías. Los forrajes y sus subproductos son en la actualidad las principales fuentes de energía, proteínas, minerales y vitaminas para el ganado. El volumen disponible, sin embargo, no satisface en muchos casos las necesidades nacionales. Más aún, las condiciones climáticas adversas causan una baja calidad nutricional de esos forrajes y el nopal puede contribuir a suplir esas deficiencias en algunos ambientes específicos.

Como consecuencia de esa baja producción, por ejemplo en Eritrea y Etiopía, la industria de procesamiento de alimentos se ha desarrollado lentamente y estos países dependen de la importación de alimentos simples como dulces, jaleas o mermeladas. La falta de materia prima para procesar que no se encuentra a bajos precios perjudica seriamente el sector del procesamiento industrial el cual, de otra manera, podría contribuir con una mayor autosuficiencia al preservar, almacenar y/o preparar para la exportación los productos de los cultivos cuando la estación se presenta favorable.

Considerando la distribución generalizada del nopal y la extensión del área cubierta, la importancia del mercado hortícola informal, su potencial contribución para mejorar y diversificar la dieta, es claro que este recurso natural merece mayor atención técnica. La incorporación de esta especie entre las oportunidades de los programas de desarrollo agrícola debe ser enfatizada. Como cultivo, el nopal ha demostrado su éxito agronómico en vastas áreas semiáridas de Brasil, Marruecos, México (Lámina 50), Sudáfrica y Túnez (Nefzaoui y Ben Salem, 2002).

Debido a su rusticidad y baja demanda tecnológica, comparado con otros productos como la naranja o la banana, el nopal es un cultivo perenne que requiere un



RODRIGUEZ-FELIX

Lámina 50
Cosecha de nopalitos en México

cuidado mínimo. La planta tolera suelos pobres, está adaptada a lluvias escasas (400-600 mm/año) típicas de los altiplanos y sus necesidades de nutrientes pueden ser fácilmente suplementadas con estiércol o cenizas. Es posible introducir en los distintos ambientes variedades mejoradas para sistemas de producción de múltiples propósitos y obtener frutas, forrajes y pencas tiernas para consumir como verdura (Mondragón *et al.*, 2001). Los sistemas más especializados permiten una mayor producción de nopal para ser usado como forraje (hasta 100 ton/año) por medio del mejoramiento de las técnicas de cosecha y poscosecha. Tales sistemas utilizan la propagación extensiva de nuevas variedades adecuadamente evaluadas.

La iniciación y la difusión del cultivo en áreas adecuadas puede ser llevada a cabo para satisfacer la demanda del mercado nacional de fruta fresca y explorar las posibilidades de la demanda de exportación de fruta de calidad superior. El desarrollo de la demanda exterior es también una oportunidad que debe ser considerada con la posibilidad de que un aumento substancial del área puede promover las agroindustrias basadas en el nopal. La competencia por tierras agrícolas dedicadas a otros frutos es sin duda despreciable ya que las alternativas más importantes son el mango, la banana y la naranja, en general obtenidos en tierras regadas, y la guayaba que prospera en tierras de secano pero en distintos ambientes.

El cultivo del nopal puede ser promovido en los altiplanos con un promedio de 500 mm de precipitación anual y donde hay otras características agroclimáticas ideales para su cultivo. Se sugiere la plantación solo en tierras semiáridas, usando tierras secundarias donde existe un bajo potencial para otras especies, evitando la competencia por la tierra e, irónicamente, fortaleciendo su potencial productivo natural. Los sitios iniciales de expansión deben ser cuidadosamente localizados, con acceso todo el año y proximidad a los mercados para reducir daños y costos de transporte. Los nopalitos y ciertas formas espinosas de cactus pueden también suplementar el cultivo de cereales de secano usando los bordes de los predios agrícolas, proporcionando protección del ganado y un ingreso adicional.

Debido a la naturaleza perenne del nopal y al tiempo necesario para obtener un cultivo productivo es necesario establecer compromisos entre los diferentes sectores de la cadena productiva acompañados por continuos esfuerzos promocionales. El mejor enfoque es el fortalecimiento de la capacidad técnica de los expertos nacionales por medio de su capacitación, contacto con la abundante información en otros países y apreciación de las modernas tecnologías disponibles en el sector que puedan ser adaptadas a las condiciones locales. El estímulo a los pequeños emprendedores y su crecimiento hasta llegar a una empresa autosostenible puede proporcionar un abastecimiento estable de alimentos, ingresos y oportunidades de trabajo.

Asistencia técnica

En respuesta a las solicitudes de numerosos países miembros y considerando que el nopal es una alternativa válida para la conservación del ambiente y el desarrollo de las zonas áridas, la FAO ofrece asistencia técnica y apoyo sistemático para su desarrollo y uso completo. En 1993 se formó la Red Internacional de Cooperación Técnica del Nopal (CACTUSNET) con el objetivo de promover los beneficios que esta especie puede ofrecer desde el punto de vista económico, ecológico y nutricional. Se reconoció que:

- el nopal cumple una importante función en la agricultura de subsistencia por medio de la producción de frutas, forraje, verdura y colorantes naturales, principalmente en las zonas áridas y semiáridas del mundo;
- el nopal es un cultivo capaz de establecer sistemas agrícolas sostenibles que aumentan la eficiencia y la viabilidad económica de las pequeñas y medianas explotaciones o de los agricultores de bajos ingresos y las agricultoras se benefician directamente ya que participan en el proceso de selección y envasado de las frutas y los nopalitos;

- el cultivo del nopal requiere un bajo insumo de energía y agua para obtener rendimientos satisfactorios y por ello tiene una mayor significación agronómica para las tierras áridas o semiáridas;
- el nopal es una planta útil para la prevención de la degradación del suelo contribuyendo a prevenir la desertificación y puede ser ventajosamente cultivado en gran parte del mundo, especialmente en las regiones semiáridas que en un futuro próximo podrían ser afectadas por un incremento de los niveles de bióxido de carbono;
- la planta de nopal puede proveer materia prima para la industria, incluyendo residuos que una vez secos pueden ser utilizados como combustible o fuente de biogás en lugares en que no existen otras recursos energéticos para uso doméstico ya que también es posible obtener etanol a partir del nopal.

La FAO ha apoyado iniciativas regionales, sub-regionales o globales en Angola, Argentina, Chile, Italia, México, Perú, Sudáfrica y Túnez para la realización de reuniones técnicas, congresos, simposios y talleres de trabajo. A través del Programa de Cooperación Técnica ha dado asistencia técnica para mejorar el cultivo del nopal en Argentina, Eritrea, Etiopía, Namibia e Irán; Cuba y Pakistán también han manifestado deseos de desarrollar el tema.

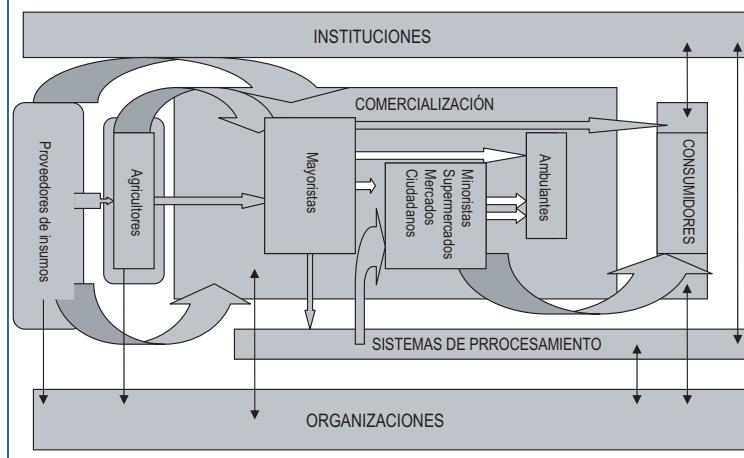
Sin embargo, la utilización del nopal demanda realizar actividades concretas de cooperación con los países interesados por medio de la formulación de estrategias y programas, tomando en consideración la gran variedad de parámetros existentes y las diferentes componentes históricas y socioculturales.

PARÁMETROS Y EXTENSIÓN DEL ENFOQUE

La experiencia de muchos países indica que si la producción del nopal debe ser un elemento esencial de la agricultura para fortalecer el desarrollo de un país, debería ser aplicado el enfoque de *cadenas y redes de valor agregado*. Una red de valor agregado puede ser definida como una red de relaciones que genera valor económico y otros beneficios por medio de cambios dinámicos entre dos o más organizaciones, instituciones, empresas o comerciantes. Este enfoque coloca las preferencias y tendencias del consumidor y el comportamiento y los requerimientos del mercado como las principales fuerzas que apoyan la cadena de producción.

Las redes de valor agregado están basadas en el valor agregado generado y compartido entre todos los participantes y permiten una rápida y eficiente diferenciación de los productos en respuestas al cambio del comportamiento de los consumidores (Figura 22). Este esquema toma en consideración los productos finales que pueden tener potencial para proyectos comerciales viables bajo las condiciones que prevalecen en un país y en los potenciales mercados para exportación. Algunos ejemplos de estos potenciales productos alimenticios del nopal se han mencionado en los Capítulos anteriores.

FIGURA 22
Cadena de comercialización de nopal basada en las instituciones y organizaciones



Fuente: Modificado de Parada y Flores. 2004.
<http://www.municipio-productivo-pader.com/f3fichacad>.

Debido a la estacionalidad de la producción del nopal y a que es altamente perecedero después de la cosecha, es posible obtener una reducción importante de los residuos agroindustriales con técnicas simples de procesamiento. Algunas de estas técnicas han sido exitosamente aplicadas en muchos países donde el nopal se cultiva comercialmente y pueden constituir una base sólida para el desarrollo de pequeñas industrias.

La promoción de la pequeña industria debería ser paralela al desarrollo de las oportunidades de mercadeo favoreciendo la transición económica de formas de subsistencia a actividades comerciales gracias a la red de valor agregado basada en el nopal. El desarrollo del sector privado está estrechamente ligada al comportamiento económico de un país y el marco institucional tiene una función fundamental en este proceso. Una agricultura exitosa y adecuada permite un crecimiento económico a nivel local y las pequeñas empresas son un elemento importante en la transformación de la sociedad y un instrumento para escapar de la pobreza. El incremento de la riqueza traerá recursos adicionales y enriquecerá la gama y calidad de las oportunidades de empleo.

Las ventas de frutos frescos de nopal incrementan directamente el valor total del nopal en la comunidad. El comercio y las unidades de procesamiento a nivel familiar para la distribución y abastecimiento de los productos del nopal son las etapas subsiguientes en el desarrollo del microcosmo económico local. En este caso las fuentes de empleo obtenidas por el cultivo del nopal son menos afectadas por las incertezas climáticas y pueden proporcionar alimentos en tiempos de sequía. En otros momentos, pueden servir como un cultivo comercial con valor agregado contribuyendo con riqueza a la comunidad en general.

Por otra parte, el nopal como cultivo perenne está menos sujeto a uno de mayores inconvenientes de las comunidades agrícolas como es la falta de crédito bancario anual para la compra de semillas, fertilizantes, preparación de la tierra, siembra y otros costos intrínsecos de los cultivos anuales.

Los mapas registrados por los satélites pueden ser usados para localizar los mejores lugares para iniciar cultivos de nopales y la instalación de microempresas a fin de optimizar el transporte de la producción a los lugares de procesamiento. Estos mapas, junto con cartas climatológicas y datos de las pruebas de campo, pueden permitir una selección óptima de los lugares de expansión para los futuros cultivos. La investigación aplicada y el desarrollo deben ser una actividad continua en cooperación con los agricultores y comerciantes locales para hacer el seguimiento de los problemas de enfermedades y la determinación de los resultados anuales esperados.

Por medio de talleres de trabajo nacionales, demostraciones, difusión radial, pruebas de alimentos, conferencias internacionales y mercadeo, el enfoque favorecerá el desarrollo de los pequeños agricultores y las unidades de procesamiento en pequeña escala. Este enfoque promueve que las pequeñas empresas basadas en la explotación del nopal incrementen directamente los existentes pero subutilizados recursos fitogenéticos diversificando la producción agrícola. Más aún, contribuirá a mejorar la estructura de apoyo rural-urbana y conducirá el abastecimiento de alimentos hacia la autosuficiencia. Con este modelo se proporciona una base de conocimientos que incluye tecnologías, prácticas, herramientas de manejo y redes comerciales para diferentes productos e iniciativas para los mercados nacionales e internacionales.

La línea de acción propuesta se basa en la necesidad de seguimiento de las observaciones, actividades, resultados e indicaciones propuestas por anteriores Proyectos de Cooperación Técnica de la FAO. Dado que el nopal es un cultivo perenne, las actividades pueden ser adecuadas para explotar correctamente los recursos de las plantas naturalizadas y además por medio de la introducción de nuevos cultivares, técnicas, prácticas de manejo y capacidad institucional a lo largo de la cadena de valor, conformada por:

➤ cultivo

- cosecha
- poscosecha
- procesamiento
- envasado
- utilización agroindustrial integrada y diversificada
- comercialización

La clave para la introducción de las nuevas variedades y técnicas es la educación de los agricultores y otros interesados en el proceso a fin de explotar el potencial del cultivo. Para ello será necesario organizar equipos nacionales y una red de líderes urbanos y rurales. En esta situación la oportunidad para fortalecer la seguridad alimentaria por medio de la incorporación del nopal en las dietas locales es realmente significativa.

El procesamiento de la fruta y de las partes vegetativas del nopal pueden ampliar la disponibilidad de sus productos con valor agregado, no solo para el consumo humano sino también para nutracéuticos, alimentos funcionales y cosméticos, llevando así ingresos a los agricultores y a la población local. El impacto económico de la generación de ingresos también se basa en el uso directo como alimento animal y puede contribuir a aliviar el déficit permanente de forrajes que sufre el ganado de las zonas áridas y semiáridas. El nopal como especie perenne se opone a los forrajes anuales sujetos a la variabilidad de lluvias esporádicas y también sirve como un nexo importante de la cadena para obtener otros productos valiosos como carne, lana y cueros. Un beneficio potencial agregado es la producción de estiércol y subproductos del nopal que pueden ser mezclados y utilizados para producir biogás por medio de tecnologías apropiadas.

La capacitación de las personas interesadas es fundamental para incrementar la independencia tecnológica y es necesario formar equipos nacionales para trabajar a tiempo completo en la adaptación y transferencia de tecnología, recolección de información y ofrecer asistencia técnica a los agricultores y otros interesados en el cultivo y en oportunidades de procesamiento y adición de valor. El equipo capacitado estará de esta forma preparado para conducir acciones y motivar a la población en la aplicación de tecnologías apropiadas y modelos de desarrollo agroindustrial.

EJEMPLO DE UN PROGRAMA PARA EL DESARROLLO DEL NOPAL Y DE SU AGROINDUSTRIALIZACIÓN

El objetivo es desarrollar la producción sostenible, el manejo y el uso diversificado incluyendo el agroprocesamiento y la comercialización de los recursos que ofrece el nopal e incrementar el consumo de sus productos, diversificar las actividades comerciales para uso local y posiblemente para los mercados de exportación, generar empleos e ingresos y promover la seguridad alimentaria de las familias.

Los objetivos específicos son:

- incrementar la capacidad técnica de la base nacional de recursos humanos e instituciones enfocando aspectos tecnológicos y de gestión, incluyendo la formación de un equipo nacional capaz de promover el desarrollo de las redes con valor agregado del nopal;
- desarrollar a nivel nacional conocimientos aplicados y capacidad técnica concernientes a temas multidisciplinarios relacionados con las redes de valor agregado;
- proporcionar tecnología y capacidad técnica para capacitar a productores de nopal, agricultores, procesadores y otros interesados en el cultivo, procesamiento, distribución, consumo y utilización de modo que puedan entregar productos agroindustriales aceptables para los mercados nacionales e internacionales;
- aumentar la sostenibilidad de la producción y sistemas de utilización y proporcionar una base tecnológica y de conocimientos de mercado para el desarrollo de las redes de valor agregado del nopal considerado como un cultivo formal para obtener ingresos y empleos y generar seguridad alimentaria.

Los beneficiarios inmediatos serán los miembros de la comunidad, especialmente mujeres y niños, que participarán en diferentes actividades y etapas del desarrollo de la cadena. Esta incluye en particular actuales y potenciales recolectores y procesadores, ganaderos y empresarios que deseen participar en la red de valor agregado del nopal, desde la producción hasta el procesamiento agroindustrial, la comercialización y la utilización.

Los beneficiarios indirectos serán las familias y las comunidades relacionadas con los participantes directos. En último grado se beneficiarán el medio ambiente, el sector hortícola y la economía del país.

Las siguientes estrategias se consideran esenciales para el desarrollo de una red de valor agregado en base al cultivo del nopal:

- integración y organización de los agricultores nopaleros a fin de solucionar los aspectos políticos y técnicos limitantes de la agroindustria y asesorar sobre la integración de pequeños empresarios que puedan beneficiar a las comunidades rurales siendo fundamental para este proceso tener acceso a variedades mejoradas así como un sistema integrado de producción, control y utilización costo/efectivo del nopal;
- asegurar la disponibilidad de insumos críticos para el cultivo y utilización comerciales del nopal y protección contra las deformaciones de la producción y el mercado lo que presupone un esfuerzo de coordinación importante por parte del Ministerio de Agricultura (o su equivalente) y de otras instituciones para asegurar el abastecimiento de herramientas esenciales, servicios e insumos en forma oportuna y equitativa;
- disponibilidad de recursos humanos capacitados para el desarrollo de todas las etapas y aspectos de las redes de valor agregado del nopal incluyendo capacidad empresarial para promover la utilización agroindustrial del nopal entre la población;
- un marco institucional coherente, implicando mecanismos públicos para fortalecer el cultivo, el procesamiento y la comercialización del nopal así como los marcos legales y administrativos que permitan el desarrollo cabal de las redes con valor agregado del nopal y el desarrollo del sector agroindustrial;
- apoyo a una política abierta y bien definida para el desarrollo tecnológico basada en el capital humano, tomando en consideración todos los nexos críticos incluyendo la participación de expertos y fuentes de conocimientos exteriores, un incremento de la capacidad nacional de investigación aplicada y transferencia y desarrollo de tecnología respetando la cultura local, los problemas sociales, económicos y comerciales;
- trazar planes para agregar valor a las redes de producción del nopal en todas sus etapas, desde la producción hasta el consumidor final y, por ejemplo, obtención en el campo de pencas más grandes y frutos de mejor color aplicando prácticas culturales y operaciones de poscosecha adecuadas o considerando oportunamente los problemas de control y manejo de plagas;
- la producción de plantas salvajes y cultivadas será evaluada constantemente aplicando métodos estadísticos para estimar el efecto de las prácticas agrícolas y las variedades mejoradas sobre la calidad, las características, los rendimientos y otras variables técnicas y económicas;
- las variedades introducidas deberán ser ensayadas con los agricultores, otros interesados y organizaciones en sitios de prueba seleccionados estableciendo un cuidadoso seguimiento de esas variedades respecto a su rendimiento, funcionalidad, múltiples propósitos y calidad en general;
- ejecución de talleres de trabajo en el campo y en las comunidades para interesados a los más bajos niveles a fin de demostrar las nuevas variedades, los sistemas de plantación, cultivo, cosecha, alimentación del ganado, procesamiento y técnicas de utilización;

- el costo unitario de la plantación, mantenimiento del cultivo, cosecha, almacenamiento, transporte, procesamiento y comercialización deberá ser evaluado para constatar la posibilidad de la integración del valor agregado de la producción del nopal en el contexto económico del país;
- conducir ensayos para determinar los parámetros técnicos óptimos de los productos almacenados tales como métodos de almacenamiento y adecuación de los materiales para envasar disponibles localmente así como también para el manejo y transporte;
- ejecución de encuestas de comercialización de los frutos salvajes y cultivados y de otros productos de los nopal, tanto en el campo como en las ciudades;
- promoción, diseño, establecimiento y desarrollo de establecimientos piloto de empaque con objetivos comerciales, donde las pencas y los frutos puedan también tener un mejoramiento de la calidad por medio de su selección, lavado, desinfección y clasificación por tamaño antes de ser comercializados, operaciones simples que serán organizadas en lugares estratégicos cercanos a los productores de modo de integrarlas con otras actividades de las fincas;
- diseño, desarrollo y establecimiento de plantas piloto o plantas móviles de procesamiento, para favorecer un importante incremento del valor a medida que los productos frescos son industrializados y preparados para competir con productos similares en mercados más complejos, con objetivos demostrativos, de capacitación y comerciales, siendo parte integral del programa de desarrollo de las redes de valor agregado del nopal de modo que sus beneficios económicos puedan llegar a la comunidad;
- un equipo nacional de técnicos, seleccionado y capacitado para dirigir talleres de trabajo, proveer asistencia técnica directa y asistir a conferencias y congresos internacionales y simposios, capaces de preparar demostraciones para todos los medios de comunicación sobre todos los temas relacionados con el nopal;
- los aspectos de la comercialización de las redes con valor agregado del nopal serán el componente clave para su éxito, especialmente en los mercados internacionales y la estructura de la cadena de comercialización deberá ser fortalecida según el ambiente institucional y organizativo.

En resumen, los componentes y actividades de un proyecto para el desarrollo de todos los elementos que comprenden las cadenas productivas del nopal deberían incluir lo siguiente:

Desarrollo de capacidad tecnológica y de gestión

- desarrollo de la tecnología y la capacidad de manejo;
- establecimiento de un comité coordinador nacional;
- capacitación en servicio para el equipo técnico de gestión;
- diseño de un programa de investigación aplicada, transferencia de tecnología, capacitación, extensión y desarrollo comercial;
- fortalecimiento de la capacidad tecnológica, gerencial y comercial de los agricultores, estructuras cooperativas y pequeñas empresas identificando servicios de apoyo e infraestructura mínima y promoción de un clima empresarial para el desarrollo de las redes de valor agregado del nopal.



FUNDACIÓN CRATE

Lámina 51
Tunas de diversos colores
Chile, 2005

Estudios sobre información básica

- supervisión de los adelantos en la tecnología del nopal, incluyendo su penetración en el mercado, mapeo para identificación de áreas prioritarias, opciones de control y manejo y aspectos ecológicos;
- estudios de costo/beneficio y de recursos económicos para indicar las actividades de manejo y utilización integral apropiada para y según las necesidades de diferentes regiones;
- identificación, caracterización y evaluación de tecnologías y prácticas adecuadas, herramientas, equipos y recursos en uso o con potencial para mejorar y acelerar el manejo y la utilización integrada del nopal

Transferencia de tecnología para el desarrollo de redes del nopal

- investigación aplicada y desarrollo tecnológico en temas clave para el manejo integrado y utilización del nopal;
- transferencia de tecnología para promover y optimizar huertas familiares para la producción de frutas, hortalizas y forraje del nopal;
- transferencia de tecnología para la producción semicomercial de forrajes y la producción animal;
- transferencia de tecnología para la producción viable de cochinillas, incluyendo parcelas de demostración;
- transferencia de tecnología para productos no alimenticios y producción agroindustrial (medicinales, nutracéuticos, cosméticos, químicos, artesanías)
- transferencia de tecnología para la producción viable de bioenergía a partir del nopal.

Promoción de las redes de nopal con valor agregado

- evaluación de los mercados nacionales y marcos institucionales, capacidad potencial y establecimiento de planes de comercialización y apoyo de políticas para el desarrollo industrial de las redes de nopal;
- fortalecimiento de la capacitación del personal y de su autoestima, incluyendo concienciación, manejo de la información, difusión y capacitación, servicios crediticios, apoyo a cooperativas y capacitación vocacional, extensión y actividades de difusión, incluyendo demostraciones y días de campo para agricultores;
- promoción del desarrollo de redes de nopal comerciales y viables, incluyendo nexos con el sector empresarial, mejoramiento de los sistemas de comercialización e información sobre mercados, apoyo a instituciones de micro financiación, implementación de políticas, planes logísticos, servicios de apoyo y estructuras comerciales y minoristas;
- promoción de la producción de pequeños rumiantes con sistemas alimentarios mixtos;
- promoción del establecimiento de pequeñas industrias viables de procesamiento de frutas y pencas de nopal;
- promoción del establecimiento de pequeñas agroindustrias viables para diferentes productos no alimenticios del nopal, incluyendo pigmentos de las cochinillas, cosméticos, medicinas, nutracéuticos, bioenergía y artesanías;
- establecimiento y desarrollo de un sistema gerencial, incluyendo un adecuado laboratorio para asegurar la calidad de los productos del nopal.

Bibliografía

- Aguirre, T. C., Pimienta, E. y Moreno, H.** 1995. Elaboración de mermelada del fruto de nopal tunero (*Opuntia* spp.) pp. 147-150. In: VI Congreso Nacional y IV Congreso Internacional sobre Conocimiento y Aprovechamiento del Nopal. Jalisco, México.
- Ahamd, A., Davies, J., Randall, S. y Skinner, G. R. B.** 1996. Antiviral properties of extract of *Opuntia streptacantha*. *Antiviral Res.* 30:75-85.
- Albornoz, N.** 1998. Formulación de una crema de verduras con adición de fibra dietética de nopal. Memoria para optar al Título de Ingeniero Agrónomo. Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales. Universidad de Chile.
- Almendares, L.** 1992. Elaboración y conservación de jugo concentrado de tuna (*Opuntia ficus-indica* (L) Mill.) obtenido a partir de fruta fresca y con almacenaje refrigerado. Tesis para optar al Grado de Magíster en Ciencias Agropecuarias. Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales. Universidad de Chile. Santiago.
- Alvarado, M. D. y Díaz, M. I.** 2003. Nueva presentación del queso de tuna. p. 247-250. In: Memoria IX Congreso Nacional y VII Internacional sobre Conocimiento y aprovechamiento del Nopal. Zacatecas, México.
- Amoriggi, G.** 1992. The marvellous mango bar. *Rev. Ceres* 136:25-28.
- Anónimo.** 2000. Mejoramiento genético: El tesoro rojo de la cochinilla. *Bioplanet* 1(6):10-12.
- Aquino, G. y Bárcenas, N.** 1999. Cría de la cochinilla para la producción de grana y sus posibilidades de resurgimiento en México. pp. 275-303. In: Memorias del VIII Congreso Nacional y VI Internacional sobre el Conocimiento y Aprovechamiento del Nopal. San Luis Potosí. México.
- Askar, A. y El-Samahy, S. K.** 1981. Chemical composition of prickly pear fruits. *Deutsche Lebensm.-Rund.* 77:279-281.
- Atalah, E. y Pak, N.** (1997). Aumente el consumo de verduras, frutas y legumbres. pp. 79-89 In: C. Castillo, R. Uauy, y E. Atalah, eds., Guías de alimentación para la población chilena. Santiago.
- Barbagallo, R., Papalardo, P. y Tornatore, G.** 1998a. Confronto varietale dei succhi di *Opuntia ficus-indica* mediante dosaggio degli acidi organici per HPLC. *Indus. Bev.* XXVII (6): 273-275.
- Barbagallo, R., Papalardo, P. y Tornatore, G.** 1998b. Valutazione chimica e sensoriale di una purea concentrata di fichi d'India. *Indus. Alimentari* XXXVII (6): 745-749.
- Barbera, G.** 1999. Historia e importancia económica y agroecológica. pp.1-12. In: G. Barbera, P. Inglese y E. Pimienta, eds. Agroecología, cultivo y usos del nopal. *Estudio FAO Producción y Protección Vegetal*, 132. Roma.
- Barbera, G. e Inglese, P.** 1992. The quality of cactus pear fruits. pp.143-148. In: Actas II Congreso Internacional de la Tuna y Cochinilla, Santiago.
- Barbera, G. Carimi, F., Inglese, P. y Panno, M.** 1992. Physical, morphological and chemical changes during fruit development and ripening in the three cultivars of prickly pear, *Opuntia ficus-indica* (L.) Miller. *J. Hort. Sci.* 67:307-312.
- Barbera, G., Inglese, P. y Pimienta, E.** 1999. Agroecología, cultivo y usos del nopal. *Estudio FAO Producción y Protección Vegetal*, 132. Roma.
- Barbosa-Cánovas, G., Fernández-Molina, J. J., Alzamora, S.M., Tapia, M. López-Malo, A. y Welti, J.** 2003. Handling and preservation of fruits and vegetables by combined methods for rural areas. *FAO Agricultural Services Bulletin*, 149. Roma.
- Basile, F.** 2001. Economic aspects of Italian cactus pear production and market. *J. Profess. Assoc. Cactus Develop.* 4: 31-45.

- Berger, H., Ortuzar, X., Auda, C., Lizana, A. y Reszczynski, A.** 1978. Conservación de tunas (*Opuntia ficus-indica* (L.) Mill.) en almacenaje refrigerado. *Inv. Agric.* 1(4):21-24.
- Berger, H y Galletti, L.** 2002. Efectos de tratamientos con agua caliente y encerado en la Postcosecha de tunas (*Opuntia ficus-indica* (L.) Mill.). *ACONEX* 74: 9-13
- Berger, H., Mitrovic, A., Galletti, L. y Oyarzún, J.** 2002. Effect of hot water and wax applications on storage life of cactus pear (*Opuntia ficus-indica* (L.) Mill.) fruits. *Acta Hort.* 581: 211-220
- Blanco-Macías, F., Valdez-Cepeda, R. y Ruiz-Garduño, R. R.** 2002. Intensive production of cactus pear under plastic tunnels. In: A. Nefzaoui y P. Inglese, eds. Proc. 4th International Congress on Cactus Pear and Cochineal. Oct. 22-28. Hammamet, Túnez.. *Acta Hort.* 581: 279-282.
- Borrego, F. y Burgos, N.** 1986. El Nopal. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. 202 p.
- Boujaghagh, M. y Chajia, L.** 2001. Le cactus: outil de gestion de la secheresse dans le sud ouest marocain. *Terre et Vie* 52: 1-8.
- Brandon, P.C.** 1967. Temperature features of enzymes affecting crassulacean acid metabolism. *Plant Physiol.* 42:977-984.
- Bravo H., H.** 1978. Las Cactáceas de México. Tomo 1. Ed. Universidad Nacional Autónoma de México. México.
- Bravo-Hollins, H.** 2002. Pencas de antaño. In: El Nopal. Artes de México 59: 8-15.
- Brutsch, M.** 1997. The beles or cactus pear (*Opuntia ficus-indica*) in Tigray, Ethiopia. *J. Profess. Assoc. Cactus.* 2:130-141.
- Bui Xuan An, Preston, T.R. y Dolberg, F.** 1997. The introduction of low-cost polyethylene tube biodigesters on small scale farms in Vietnam. *Livestock Research for Rural Development* 9 (2). <http://www.cipav.org.co/lrrd/lrrd9/2/an92.htm>. Consultado: 10-marzo-2005.
- Bunch, R.** 1996. New developments in breeding and cactus pear products at D'Arrigo Bros. *J. Profess. Assoc. Cactus. Develop.* 1: 100- 102.
- Bunch, R.** 1997. Update on cactus pear breeding and new products at D'Arrigo Bros. *J. Profess. Assoc. Cactus Develop.* 2: 60-65.
- Butera, D., Tesoriere, L., Di Gaudio, F., Bongiorno, A., Allegra, M., Pintaudi, A.M., Kohen, R., y Livrea, M.A.** 2002. Antioxidant activities of Sicilian prickly pear (*Opuntia ficus-indica*) fruit extracts and reducing properties of its betalains: betanin and indicaxanthin. *J. Agric. Food Chem.* 50, 6895-6901.
- Cacioppo, O.** 1992. Il fico d'India: sviluppo produttivo, costi e commercializzazione. *L' informatore Agrario* 33: 1-7.
- Calvo, C.** 1989. Otros sistemas de medida: Hunter, Munsell, etc. Pp. 36-47. In: El color en alimentos:medidas instrumentales. In: C. Sáenz y E. Loyola. Eds. Publ. Misc. Agr. No. 31. Univ. De Chile. Fac. de cisncias Agrarias y Forestales. Santiago.
- Cantwell, M.** 1999. Manejo postcosecha de tunas y nopalitos. pp. 126-143. In: G. Barbera, P. Inglese y E. Pimienta, eds. Agroecología, cultivo y usos del nopal. *Estudio FAO Producción y Protección Vegetal*, 132. Roma.
- Cantwell, M.** 2004. Nopalitos. In: K.C. Gross, C.Y. Wang, y M. Saltveit (eds.). The Commercial Storage of Fruits, Vegetables, and Florist and Nursery Stocks. Agricultural Handbook No. 66. USDA, ARS.
- Cantwell, M. y Suslow, T.V.** 2002. Postharvest handling systems: Fresh-cut fruits and vegetables. pp. 445-463.I In: A.A. Kader (Technical editor). Postharvest technology of horticultural crops. Pub 3311. University of California Agricultural and Natural Resources.
- Cantwell, M., Rodríguez-Félix, A. y Robles-Contreras, F.** 1992. Postharvest physiology of prickly pear cactus stems. *Sci. Hort.* 50:1-9.
- Caplan, K.** 1995. Merchandising, distribution and marketing nopalitos and cactus pears. pp. 46-47. In: Proceedings of the First Annual Conference of the Professional Association for Cactus Development. San Antonio, Texas. Estados Unidos de América.

- Cárdenes, A., Higuera-Ciapara, I. y Goycoolea, F.** 1997. Rheology and aggregation of cactus (*Opuntia ficus-indica*) mucilage in solution. *J. Profess. Assoc. Cactus Develop.* 2 : 152- 159.
- Cárdenes, A., W. M. Argüelles y F. Goycoolea.** 1998. On the possible rol of *Opuntia ficus-indica* Mucilage in Lime Mortar Perfomance in the Protection of Historical Buildings. *J. Profess. Assoc. Cactus Develop.* 3:64-71.
- Carrandi, L.** 1995. Efecto de conservantes en la estabilidad de jugo de tuna pasteurizado. Memoria para optar al Título de Ingeniero Agrónomo. Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales. Universidad de Chile. Santiago, Chile.
- Carvallo, M.** 2000. Colorantes naturales derivados de la cochinilla (*Dactylopius coccus* Costa) y su comercio mundial. Memoria para optar al Título de Ingeniero Agrónomo. Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales. Universidad de Chile. Santiago.
- Castellar, R., Obón, J. M., Alacid, M. y Fernández-López, J. A.** 2003. Color properties and stability of betacyanins from *Opuntia* fruits. *J. Agric. Food Chem.* 51: 2772-2776.
- Cheftel, J.C., Cheftel, H. y Besançon, P.** 1983. Introducción a la bioquímica y tecnología de los alimentos. 1^a.ed. Vol II. Ed. Acribia, Zaragoza, España.
- Chessa, I y Barbera, G.** 1984. Indagine sulla frigoconservazione dei frutti della cv. *Gialla* di Fico d'India. *Riv. Frutticol. e Ortofloricol.* 46(8): 57-61
- Chessa, I. y Nieddu, G.** 1997. Descriptors for cactus pear (*Opuntia* spp.). Ed. P. Inglese. Universitá degli Studi di Reggio Calabria. *Cactusnet Newsletter*. FAO International Technical Cooperation Network on Cactus pear. Special Issue May 1997.
- Chile.** 1997. Reglamento Sanitario de los alimentos. Ministerio de Salud. Decreto. N° 977. D. O. 13.V.97.
- Coles, R., McDowell, D. y Kirwan, M. J.** 2004. Manual del envasado de alimentos y bebidas. AMV Ediciones, Madrid.
- Contreras, U.** 1993. Efectos del acondicionamiento del suelo con bioabono sobre el crecimiento y producción de plantas de kiwi. Memoria de Título, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales. Universidad de Chile. Santiago.
- Corbo, M.R., Altieri, C. D'Amato, D., Campaniello, D. y Del Nobile, M.A.** 2004. Effect of temperature on shelf life and microbial population of lightly processed cactus pear fruit. *Postharv. Biol. Technol.* 31(1):93-104.
- Coronado, M.** 2001. Conservación de tunas (*Opuntia ficus-indica* (L.) Mill.) por mínimo proceso. Tesis para optar al Grado de Magíster en Ciencias Agropecuarias. Facultad de Ciencias Agronómicas. Universidad de Chile. Santiago.
- Corrales, J.** 1994. Calidad y normas de los frutos. In: A. Villegas M. y otros, eds. Memoria de la reunión: Frutales nativos e introducidos con demanda nacional e internacional. Colegio de Postgraduados, Montecillo, México: 223-234.
- Corrales-García, J.** 1998. Industrialization of prickly pears pads («nopalitos»). pp. 25-32. In: C. Sáenz, ed. Proceedings International Symposium on Cactus pear and nopalitos processing and uses. Universidad de Chile and FAO International Cooperation Network on Cactus Pear. Santiago.
- Corrales, J. y Flores, C. A.** 1996. The current status in Mexico of the many products being derived from cactus and tuna fruit. 7th Annual International Symposium, Texas Prickly Pear Council, Texas A&M University, Kingsville, Texas, Estados Unidos de América.
- Corrales, J. y Flores, C. A.** 2003. Tendencias actuales y futuras en el procesamiento del nopal y la tuna. pp: 167-215. In: Flores V. C. A., ed. Nopalitos y tunas, producción, comercialización, poscosecha e industrialización. 1^a Ed. Universidad Autónoma Chapingo, CIESTAAM. México.
- Corrales-García, J., Ayala-Valencia, G., Franco-Espinosa, A. M. y García Olivares, P.** 2004. Procesamiento mínimo de tuna y nopal verdura. pp. 4-21. In: Memorias. X Congreso Nacional y VIII Internacional sobre Conocimiento y Aprovechamiento del Nopal. Chapingo, México.
- Couey, H.M.** 1989. Heat treatment for control of postharvest diseases and insects pests of fruits. *HortScience*. 24:198-201.

- Cuevas, R.** 2004a. Desarrollo de estrategias para aumentar la competitividad y la calidad de la pequeña y mediana industria alimentaria en América Latina y el Caribe. p. 29-47. In: Cuevas, R., Masera, O. y Díaz, R., eds. Calidad y competitividad de la agroindustria rural de América Latina y el Caribe. *Boletín de Servicios Agrícolas de la FAO*, 153. Roma.
- Cuevas, R.** 2004b. Food engineering, quality and competitiveness in small food industry systems with emphasis on Latin America and the Caribbean. FAO Agricultural Services Bulletin 156. Roma.
- Cuevas, R., Masera, O. y Díaz, R.** 2004. Calidad y competitividad en la industria alimentaria rural latinoamericana a través del uso eficiente y sostenible de energía. p 7-13. In: R. Cuevas, O. Masera, y R. Díaz, eds. Calidad y competitividad de la agroindustria rural de América Latina y el Caribe. *Boletín de Servicios Agrícolas de la FAO*, 153.. Roma.
- Del Río-Dueñas, I. J.** 1995. Instructivo para teñir con grana cochinilla. 1^a Ed., Impreso en México.
- D' hallewin, G., Schirra, M. y Manueddu, E.** 1999. Effect of heat on epicuticular wax of cactus pear fruit. *Tropical Sci.* 39: 244-247.
- Di Cesare, L.F., Testoni, A y Polesello, S.** 1991. Analisi GC/MS dei componenti volatili responsabili dell'aroma di alcune cultivar di fico d'India. *Bulletino della Divisione di Spettrometria di Massa della Società Chimica Italiana* 73: 34-38.
- Di Cesare, L. F. y Nani, R.** 1992. Analysis of volatile constituents of prickly pear juice (*Opuntia ficus-indica* var. *fructa sanguineo*). *Fruit Process*, 2:6-8.
- Di Cesare, L.F., Testoni, A y Sansovini, G.** 1993. Studio dei componenti volatili del fico d'India durante la conservazione in atmosfera normale e controllata. *Indus. Alimentari* XXXII: 725-731.
- Díaz, M. I.** 2003a. Rescate del Colonche y elaboración de vino de tuna. p. 256-259. In: Memorias. IX Congreso Nacional y VII Congreso Internacional sobre Conocimiento y Aprovechamiento del Nopal, Zacatecas. México.
- Díaz, M. I.** 2003b. Estudios de diversos tratamientos para optimizar el colonche y el vino de tuna. p. 260-263. In: Memorias. IX Congreso Nacional y VII Congreso Internacional sobre Conocimiento y Aprovechamiento del Nopal, Zacatecas. México.
- Domínguez, A.** 1995. Revisión: Empleo de los frutos y de los cladodios de la chumbera (*Opuntia* spp.) en la alimentación humana. *Food Sci. Technol. Intern.* 1:65-74.
- El Kossori, R.L., Villaume, C., El Boustanti, E., Sauvaire y Mejean, L.** 1998. Composition of pulp, skin and seeds of prickly pear fruit (*Opuntia ficus-indica* sp.). *Plant Foods Hum. Nutr.* 52:263-270.
- Enachescu, M.** 1995. Fruit and vegetable processing. FAO Agricultural Services Bulletin, 119. Roma.
- Espinosa, S.** 2002. Estudio de algunas características físicas de hidrocoloides provenientes de semilla de algarrobo (*Prosopis chilensis* (Mol.) Stuntz) y de cladodios de nopal (*Opuntia ficus-indica* (L.) Mill). Tesis para optar al Grado de Magíster en Ciencias Agropecuarias. Facultad de Ciencias Agronómicas y Forestales. Universidad de Chile. Santiago.
- Ewaidah, E. H. y Hassan, B. H.** 1992. Prickly pear sheets: a new fruit product. *Int. J. Food Sci. Technol.* 27:353-358.
- FADINAP.** 2005. Fertilizer price trends. http://www.fadinap.org/int_prices/index.html
- Fallik, E.** 2004. Prestorage hot water treatments (inmersion, rinsing and brushing). *Post. Biol. Technol.* 32:125-134.
- FAO.** 2000. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. 22^a Conferencia Regional de la FAO para Europa. Oporto, Portugal.
- FAO.** 2003. Mejoramiento de la calidad e inocuidad de las frutas y hortalizas frescas: un enfoque práctico. Manual para multiplicadores. Roma.
- FAO/OMS Comité Mixto de Expertos en Aditivos Alimentarios (JECFA).** 2000. Base de datos sobre aditivos alimentarios (con excepción de los utilizados como aromatizantes). <http://www.codexalimentarius.net/web/jecfa.jsp>
- FAO/OMS.** 2004. *Códex Alimentarius*. FAO-OMS. <http://www.codexalimentarius.net>

- FAO/OMS. 2003. *Códex Alimentarius*. FAO-OMS. CAC/RCP 1- 1969, Rev 4, 2003.
- FAO/OMS. 1993. Worldwide Codex Standard for Nopal. Codex Stan 185-1993. *Codex Alimentarius*. Volume Five B. Tropical Fresh Fruits and Vegetables. Food and Agriculture Organization of the United Nations. World Health Organization. Roma.
- Farías C. 2003. Estabilidad de las betalaínas de tuna púrpura (*Opuntia ficus-indica*). Memoria de Título. Facultad de Ciencias Agronómicas y Forestales, Universidad de Chile. Santiago.
- FDA 2000. Cochineal extract and carmine. Listing of Color Additives Exempt From Certification. Chapter I. Department of Health and Human Services. Food and Drug Administration. http://www.access.gpo.gov/nara/cfr/waisidx_99/21cfr73_99.html
- Fellows, P. 1997. Guidelines for small-scale fruit and vegetable processors. *FAO Agricultural Services Bulletin*, 127. Roma.
- Fellows, P., Axtell, B. y Dillon, M. 1995. Quality assurance for small-scale rural food industries. *FAO Agricultural Services Bulletin*, 117. Roma.
- Fernández-López, J. A., Castellar, R., Obón, J. M. y Almela, L. 2002. Screening and Mass-Spectral Confirmation of Betalains in Cactus Pears. *Chromatogr.* 56:591-595.
- Flores, A. 1992. Producción de vino y aguardiente de tuna, alternativa en el aprovechamiento del nopal. *Ciencia y Desarrollo* 17:56-68.
- Flores-Valdez, C. A. 1999. Producción, industrialización y comercialización de Nopalitos. pp. 97-105. In: Barbera, G., Inglesi, P y Pimienta-Barrios, E, eds. Agroecología, Cultivo y Usos del nopal. *Estudio FAO Producción y Protección Vegetal*, 132. Roma.
- Flores-Valdez, C. 2003. Importancia del nopal. pp. 1-18. In: C. A. Flores Valdez, ed. Nopalitos y tunas, producción, comercialización, poscosecha e industrialización. 1^a Ed. Universidad Autónoma Chapingo, CIESTAAM. México.
- Flores-Flores, V. 2004. Situación del Nopal en el Perú. Simposio: Importancia del Nopal en el mundo. pp. 1-15. In: Memorias. X Congreso Nacional y VIII Internacional sobre Conocimiento y Aprovechamiento del Nopal. Chapingo, México.
- Flores, H. A., Murillo, M., Borrego, F., y Rodríguez, J. L. 1995. Variación de la composición química de estratos de la planta de 20 variedades de nopal. p. 110-115. In: Memorias. VI Congreso Nacional y IV Internacional sobre Conocimiento y Aprovechamiento del nopal. Guadalajara, México.
- Flores, C., de Luna, J. M. y Ramírez, P. P. 1995. Mercado Mundial del Nopalito. ASERCA-UACH-CIESTAAM. Chapingo, México.
- Flores-Flores, V. y Tekelenburg, A. 1999. Producción de colorante Dacti (*Dactylopius coccus* Costa). p. 174-193. In: Barbera, G., Inglesi, P. y Pimienta, E. eds. Agroecología, cultivo y usos del nopal. *Estudio FAO Producción y Protección Vegetal*, 132. Roma.
- Flores-Hernández, A., Orona-Castillo, I., Murillo-Amador, B., García-Hernández, J. L. y Troyo-Dieguez, E. 2004. Yield and physiological traits of prickly pear cactus «nopal» (*Opuntia* spp.) cultivars under drip irrigation. *Agric. Water Manag.* 70:97-107.
- Fontanot, M. 1999. Elaboración de galletas de avena con adición de harina de nopal rica en fibra dietética. Tesis para optar al Grado de Magíster en Ciencias Agropecuarias. Facultad de Ciencias Agronómicas. Universidad de Chile. Santiago.
- Frati-Munari, A., Vera Lastras, O. y Ariza Andracá, C.R. 1992. Evaluación de cápsulas de nopal en *Diabetes Mellitus*. *Gaceta Médica de México*. 128 (4): 431-436.
- Fuentes, R. J. 2000. Report of the first mission (Consultancy on forage production and animal feeding). Eritrea, July-August, 2000. Project FAO/TCP/ERI/2802(A) – Cactus pear (*Opuntia* spp.) production and utilization. FAO, Roma.
- Galati, E. M., Pergolizzi, N., Monforte, M. T. y Tripodo, M. M. 2002. Study on the increment of the production of gastric mucus in rats treated with *Opuntia ficus-indica* (L.) Mill. Cladodes. *J. Ethnopharmacol.* 83: 229-233.
- Galati E.M., Mondello R., Giuffrida D., Dugo G., Miceli N., Pergolizzi S., Taviano M.F. 2003. Chemical characterization and biological effects of Sicilian *Opuntia ficus-indica* (L.) Mill. Fruit juice: Antioxidant and Antiulcerogenic Activity. *J. Agric. Food Chem.* 51: 4903-4908.

- Galletti, L., Berger, H. y Castillo, R.** 1997. Comportamiento de tunas en condiciones de atmósfera controlada. Resumen. *Simiente* 67 (3-4): 147
- García, J.** 1994. Utilización de residuos orgánicos en agricultura de alternativa: determinación de las necesidades de nitrógeno exógeno en maíz. Memoria para optar al Título de Ingeniero Agrónomo. Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, Universidad de Chile, Santiago.
- García de Cortázar, V. y Nobel, P.S.** 1992. Biomass and fruit production for the prickly pear cactus *Opuntia ficus-indica*. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 117: 558-562.
- García de Cortázar, V. y Varnero, M. T.** 1999. Producción de energía. pp. 194-200. In: Barbera, G., Inglese, P. y Pimienta, E. eds. Agroecología, cultivo y usos del nopal. *Estudio FAO Producción y Protección Vegetal* 132. Roma.
- García de Cortázar, V., Varnero, M. T., y Espinoza, M.** 2001. Effect of biofertilizer over photosynthetically active area, cladode production, and nitrogen recovery efficiency in a cactus-pear crop (*Opuntia ficus-indica*. L. Mill) on the first year after plantation. *J. Profess. Assoc. Cactus Develop.* 4: 93 – 104.
- García-Vite, F., Hernández-Fuentes, A. y Pinedo-Espinoza, J. M.** 2003. Efecto de refrigeración y película plástica en la calidad y tiempo de almacenamiento de tuna Burrona. pp. 221-225. In: Memoria IX Congreso Nacional. VII Congreso Internacional. Conocimiento y Aprovechamiento del Nopal. Zacatecas. México.
- Gardiner, D., Felker, P. y Carr, T.** 1999. Cactus extract increases water infiltration rates in two soils. *Comunn. Soil Sci. Plant Anal.* 30 (11&12): 1707-1712.
- Garti, N.** 1999. Hydrocolloids as emulsifying agents for oil-in-water emulsions. *J. Disper. Sci. Technol.* 20(1&2):327-355.
- Goleman, D.** 1999. La inteligencia emocional en la empresa. 2^a Edición, Editorial Vergara, Buenos Aires.
- Goycoolea, F. M., Cárdenas, A., Hernández, G., Lizardi, J. Álvarez, G., Soto, F. J., Valdés, M., Rinaudo, M., Milas, M. y Hernández, J.** 2000. Polisacáridos aislados del mezquite y otras plantas del desierto. pp 245-260. In: Memorias del II Simposium Internacional sobre la Utilización y Aprovechamiento de la Flora Silvestre de Zonas Áridas. Hermosillo, Sonora, México.
- Granados, D. y Castañeda, A. D.** 1996. El Nopal. 2^a Reimpresión, Ed. Trillas, México.
- Granata, G y Sidoti, A.** 2002. Survey of diseases discovered on *Opuntia ficus-indica* in producer countries. *Acta Hort.* 581:231-237.
- GRIN.** 2005. Genetic Resources Information Network.U. S. Department of Agriculture. Agricultural Research Service. <http://www.ars-grin.gov/>
- Grijspaardt-Vink, C.** 1996. Ingredients for healthy foods featured at European expo. *Food Tech.* 2: 30.
- Guevara, J.C., Yahia, E.M., y Brito de la Fuente, E.** 2001. Modified atmosphere packaging of prickly pear cactus stems (*Opuntia* spp.). *Lebensm. Wiss. Technol.* 34:445-451.
- Guevara, J.C., Yahia, E. M., Brito de la Fuente, E., y Biserka, S.P.** 2003. Effects of elevated concentrations of CO₂ in modified atmosphere packaging on the quality of prickly pear cactus stems (*Opuntia* spp.). *Postharv. Biol. Technol.* 29:167-176.
- Haile, M., Belay, T. y Zimmermann, H.** 2002. Current and potential uses of cactus in Tigray, Northern Ethiopia. *Acta Hort.* 581:75-86.
- Hammouch, H., Srhiri, A., Ajjaji, N. y Benghamouch, L.** 2004. Inhibition of iron corrosion using *Opuntia* extract. Resúmenes. 3er Congreso Nacional de la Tuna, Ben Guerir, Marruecos.
- Hegwood, D. A.** 1990. Human health discoveries with *Opuntia* sp. (prickly pear). *HortScience* 25(12):1515-1516.
- Hernández, J. B. y Serrano, G. R.** 2003. Uso del nopal en la industria de la construcción. p. 286-289. In: Memorias. IX Congreso Nacional y VII Congreso Internacional sobre Conocimiento y Aprovechamiento del Nopal, Zacatecas. México.
- Herrera, E.** 1990. Evaluación del efecto de dos desechos estabilizados anaeróbicamente sobre la producción y calidad de un cultivo de tomate en invernadero. Memoria para optar al Título

- de Ingeniero Agrónomo. Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales. Universidad de Chile. Santiago.
- Higuera, I.** 2004. Oportunidades para incrementar la calidad y competitividad de la micro, pequeña y mediana industria alimentaria p.75-86. In Cuevas, R., Masera, O. y Díaz, R., eds. Calidad y competitividad de la agroindustria rural de América Latina y el Caribe. Boletín de Servicios Agrícolas de la FAO, 153. Roma.
- Hollingsworth, P.** 1996. Food trends: diversity and choice dominate. *Food Tech.* 5: 40.
- Hunter, R. S. y Harold, R. W.** 1988. The measurement of appearance. 2nd. Edition. John Wiley & Sons, New York, Estados Unidos de América.
- Inglese, P.** 1999. Plantación y manejo de huertos. p. 82-96. In: Barbera, G., Inglese, P. y Pimienta, E. eds. Agroecología, cultivo y usos del nopal. Estudio FAO Producción y Protección Vegetal 132. Roma.
- Inglese, P.** 2000. El cultivo de la tuna. Proyecto «Frutales de zonas áridas». FAO/TCP/ARG/8821 y Depto. de Agronomía y Agroindustrias de la Universidad Nacional de Santiago del Estero. Argentina.
- Inglese, P., Giugliuzza, G. y Liguori, G.** 2004. Cactus pear fruit production: from knowledge to development. pp 89-108. In: Esparza-Frausto, G., Valdés-Cepeda, R. D. y Méndez-Gallegos, S. J. eds. El Nopal. Tópicos de actualidad. Universidad Autónoma de Chapingo. Colegio de Postgraduados. México.
- ITINTEC.** 1990. Producción de carmín a partir de la cochinilla. Instituto Nacional de Investigación Tecnológica Industrial y de Normas Técnicas. Información Tecnológica 16: 33-36. Lima.
- Jonas, A., Rosenblat, G., Krapft, D., Bitterman, W. y Neeman, I.** 1998. Cactus flower extracts may prove beneficial in benign prostatic hyperplasia due to inhibition of 5 α reductase activity, aromatase activity and lipid peroxidation. *Urol Res.* 26: 265-270.
- Joubert, E.** 1993. Processing of the fruit of five prickly pear cultivars grown in South Africa. *Int. J. Food Sci. Technol.* 28:377-387.
- Kader, A.** 1992. Postharvest biology and technology: An overview. Ch. 3. pp. 15-20. In: Postharvest Technology of Horticultural Crops. Second Edition. A.A. Kader, ed.. Division of Agriculture and Natural Resources. University of California Publication 3311.
- Kader, A.** 2000. Cactus (Prickly) Pear. Produce Facts. Recommendations for maintaining Postharvest Quality. <http://postharvest.ucdavis.edu/producefacts/index.shtml>
- Kader, A.A. y Rolle, R.S.** 2004. The role of post-harvest management in assuring the quality and safety of horticultural produce. *FAO Agricultural Services Bulletin* 152. Roma.
- Karababa, E., Coskuner, Y. y Asay, S.** 2004. Some physical fruit properties of cactus pear (*Opuntia* spp.) that grow wild in the Eastern Mediterranean region of Turkey. *J. Profess. Assoc. Cactus Develop.* 6: 1-8.
- Kuti, J. O.** 1992. Growth and compositional changes during the development of prickly pear fruit. *J. Hort. Sci.* 67: 861-868.
- Kuti, J. O. y Galloway, C. M.** 1994. Sugar composition and invertase activity in prickly pear. *J. Food Sci.* 59(2):387-393.
- Kuti O.** 2004. Antioxidant compounds from four *Opuntia* cactus pear fruit varieties. *Food Chem.* 85 (4): 527-533.
- Lecaros, M.** 1997. Caracterización de harina de cladodio de nopal (*Opuntia ficus-indica*). Memoria para optar al Título de Ingeniero Agrónomo. Facultad de Ciencias Agronómicas y Forestales. Universidad de Chile. Santiago.
- Lee, K., Park, I. y Lee, D.** 1996. Modified atmosphere packaging of a mixed prepared vegetables salad dish. *J. Food Sci. Technol.* 31:7-13.
- Lee G. C., Kim H. R. y Jang Y.S.** 2002. Antioxidant property of an ethanol extract of the stem of *Opuntia ficus-indica* var. *Saboten*. *J. Agric. Food Chem.* 50, 6490-6496.
- López, E.** 2000. Utilización de productos naturales en la clarificación de aguas para consumo humano. Tesis de Maestría, Facultad de Ingeniería Química. ISPJAE. Universidad de la Habana. La Habana.

- López, M. y Moreno, J. 1994. IV Gama en España. Hortofruticultura 3:33-35.
- López, J. J., Fuentes, J. y Rodríguez, A. 1997. Industrialización de la tuna cardona (*Opuntia streptacantha*). *J. Profess. Assoc. Cactus Develop.* 2: 169-175.
- Loro, J. F., Del Río, I. y Pérez-Santana, L. 1999. Preliminary studies of analgesic and anti-inflammatory properties of *Opuntia dillenii* aqueous extract. *J. Ethnopharmacol.* 61:213-218.
- Lurie, S. 1998a. Postharvest heat treatments of horticultural crops. *Post. Biol. Technol.* 14(3): 257-269.
- Lurie, S. 1998b. Postharvest heat treatments. *Post. Biol. Technol.* 14(3):257-269.
- Maataoui, S. 2002. Contribution à l'étude de la composition physico-chimique de la stabilité des pigments et de la variabilité génétique chez le figuier de barbarie (*Opuntia ficus-indica* L.) Memoire. Université Hassan Premier, Faculté des Sciences et Techniques. Stettat, Marruecos.
- Martínez-Soto, G., Fernández-Montes M. R. y Cabrera-Sixto, J. M. 1999. Evaluación de la vida de anaquel de tuna (*Opuntia ficus-indica*). pp. 26-27. In: Memoria VIII Congreso Nacional y VI Internacional sobre conocimiento y aprovechamiento de el nopal. San Luis Potosí, México.
- Mayorga, M. C., Urbiola, M. C., Suárez, R y Escamilla, S. H. M. 1990. Estudio agronómico de xoconostle *Opuntia* spp. en la zona semiárida del Estado de Querétaro. In: López J. J. y Ayala, M. J. S. eds. pp. 239-245. Memoria. 3^a Reunión Nacional 1^a Reunión Internacional sobre Conocimiento y Aprovechamiento del nopal. Ed. Universidad Autónoma Agraria «Antonio Narro», Saltillo, Coahuila, México.
- McConn M., Nakata A. 2004. Oxalate reduces calcium availability in the pads of prickly pear cactus through formation of calcium oxalate crystals. *J. Agric. Food Chem.* 52, 1371-1374.
- Medina-Torres, L., Brito-De la Fuente, E., Torrestiana-Sánchez, B. y Katthain, R. 2000. Rheological properties of the mucilage gum (*Opuntia ficus-indica*). *Food Hydrocoll.* 14: 417-424.
- Medina-Torres, L., Brito-De la Fuente, E., Torrestiana-Sánchez, B. y Alonso, S. 2003. Mechanical properties of gels formed by mixtures of mucilage gum (*Opuntia ficus-indica*) and carrageenans. *Carbohydr. Polym.* 52:143-150.
- Merin, U., Gagel, S., Popel, G., Bernstein, S. y Rosenthal, I. 1987. Thermal degradation kinetics of prickly-pear-fruit red pigment. *J. Food Sci.* 52:485-486.
- Mick, R.J. 1991. Growing variety 1308 for year around nopalito production. pp. 32-34. In: P. Felker, ed. 2nd. Annual Texas Prickly Pear Council Convention Proceedings. McAllen, Texas, Estados Unidos de América.
- Mitchell, F. G. 1992. Cooling horticultural commodities. Cap. 8. pp. 53-68. In: Postharvest Technology of Horticultural Crops. Second Edition. A.A. Kader, ed. Division of Agriculture and Natural Resources. University of California Publication 3311.
- Mohamed-Yasseen, Y., Barringer, S.A. y Splittstoesser W.E. 1996. A note on uses of *Opuntia* spp. in Central/North America. *J. Arid Environ.* 32: 347-353
- Mondragón-Jacobo, C. y Pérez-González, S. 2001. Cactus (*Opuntia* spp.) as forage. FAO Plant Production and Protection Paper 169. Roma.
- Mondragón-Jacobo, C. 2004. Mejoramiento genético del nopal: avances al 2003 y perspectivas. p. 49-71. In: El nopal, tópicos de actualidad. Ed. Esparza, G., Valdés R. D. y Méndez, S.. Universidad Autónoma de Chapingo, México.
- Montefiori, D. 1990. Ricerche sull'estrazione, la stabilità e l'impiego dei pigmenti del fico d'India sanguigno. Tesi di Laurea. Università degli Studi di Milano. Italia.
- Montoya, L. C. Sepúlveda, E. Sáenz, C. y Robles, L. 2001 Cactus cladodes (*Opuntia ficus-indica*) cultivated in Chile: a potential source for a brined product. p. 57. In: Book of Abstracts 2001 IFT Annual Meeting. New Orleans, Louisiana, Estados Unidos de América.
- Mulas, M y D'hallewin, G. 1997. Fruit quality of four cactus pear (*Opuntia ficus-indica* Mill.) cultivars as influenced by irrigation. *Acta Hort.* 438: 115-121.
- Muñoz de Chávez, M., Chávez, A., Valles, V. y Roldán, J. A. 1995. The nopal: a plant of manifold qualities. *World Rev. Nutr. Diet.* 77:109-134.

- Murillo-Soto, M.M.** 2003. Reporte de la Primera Misión de Consultoría (utilización de cactus para consumo humano) Eritrea. Julio -Agosto, 2003. Proyecto FAO/TCP/ERI/2802 (A) - Cactus Pear (*Opuntia* spp.) Production and Utilization. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Roma.
- Mustin, M.** 1987. Le compost, gestion de la matière organique. Ed. Francois Dubusc, 954 pp. Paris.
- Nefzaoui, A. y Ben Salem, H.** 2001. *Opuntia* - A strategic fodder and efficient tool to combat desertification in the Wana region. pp. 73-89 In: Cactus (*Opuntia* spp.) as forage. Mondragón-Jacobo, C. y Pérez-González, S. eds. FAO Plant Production and Protection Paper 169. Roma.
- Nelson, A.** 2001. High-fiber ingredients. Eagan Press Handbook Series. Eagan Press St. Paul, Minnesota. Estados Unidos de América.
- Nerd, A. y Mizrahi, Y.** 1999. Biología Reproductiva. Pp. 51-60. In: Agroecología, cultivo y usos del nopal. Estudio FAO Producción y Protección Vegetal 132. Roma.
- Nerd, A., Dumotier, M. y Mizrahi, Y.** 1997. Properties and postharvest behavior of the vegetable cactus *Nopalea cochenillifera*. *Postharv. Biol. Technol.* 10:135-143.
- Nieddu, G., De Pau, L., Schirra, M. y D'hallewin G.** 1997. Chemical composition of fruit and seeds of cactus pears during early and late-induced crop ripening. *Acta Hort.* 438: 105-111.
- Nobel, P. S.** 1998. Los incomparables ágaves y cactus. Ed. Trillas. México.
- Nobel, P. S.** 1999. Biología ambiental. pp. 37-50. In: Barbera, G., Inglese, P. y Pimienta, Eds. Agroecología, cultivo y usos del nopal. Estudio FAO Producción y Protección Vegetal, 132. Roma.
- Nobel, P., Cavelier, J. y Andrade, J. L.** 1992. Mucilage in cacti: its apoplastic capacitance, associated solutes, and influence on tissue water relations. *J. Experim. Botany* 43 (250): 641 - 648.
- Nobel, P. S. y Bobich, E.G.** 2002. Environmental Biology. pp. 57-74. In: Nobel, P. S. ed. Cacti, Biology and uses. Ed. University of California Press. Los Angeles, California, Estados Unidos de América.
- Ochoa, J.** 1995. Development of the cactus pear industry in Argentina and possibilities for export to the United States. pp. 23-26. In: Proceedings Professional Association for cactus Development. First Annual Conference, San Antonio, Texas, Estados Unidos de América.
- Ochoa, J.** 1997a. Aspects of *Opuntia* cultivation and post-harvest handling in South America. International Workshop on Promotion of minor fruits crops: Cactus pear. University of Sassari, Sassari, Italy, and FAO. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Roma.
- Ochoa, J.** 1997b. Estado actual del nopal en la República Argentina. pp. 21-27. In: Memorias VII Congreso Nacional y V Internacional sobre Conocimiento y Aprovechamiento del Nopal. Monterrey, México.
- Ochoa, J., Degano, C., Ayrault, G y Alonso, M. E.** 1997. Evaluation of postharvest behavior in cactus pear (*Opuntia ficus-indica* L. Mill.). *Acta Hort.* 438: 115-121
- Ochoa, J.** 2003. Principales características de las distintas variedades de tuna (*Opuntia* spp.) de la República Argentina In: Inglese, P. y Nefzaoui, A. eds. Cactusnet Newsletter. FAO International Technical Cooperation Network on Cactus pear. Número especial. Roma.
- Ochoa, J. y Uhart, S.** 2004. Nitrogen availability and fruit yield generation in tuna (*Opuntia ficus-indica*): IV. Effects on fruit yield on dry matter partitioning to reproductive sinks. pp 65-76 In: Memorias. X Congreso Nacional y VIII Internacional sobre Conocimiento y Aprovechamiento del Nopal. Chapingo, México.
- Ochoa, M. J., Leguizamón, G., Ayralt, G. y Miranda, F. N.** 2004. Cold storage and shelf life *Nopalea cochenillifera* behavior evaluation of quality parameters. Pp. 156-161 In: Memorias. X Congreso Nacional y VIII Internacional sobre Conocimiento y aprovechamiento del nopal. Chapingo, México.
- ODEPA-CIREN.** 2003. Catastro Frutícola VI Región. Principales resultados. Publicación Conjunta de la Oficina de Estudios y Políticas Agrarias (ODEPA) y el Centro de Información de Recursos Naturales (CIREN), Santiago.

- Odoux, E. y Domínguez-López, A.** 1996. Le figuier de barbarie: une source industrielle de betalaines?. *Fruits* 51(1):61-78
- Orona-Castillo, I., Cueto-Wong, J.A., Murillo-Amador, B., Santamaría-César, J., Flores-Hernández, A., Valdez-Cepeda, R., García-Hernández, J. L., y Troyo-Diéguex, E.** 2004. Extracción nutrimental de nopal verdura bajo condiciones de riego por goteo. *J. Profess. Assoc. Cactus Develop.* 6: 90-101.
- Oyarce, E.** 2002. Conservación de frutos de tuna (*Opuntia ficus-indica*) con procesamiento mínimo. Tesis para optar al Grado de Magíster en Ciencias Agropecuarias. Facultad de Ciencias Agronómicas y Forestales. Universidad de Chile. Santiago.
- Parish, J. y Felker, P.** 1997. Fruit quality and production of cactus pear (*Opuntia* spp.) clones selected for increased frost hardiness. *J. Arid Environ.* 37: 123-143.
- Paull R. E. y Cheng, N. J.** 2000. Heat treatment and fruit ripening. *Post. Biol. Technol.* 21:21-37.
- Pérez, E.** 1989. Efecto de un suelo acondicionado con bioabono en el crecimiento inicial del kiwi. Memoria para optar al Título de Ingeniero Agrónomo. Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales. Universidad de Chile. Santiago.
- Pérez, J.** 1992. Anteproyecto de una planta procesadora de grana cochinilla para la obtención de sus principales derivados: extracto de cochinilla, carmín de cochinilla y ácido carmínico. Tesis profesional Ingeniero Químico. Universidad de La Salle, Escuela de Química, México.
- Pérez, M. R., Rodríguez, M. y Martínez, M. C.** 1999. Elaboración de vinagre de tuna amarilla «Naranjona» o «Pico Chulo». pp. 68-69. In: Aguirre, J. R. y Reyes, J. A. Memoria. VIII Congreso Nacional y VI Internacional sobre el Conocimiento y Aprovechamiento del Nopal. San Luis Potosí, México.
- Periago, M.J., Ros, G., López, G., Martínez, M. C., y Rincón, F.** 1993. The dietary fiber components and their physiological effects. *Revta. Esp. Cienc. Tecnol. Aliment.* 33 (3): 229-246.
- Piga, A., D'Aquino, S., Agabbio, M. y Schirra, M.** 1996. Storage life and quality attributes of cactus pears cv *Gialla* as affected by packaging. *Agricol. Mediterranea* 126:423-427
- Piga, A., Del Caro, A., Píma, I. y Agabbio, M.** 2003. Changes in acorbic acid, polyphenol content and antioxidant activity in minimally processed cactus pear. *Lebensm.-Wiss. Tecnol.* 36:257-262.
- Pimienta, E.** 1990 El nopal tunero. Universidad de Guadalajara, México.
- Pimienta, E.** 1997. El nopal en México y el mundo. In: Cactáceas, Suculentas mexicanas. CVS Publicaciones, México.
- Pimienta Barrios, E. y A. Muñoz-Urías.** 1999. Domesticación de nopal tunero (*Opuntia* spp.) y descripción de las principales variedades cultivadas. pp. 61-67. In: Barbera, G., Inglese, P y Pimienta Barrios, E.. Agroecología, cultivo y usos del nopal. Estudio FAO Producción y Protección Vegetal 132. Roma.
- Portillo, L.** 1995. Los hospederos de las cochinillas del carmín (*Dactylopius* spp.) y algunas consideraciones sobre su aprovechamiento. Pp. 62-65. In: VI Congreso Nacional y IV Congreso Internacional sobre Conocimiento y Aprovechamiento del Nopal. Jalisco, México.
- Ramayo, R., L., Saucedo, V. C., y Lakshminarayana, S.** 1978. Prolongación de la vida de almacenamiento del nopal hortaliza (*Opuntia inermis* Coulter) por refrigeración. Chapino, Nueva Época 10: 30-32. México.
- Ramsey, J. E.** 1999. Evaluación del comportamiento del adobe estabilizado con cal y goma de tuna. Tesis para optar al Título de Ingeniero Agrícola. Universidad Nacional Agraria. La Molina. Lima..
- Rees, J.A.G y Bettison, J.** 1994. Procesado térmico y envasado de los alimentos. Ed. Acribia, S. A. Zaragoza, España.
- Rodríguez, S., Orphee, C., Macías, S., Generoso, S. y Gomes García, L.** 1996. Tuna: Propiedades físico-químicas de dos variedades. *Aliment. Latinoamer.* 210: 34-37.

- Rodríguez, D.** 1999. Desarrollo de una bebida pasteurizada a base de nopal. pp. 75-76. *In:* Aguirre, J. R., Reyes, J. A. Memoria. VIII Congreso Nacional y VI Internacional sobre el Conocimiento y Aprovechamiento del Nopal. San Luis Potosí, México.
- Rodríguez-Félix, A.** 1986. Cambios químicos y fisiológicos durante el desarrollo de cladodios (Nopalitos) de 3 especies de *Opuntia*. Tesis de Maestría. Departamento de Nutrición y Alimentos. Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A.C. Hermosillo, Sonora, México.
- Rodríguez-Félix, A. y Cantwell, M.** 1988. Developmental changes in composition and quality of prickly pear cactus cladodes (nopalitos). *Plant Foods Hum. Nutr.* 38: 83-93.
- Rodríguez-Félix, A., y Soto-Valdez, H.** 1992. Quality changes of diced nopal during storage in polyethylene bags. pp. 22-25. *In:* Felker, P y Moss, J, eds. 3rd. Annual Texas Prickly Pear Council Convention Proceedings. Kingsville, Texas. Estados Unidos de América
- Rodríguez-Félix, A. y Villegas-Ochoa, M.** 1997. Quality of cactus stems (*Opuntia ficus-indica*) during low temperature storage. *J. Profess. Assoc. Cactus Develop.* 2: 142-151.
- Rodríguez-Félix, A.** 2002. Postharvest physiology and technology of cactus pear fruits and cactus leaves. *Acta Hort.* 581: 191-199.
- Rualeas, J. y Zumba, J.** 1998. Cuantificación y caracterización de fibra dietética en frutas y hortalizas ecuatorianas. pp. 55-59. *In:* Lajolo F. M. y Wenzel de Menezes, E. eds. Temas en Tecnología de alimentos. Vol. 2. Fibra Dietética. CYTED. Dirección de Publicaciones y Materiales Educativos, Instituto Politécnico Nacional. México.
- Ruiz-Cabrera, M. A., Rodríguez-Hernández, G. R., Grajales-Lagunes, A., Abud-Archila, M. y González-García, F.** 2004. Spray drying: An alternative for cactus pear juice (*Opuntia streptacantha*). *In:* p. 17H-8. Book of Abstracts 2004. IFT Annual Meeting, Las Vegas. Estados Unidos de América.
- Russel, C. y Felker, P.** 1987. The prickly-pears (*Opuntia* spp., Cactaceae): A source of human and animal food in semiarid regions. *Econ. Bot.* 41:433-445.
- Rutamu, I.** 1999. Low cost biodigesters for zero grazing smallholder dairy farmers in Tanzania. Livestock Research for Rural Development (11) 2 1999. <http://www.cipav.org.co/lrrd/lrrd11/2/inno112.htm>. Consultado el 10-marzo-2005.
- Sáenz, C.** 1996. Foods products from cladodes and cactus pear. *J. Profess. Assoc. Cactus Develop.* 1: 89-97.
- Sáenz, C.** 1997. Cactus cladodes: a source of dietary fiber. *J. Profess. Assoc. Cactus Develop.* 2: 117-123.
- Sáenz, C.** 1998. Nopal and cactus pear processing alternatives. p. 33-40. *In:* Sáenz, C. ed. Proceedings International Symposium «Cactus pear and nopalitos processing and uses». Universidad de Chile-FAO, Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Santiago.
- Sáenz, C.** 1999. Elaboración de alimentos y obtención de subproductos. pp. 144-150. *In:* Barbera, G., Inglese, P. y Pimienta, E. eds. Agroecología, cultivo y usos del nopal. Estudio FAO Producción y Protección Vegetal, 132. Roma.
- Sáenz C.** 2000. Processing technologies: an alternative for cactus pear (*Opuntia* spp) fruits and cladodes. *J. Arid Environ.* 46:209-225.
- Sáenz, C.** 2004. Compuestos funcionales y alimentos derivados de *Opuntia* spp. p. 211-222. *In:* Esparza, G., Valdez, R. y Méndez, S. eds. El Nopal, Tópicos de actualidad. Universidad Autónoma de Chapingo, México.
- Sáenz, C. y Sepúlveda, E.** 1993. Alternativas de industrialización de la tuna (*Opuntia ficus-indica*). *Alimentos* 18 (3):29-32.
- Sáenz, C. y Sepúlveda, E.** 1999. Physical, chemical and sensory characteristics of juices from pomegranate and purple cactus pear fruit. pp. 91-100. *In: Annals of the 22nd IFU Symposium*, París.
- Sáenz, C. y Montoya, L. C.** 1999. Nopalitos: nueva hortaliza para Chile. *El Campesino*. Vol. CXXX (6): 4 - 7.
- Sáenz, C. y Gasque, F.** 1999. Jugos y néctares: Legislación y estándares de calidad. 2 (7):12-15.

- Sáenz, C. y Sepúlveda, E. 2001a. Ecotipos coloreados de tuna (*Opuntia ficus-indica*). ACONEX 72:29-32.
- Sáenz, C. y Sepúlveda, E. 2001b. Cactus-pear juices. *J. Profess. Assoc. Cactus Develop.* 4 : 3-11.
- Sáenz, C., Sepúlveda, E. y Araya, E. 1988. Ensayos preliminares de obtención de tuna (*Opuntia ficus-indica*) congelada. Resúmenes: VI Seminario Latinoamericano de Ciencia y Tecnología de Alimentos. Santafé de Bogotá.
- Sáenz, C., Sepúlveda, E., Araya, E. y Calvo, C. 1993. Colour changes in concentrated juices of prickly pear (*Opuntia ficus-indica*) during storage at different temperatures. *Lebens. Wiss. Technol.* 26, 417- 421.
- Sáenz, C., Sepúlveda, E. y Moreno, M. 1995a. Características tecnológicas de pulpa de tuna roja. p. 159. In: Resúmenes: XI Congreso Nacional de Ciencia y Tecnología de Alimentos. Viña del Mar, Chile.
- Sáenz, C., Sepúlveda, E. y Moreno, M. 1995b. Estudio de formulaciones para la obtención de mermelada de nopal (*Opuntia ficus-indica*). XI Congreso Nacional de Ciencia y Tecnología de Alimentos. Viña del Mar, Chile.
- Sáenz, C., Sepúlveda, E., Calvo, C. y Costell, E. 1997a. Influencia del pH y la temperatura sobre los parámetros de color de jugo de tuna púrpura. pp. 10-54. In: Resúmenes. X Seminario Latinoamericano y del Caribe de Ciencia y Tecnología de Alimentos. Buenos Aires.
- Sáenz, C., Mecklenburg, P., Estévez, A. M. y Sepúlveda, E. 1997b. Natural liquid sweetener from cactus pear: obtention and characteristics. *Acta Hort.* 438: 135-138.
- Sáenz, C., Arriagada, S., Fizsman, S. y Calvo, C. 1997c. Influence of pH and contents of carrageenan during the storage of cactus pear gels. *Acta Hort* 438 : 131-134.
- Sáenz, C., Pak, N., Sepúlveda, E. y Lecaros, M. 1997d. Caracterización de harina de cladodio de nopal. pp: 302-303. In: Memorias del VII Congreso Nacional y V Internacional sobre Conocimiento y Aprovechamiento del Nopal. Monterrey, México.
- Sáenz, C., Estévez, A. M., Sepúlveda, E. y Mecklenburg, P. 1998. Cactus pear fruit: a new source for natural sweetener. *Plant Foods Hum. Nutr.* 52:141-149.
- Sáenz, C., Sepúlveda, E., Albornoz, N. y Pak, N. 1999. Vegetal soup cladodes (*Opuntia ficus-indica*) with cactus dietary fiber addition. 10th Word Congress on Food Science and Technology. Sidney, Australia.
- Sáenz, C., Rodríguez-Félix, A., Sepúlveda, E. y Montoya, L. C. 2000. Informe Proyecto «Innovación de Tecnologías en el procesamiento de nopal y tuna». Universidad de Chile-Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A.C. Convenio CONICYT (Chile)-CONACYT (México).
- Sáenz, C., Corrales, J. y Aquino, G. 2002a. Nopalitos, mucilage, fiber and cochineal. pp. 211-234. In: P.S. Nobel (ed.) *Cacti: Biology and uses*. University of California, Los Angeles. Estados Unidos de América.
- Sáenz, C., Sepúlveda, E., Pak, N. y Vallejos, X. 2002b. Uso de fibra dietética de nopal en la formulación de un polvo para flan. *Arch. Latinoam. Nutr.* 52 (4): 387-392.
- Sáenz, C., Estévez, A. M., Fontanot, M. y Pak, N. 2002c. Oatmeal cookies enriched with cactus pear flour as dietary fiber source: physical and chemical characteristics. *Acta Hort.* 275-278.
- Sáenz C., Sepúlveda E. y Matsuhiro, B. 2004a. *Opuntia* spp. mucilage's: a functional component with perspectives. *J. Arid Environ.* 57 (3): 275-290.
- Sáenz, C., Garrido, J. y Carvallo, M. 2004b. Colorantes naturales derivados de la cochinilla (*Dactylopius coccus* Costa). *Aliment. Latinoamer.* 251: 56-62.
- SAERT. 1994. Cactus as supplementary food and forage support component of SAERT. Volume VII prepared by UNDP, ECA/FAO. The Regional Government of Tigray and TDA.
- SAGARPA. 2004. Sistema de Información Agropecuaria de Consulta. Sistema Integral de Información Agroalimentaria y Pesquera. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. México.
- Sánchez, A., Jiménez, E. y Zárate, M. S. 1990. Desarrollo de una mermelada de nopal adicionada de fruta. p. 291-297. In: Memorias. III Congreso Nacional y I Congreso Internacional sobre Conocimiento y Aprovechamiento del Nopal, Saltillo. México.

- Sánchez-Monge, E.** 1991. Flora Agrícola. Tomo I/II. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Madrid. España.
- Sawaya, W. N. y Khan, P.** 1982. Chemical characterization of prickly pear seed oil, *Opuntia ficus-indica*. *J. Food Sci.* 47:2060-2061.
- Sawaya, W. N., Khatchadourian, H. A., Safi, W. M. y Al-Hammad, H. M.** 1983. Chemical characterization of prickly pear pulp, *Opuntia ficus-indica*, and the manufacturing of prickly pear jam. *J. Food Technol.* 18:183-193.
- Scheinvar, L.** 1999. Taxonomía de las *Opuntias* utilizadas. pp. 21-28. In: Agroecología, cultivo y usos del nopal. Estudio FAO Producción y Protección Vegetal N° 132. Roma.
- Schirra, M., Barbera, G., D'Aquino, S., La Mantia, T. y Mc Donald, R. E.** 1996. Hot dips and high-temperature conditioning to improve shelf quality of late-crop cactus pear fruit. *Tropical Sci.* 36: 159-165
- Schirra, M., Barbera, G., D'hallewin, G., Inglese, P. y La Mantia, T.** 1997a. Storage response of cactus pear fruit to CaCl₂ preharvest spray and postharvest heat treatment. *J. Hort. Sci.* 72(3):371-377.
- Schirra, M., Agabbi, M., D'Aquino, S. y Mc Collum, T. J.** 1997b. Postharvest heat conditioning effects on early ripening *Gialla* cactus pear fruit. *HortSci.* 32(4):702-704.
- Schirra, M., Inglese, P. y La Mantia, T.** 1999. Quality of cactus pear (*Opuntia ficus-indica* (L.) Mill.) fruit in relation to ripening time, CaCl₂ preharvest spray and storage conditions. *Scientia Hort.* 81:425-436.
- Schirra, M., D'hallewin, G., Ben-Yesoshua, S., y Fallik, E.** 2000. Host-pathogen interactions modulated by heat treatment. *Post. Biol. Technol.* 21:71-85.
- Schmidt-Hebbel, H., Pennacchiotti, I. Masson, L. y Mella, M. A.** 1990. Tabla de composición química de alimentos chilenos. (8^a Ed). Facultad de Ciencias Químicas y Farmacéuticas, Universidad de Chile. Santiago.
- Selmi, S., Khalfaoui, A. y Chouki, S.** 2002. Cactus in Zelfene (Tunisia): An alternative for Rural development. *Cactusnet Newsletter* 6:5-9.
- Sepúlveda, E. y Sáenz, C.** 1988. Industrialización de la tuna (*Opuntia ficus-indica*). I. Aceite de la semilla. *Alimentos* 13:35-38.
- Sepúlveda, E. y Sáenz, C.** 1990. Chemical and physical characteristics of prickly pear (*Opuntia ficus-indica*) pulp. *Rev. Agroquim. Tecnol. Aliment.* 30:551-555.
- Sepúlveda, E. y Sáenz, C.** 1999. Tuna anaranjada cultivada en Chile: caracterización del fruto y de la pulpa. pp. 8-9. In: VIII Congreso Nacional y VI Internacional sobre Conocimiento y Aprovechamiento del Nopal. San Luis Potosí, México.
- Sepúlveda, E., Sáenz, C. y Moreno, M.** 1995. Obtención y caracterización de harina de nopal (*Opuntia ficus-indica* (L.) Miller). p 28-31. In: VI Congreso Nacional y IV Congreso Internacional sobre Conocimiento y Aprovechamiento del Nopal. Jalisco, México.
- Sepúlveda, E., Sáenz, C. y Álvarez, M.** 2000. Physical, chemical and sensory characteristics of dried fruit sheets: cactus pear (*Opuntia ficus-indica* (L.) Mill) and quince (*Cydonia oblonga* mill). *Italian Journal of Food Science* 12(1): 47-54.
- Sepúlveda, E., Sáenz, C., y Gómez, C.** 2003a. Determinación de betanina en ecotipos de tuna roja colectados en Chile. pp. 282-285. In: Memoria IX Congreso Nacional y VII Internacional sobre Conocimiento y Aprovechamiento del Nopal. Zacatecas, México.
- Sepúlveda, E., Sáenz, C. y Vallejos, M. I.** 2003b. Comportamiento reológico de néctar elaborado con hidrocoloide de nopal: efecto del tratamiento térmico. pp 269-272. In: Memorias. IX Congreso Nacional y VII Congreso Internacional sobre Conocimiento y Aprovechamiento del Nopal. Zacatecas. México.
- Sepúlveda, E., Abraján, M. y Sáenz, C.** 2003c. Estudios preliminares de elaboración de láminas deshidratadas de ecotipos coloreados de tuna. pp. 278-281. In: Memorias. IX Congreso Nacional y VII Congreso Internacional sobre Conocimiento y Aprovechamiento del Nopal. Zacatecas. México.
- Shepherd, A. W.** 2003. Estudio de Mercados Agroindustriales. Guía de extensión en comercialización 3. FAO. Roma.

- Shewfelt, R. L.** 1986. Postharvest treatment for extending the shelf life of fruits and vegetables. *Food Technol.* 40(5):70-78.
- Silos-Espino, H., Fabián-Morales, L., Osuna-Castro, J. A., Valverde, M. E., Guvar-Lara, F. y Paredes-López O.** 2003. Chemical and biochemical changes in prickly pears with different ripening behaviour. *Nahrung* 47 (5): 334-338.
- Singh, G.** 2003. General review of *Opuntia* in India. *J. Profess. Assoc. Cactus Develop.* 30-46.
- Singh, G.** 2004. An overview of cactus research and development in India. pp. 1-2. Simposio Importancia del Nopal en el mundo. pp. 1-15. In: Memorias. X Congreso Nacional y VIII Internacional sobre Conocimiento y Aprovechamiento del Nopal. Chapingo, México.
- Sloan, E.** 1994. Top ten trends to watch and work on. *Food Tech.* 7: 89-100.
- Sloan, E.** 2000. The Top Ten Functional Food. *Food Tech.* 54 (4):33-62.
- Spiller, G.** 1992. Definition of dietary fiber. pp. 15-18. In: Dietary Fiber in Human Nutrition. Ed. by Gene A. Spiller. CRC Handbook. 2nd Ed. Boca Ratón, Florida, Estados Unidos de América.
- Stintzing, F., Schieber, A. y Carle, R.** 1999. Amino acid composition and betaxanthin formation in fruits from *Opuntia ficus-indica*. *Planta Med.* 65: 632-635.
- Stintzing, F.C., Schieber, A., y Carle, R.** 2001. Phytochemical and nutritional significance of cactus pear. *European Food Res. Technol.* 212: 396-407.
- Stintzing, F. C y Carle, R.** 2005. Cactus items (*Opuntia* spp.): A review on their chemistry, technology and uses. *Mol. Nutr. Food Res.* 49:175-194.
- Sudzuki, F.** 1999. Anatomía y morfología. pp. 29-36. In: Barbera, G., Inglese, P. y Pimienta, E., eds. Agroecología, cultivo y usos del nopal. *Estudio FAO Producción y Protección Vegetal*, 132. Roma.
- Sudzuki, F., Muñoz, C y Berger, H.** 1993. El cultivo de la tuna (Cactus Pear). Departamento de Reproducción Agrícola. Universidad de Chile.
- Swart, W. J y Swart, V. R.** 2003. An overview of research on diseases of cactus pear in South Africa. *J. Profess. Assoc. Cactus Develop.* 115-120.
- Szarek, S.R. y Ting, I.P.** 1974. Respiration and gas exchange in stem tissue of *Opuntia basilaris*. *Plant Physiol.* 54: 829-834.
- Tegegne, F.** 2002. Fodder potential of *Opuntia ficus-indica*. *Acta Hort.* 581: 343-345.
- Tegegne, F. Mondragón, C., Meles, K., Peters, K. J., y Kijora, C.** 2004. Cactus pear (*Opuntia ficus-indica*): A strategic crop in combating food insecurity and desertification in Tigray, northern Ethiopia. p. 7. In: Memorias. X Congreso Nacional y VIII Internacional sobre Conocimiento y Aprovechamiento del Nopal (Mesa 11: Manejo de nopaleras silvestres y uso del nopal contra la desertificación). Chapingo, México.
- Thomas, M.** 1998. D'Arrigo Brothers cactus pear production. Cactusnet, FAO International Cooperation Network on cactus pear. *Cactusnet Newsletter* 4: 5-7.
- Torres Acosta A. A., Martínez M. y Celis, C.** 2004. Cement-based mortar improvement from nopal and *Aloe vera* additions. 4º Foro de Investigación UDEM: Universidad de Monterrey, Monterrey, Nuevo León, México.
- Torres-Acosta, A. A., Martínez-Madrid, M., Loveday, D. C. y Silsbee, M. R.** 2005. Nopal and *Aloe vera* additions in concrete: electrochemical behavior of the reinforcing steel. Paper No. 05269. 60th Annual Conference and Exposition CORROSION/2005, NACE International, Houston, Texas. Estados Unidos de América.
- Trejo-González, A., Gabril-Ortiz, G., Puebla-Pérez, A. M., Huizar-Contreras, M. D., Munguía-Mazariegos, M. del R., Mejía-Arreguín, S. y Calva, E.** 1996. A Purified Extract From Prickly Pear Cactus (*Opuntia fuliginosa*) Controls Experimentally Induced Diabetes in Rats. *J. Ethnopharmacol.* 55:27-33.
- Uribe, J. M, Varnero, M. T y Benavides, C.** 1992. Biomasa de tuna (*Opuntia ficus-indica* L. Mill) como acelerador de la digestión anaeróbica de guano de bovino. *Simiente* 62 (1): 14 – 18.
- Uzun, I.** 1996. Fruit and cladodes isosymes in cactus pear. *Acta Hort.* 438: 53-55.
- Valeriano, A.** 1554. Nican Mopohua. Traducción de Primo Feliciano Velázquez. Ed. por Obra Nacional de la Buena Prensa, A.C. México.

- Vamos-Vigyazo, L.** 1981. Polyphenol oxidase and peroxidase in fruits and vegetables. CRC *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.* 49:127.
- Varnero, M. T.** 1991. Manual de Reciclaje Orgánico y Biogas. Ministerio de Agricultura (FIA) – Universidad de Chile. Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, Santiago.
- Varnero, M. T., Uribe, J. M. y López, X.** 1992. Factibilidad de una biodigestión anaeróbica con mezclas de guano caprino y cladodios de tuna (*Opuntia ficus-indica*. L. Mill). *Terra Aridae* 11: 166 - 172.
- Varnero, M. T. y López, X.** 1996. Efecto del tamaño y edad de cladodios de tuna en la fermentación metanogénica de guano de bovino. *Sociedad Chilena de la Ciencia del Suelo, Boletín N° 11.* 80 – 89.
- Varnero, M. T. y García de Cortázar, V.** 1998. Energy and biofertilizer production: alternative uses for pruning-waste of cactus-pear (*Opuntia ficus-indica*. L. Mill). pp. 96-102. In: C. Sáenz, ed. Proceedings. International Symposium «Cactus pear and nopalitos processing and uses». Santiago, Chile. Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, Universidad de Chile, FAO (International Technical Cooperation Network on Cactus pear. CACTUSNET-FAO). Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Roma.
- Varnero, M. T.** 2001. Sistemas de reciclaje de residuos sólidos orgánicos: biodigestores. *Rev. Chile Agric.* XXVI (250):132 – 135.
- Velásquez, E.** 1998. El nopal y su historia. Editorial Clío. México.
- Vignoni, L.; Bauzá, M. Bautista, P. y Germano, C.** 1997. Elaboración de pulpa y mermelada de tuna (*Opuntia ficus-indica*) preferencia y aceptabilidad. #10-22. In: Resúmenes. X Seminario Latinoamericano y del Caribe de Ciencia y Tecnología de Alimentos. Buenos Aires.
- Vigueras, A. L.** 2003. Reporte de la Primera Misión de Consultoría (utilización de cactus para consumo humano). Mekelle, Tigray, Etiopía. Agosto-Septiembre 2003. Proyecto FAO/TCP/ETH/2901 (A) - Cactus Pear (*Opuntia* spp.) Production and Utilization. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Roma.
- Vigueras, A. L.** 2004. *Opuntia ficus-indica* (L.) Mill. y su utilización para consumo humano: una experiencia en el norte de Tigray, Etiopía. p. 3-9. In: Memorias. X Congreso Nacional y VIII Internacional sobre Conocimiento y Aprovechamiento del Nopal (Mesa 5: Etnobiología e investigaciones biomédicas). Chapino, México.
- Vigueras, A. L. y Portillo, L.** 1992. Determinación del contenido de ácido carmínico en nueve tratamientos aplicados a *Opuntia ficus-indica* (L.) Mill. y su relación en la calidad de la grana o cochinilla. pp. 77-81. In: Actas del II Congreso Internacional de la tuna y cochinilla. Universidad de Chile. Santiago.
- Vigueras, A. L. y Portillo, M. L.** 1995. Recetario de Cocina, Cactáceas y Suculentas. Nakari, Sociedad Jaliscience de Cactología, A.C. Guadalajara, Jalisco. México.
- Vigueras, A. L. y Portillo, L.** 2004. Teñido de fibras naturales con pigmentos. Universidad de Guadalajara, Centro de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, Laboratorio de Biotecnología. Guadalajara, México.
- Viloria-Matos, A., Corbelli-Moreno, D., Moreno-Álvarez, M. y Belén, D.R.** 2002. Estabilidad de betalaínas en pulpa de tuna (*Opuntia boldinghii* Br. et R.) sometidas a un proceso de liofilización. *Rev. Fac Agron.* (LUZ) 19 (4):324-331.
- Villarreal, P.** 1997. Elaboración y caracterización de confitados de cladodio de tuna (*Opuntia ficus-indica* L. Mill.). Memoria para optar al Título de Ingeniero Agrónomo. Facultad de Ciencias Agronómicas y Forestales. Universidad de Chile. Santiago.
- Villegas y de Gante, M.** 1997. Los Nopales (*Opuntia* spp.) recursos y símbolos tradicionales en México. pp. 271-273. In: Memorias. VII Congreso Nacional y V Internacional sobre Conocimiento y Aprovechamiento del Nopal. Universidad Autónoma de Nuevo León, Monterrey, México.
- Walali-Loudyi, D.** 1998. Le Figuier de barbarie : Espèce fruitière d'intérêt secondaire cultivée au Maroc. In: A. Bamouh, ed. Bulletin réalisé à l'Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan II. Programme National de Transfert de Technologie en Agriculture (PNTTA). Marruecos.

- Wang, C.Y.** 1994. Chilling injury of tropical horticultural commodities. *HortScience* 29(9): 986-988.
- Whitaker, J.R. y Lee, C.Y.** 1995. Recent advances in chemistry of enzymatic browning. An overview. Ch. 1. Enzymatic Browning and its Prevention. C.Y. Lee y J.R. Whitaker, eds. ACS Symposium Series 600: 1-7.
- Wiese, J., McPherson, S., Odden, M., Shlipak, M.** 2004. Effect of *Opuntia ficus-indica* on symptoms of the alcohol hangover. *Arch. Intern. Med.* 164:1334-1340.
- Wiley, R. C.** 1997. Frutas y Hortalizas Mínimamente Procesadas y Refrigeradas. Editorial Acribia, S.A., Zaragoza, España.
- Yagnam, F. y Osorio, F.** 1991. Clarificación y pasteurización de jugos de tuna (*Opuntia ficus-indica*). Resúmenes: IX Congreso Nacional de Ciencia y Tecnología de Alimentos. Santiago.
- Zambrano, M. L., Hernández, A. D. y Gallardo, Y.** 1998. Caracterización fisicoquímica del nopal. p. 29-42. In: M. Lajolo y E. Wenzel de Menezes, eds. Temas en Tecnología de Alimentos. Vol. 2. Fibra Dietética. F. CYTED. Dirección de Publicaciones y Materiales Educativos, Instituto Politécnico Nacional. México.

Anexo

Sitios web de interés

INFORMACIÓN GENERAL

<http://www.fao.org>
http://www.codexalimentarius.net/web/index_en.jsp
http://www.codexalimentarius.net/web/standard_list.do?lang=es
http://europa.eu.int/comm/dgs/health_consumer/library/press/press82_en.html
<http://www.fda.gov/>
<http://www.uchile.cl>
<http://www.ciad.mx>
<http://www.chapingo.mx>

MODOS DE CONSUMO DE TUNAS Y NOPALITOS

<http://www.recipelink.com/ch/2004/june/sublimesmoke1.html>
<http://www.melborponsti.com/mel-first017.shtml>
<http://www.nativetech.org/food/index.php>
<http://www.nativetech.org/food/nopalitosandpork.html>
<http://www.nativetech.org/food/prickpear.html>
<http://www.nativetech.org/food/nopalitos.html>
<http://www.nativetech.org/food/NopalitosConArroz.html>
<http://www.nativetech.org/food/CactusSalad.html>
<http://www.nativetech.org/food/CactusPearAndRaspberrySyrup.html>
<http://www.mrscubbisons.com/castellano/receta09.htm>
<http://www.mexico-tenoch.com/comida/gastronomia/>

MAQUINARIA

<http://www.bucherguyer.ch/foodtech/e/frames/kontakt.htm>
<http://www.alfalaval.com>
http://www.bertuzzi.it/home_ita.htm
<http://www.armfield.co.uk/index.shtml>
<http://www.didacta.it/>

OTROS ENLACES

<http://www.jpacd.org>
<http://www.cochinilla.go>
<http://www.nakari.go.to/>
<http://www.publitec.com/>
<http://caucus-mall.com/events.html>

1	La planificación agrícola en las fases iniciales del desarrollo, 1969 (E F I)	24	Lista mundial de institutos que se ocupan de investigación textil, 1974 (E/F/I)
2	La planificación de las medidas para el desarrollo agrícola, 1970 (E F I)	25	El aprovechamiento de las melazas, 1977 (E F I)
3	Karakul processing, 1969 (I)	26	Tea processing, 1974 (I)
4	Pan fabricado con harinas combinadas, 1969 (E F I*)	27	Some aspects of earth moving machines as used in agriculture, 1975 (I)
5	Secado al sol de frutas y hortalizas, 1969 (E F I)	28	Mechanization of irrigated crop production, 1977 (I)
6	Elaboración de la nuez del anacardo, 1969 (E F I)	29	Non mulberry silks, 1979 (I)
7	Tecnología de la producción de la harina de semilla de algodón para uso en los alimentos proteínicos, 1974 (E F I)	30	Machinery servicing organizations, 1977 (I)
8	Elaboración de la yuca, 1971 (Nueva edición, 1977, disponible (E, F, I) en la Colección FAO: Producción y Protección Vegetal, Nº 3)	31	Rice husk conversion to energy, 1978 (I)
9	Nómina mundial de las instituciones de tecnología alimentaria, 1971 (E/F/I*)	32	Industrialización y aprovechamiento de la sangre animal, 1983 (C E I)
10	Tecnología de la producción de harinas comestibles y productos proteínicos del cacahuete (maní), 1971 (E F I)	33	Residuos agrícolas: compendio de las tecnologías, 1978 (E/F/I)
11	Tecnología de la producción de harinas comestibles y productos proteínicos a partir de la soja, 1975 (E F I)	33 Rev.	1. Residuos agrícolas: compendio de las tecnologías, 1982 (E/F/I)
12	Guía para instructores en la organización y dirección de cursos de capacitación en ingeniería agrícola, 1972 (E F I)	34	Acopio y análisis de datos relativos a la administración rural, 1977 (E F I)
12 Sup.	1. Elementos de maquinaria agrícola, Tomo 1, 1977 (E I)	35	Bibliografía de residuos agrícolas, 1978 (E/F/I)
12 Sup.	2. Elementos de maquinaria agrícola, Tomo 2, 1977 (E I)	36	China: rural processing technology, 1979 (I)
13	Elaboración de zumos de fruta, 1973 (E I)	37	Glosario ilustrado de máquinas para la elaboración del arroz, 1979 (Multil)
14	Aspectos ambientales relativos a la ordenación de los recursos naturales – agricultura y suelos, 1974 (E F I)	38	Pesticide application equipment and techniques, 1979 (I)
15	Manual on sericulture: Vol. 1 – Mulberry cultivation, 1976 (F I) Vol. 2 – Silkworm rearing, 1973 (F I) Vol. 3 – Silk reeling, 1972 (F I)	39	Elaboración de caña de azúcar en pequeña escala y aprovechamiento de los residuos, 1985 (E F I)
16	El empleo de aeronaves en la agricultura, 1972. (Nueva edición, 1974, disponible (E, F, I) en la Colección FAO: Agricultura Nº 2)	40	On farm maize drying and storage in the humid tropics, 1980 (C I)
17	El almacenamiento hermético de los cereales, 1974 (E F I)	41	La investigación sobre administración rural para el desarrollo del pequeño agricultor, 1980 (C E F I)
18	Rice testing methods and equipment, 1973 (C I)	42	China: sericulture, 1980 (I)
19	Diseño y funcionamiento de almacenes frigoríficos, 1973 (E F I)	43	Prevención de las pérdidas de alimentos en los cultivos perecederos, 1984 (E F I)
19/2	Proyecto y explotación de almacenes frigoríficos, 1985 (Ar E F I)	44	Replacement parts for agricultural machinery, 1981 (I F)
20	Processing of natural rubber, 1973 (I)	45	Agricultural mechanization in development: guidelines for strategy formulation, 1981 (F I)
21 Rev.	1. Residuos agrícolas: repertorio mundial de instituciones, 1978 (E/F/I)	46	Cultivos energéticos y cultivos alimentarios, 1981 (E F I)
21 Rev.	2. Residuos agrícolas: repertorio mundial de instituciones, 1982 (E/F/I)	47	Residuos agrícolas: bibliografía 1975 81 y encuesta cuantitativa, 1982 (E/F/I)
22	Rice milling equipment operation and maintenance, 1974 (C I)	48	Plastic greenhouses for warm climates, 1982 (I)
23	Rice drying (I**)	49	China: grain storage structures, 1982 (I)
		50	China: post harvest grain technology, 1982 (I)
		51	El intermediario comercial privado y el desarrollo rural, 1983 (E F I)
		52	Aeration of grain in subtropical climates, 1982 (I)
		53	La elaboración y almacenamiento de los cereales por las familias rurales, 1983 (E F I)
		54	Biomass energy profiles, 1983 (F I)
		55	Manejo, clasificación y utilización de la lana, 1984 (Ar E F I)
		56	Rice parboiling, 1984 (F I)
		57	Servicios de información comercial, 1986 (E F I)
		58	Marketing improvement in the developing world, 1984 (I)

59	Técnicas tradicionales de postcosecha para la conservación de los alimentos básicos perecederos de los trópicos, 1984 (E F I)	86	Estrategias para la planificación del seguro de cosechas, 1991 (E I)
60	The retting of jute, 1985 (I F)	87	Guide pour l'établissement, les opérations et la gestion des banques de céréales, 1991 (F)
61	Producer gas technology for rural applications, 1985 (F I)	88/1	La ingeniería agraria en el desarrollo - Forja básica: manual de formación, 1993 (E I)
62	Standardized designs for grain stores in hot dry climates, 1985 (F I)	88/2	La ingeniería agraria en el desarrollo - Forja intermedia: manual de formación, 1993 (E I)
63	Glosario de administración rural, 1985 (E/F/I)	88/3	La ingeniería agraria en el desarrollo - Forja avanzada: manual de formación, 1998 (I E F)
64	Manual on the establishment, operation and management of cereal banks, 1985 (I F)	89	Post harvest and processing technologies of African staple foods: a technical compendium, 1991 (I)
65	Contribución de la gestión agrícola al desarrollo de sistemas de financiación en el medio rural, 1985 (E F I)	90	Wholesale markets – Planning and design manual, 1991 (I)
66	Construction of cribs for drying and storage of maize, 1985 (F I)	91	La ingeniería agraria en el desarrollo: directrices para reconstruir piezas y conjuntos de repuesto, 1993 (E I)
67	Hides and skins improvement in developing countries, 1985 (C F I)	92	La ingeniería agraria en el desarrollo: programas de capacitación y educación en recursos humanos, 1992 (E F I)
68	Tropical and sub tropical apiculture, 1986 (I)	93	La ingeniería agraria en el desarrollo – Manejo y tratamiento de granos poscosecha: organización y técnicas, (E F)
68/2	Honeybee mites and their control – a selected annotated bibliography, 1986 (I)	94	Minor oil crops: Part I – Edible oils, Part II – Non edible oils, Part III – Essential oils, 1992 (I)
68/3	Control de calidad de la miel y la cera, 1990 (E I**)	95	Biogas processes for sustainable development, 1992 (I)
68/4	Beekeeping in Asia, 1986 (I)	96	Small scale processing of microbial pesticides, 1992 (I)
68/5	Honeybee diseases and enemies in Asia: a practical guide, 1987 (I)	97	Technology of production of edible flours and protein products from soybeans, 1992 (I)
68/6	Beekeeping in Africa, 1990 (I)	98	Small , medium and large scale starch processing, 1992 (I F)
69	Construction and operation of small solid wall bins, 1987 (I)	99/1	La ingeniería agrícola en el desarrollo: formulación de una estrategia para la mecanización – Vol. I – Concepto y fundamentos, 1993 (E F I)
70	Paddy drying manual, 1987 (I)	100	Glosario de términos de seguros agrícolas y financiación rural, 1994 (E F I)
71	Agricultural engineering in development: guidelines for establishment of village workshops, 1988 (C F I)	101	Data palm products, 1993 (I)
72/1	Agricultural engineering in development – The organization and management of replacement parts for agricultural machinery - Vol. 1, 1988 (I)	102	Experiencias de mercadeo de pequeños agricultores en el marco de proyectos de desarrollo rural integrado, 1992 (E)
72/2	Agricultural engineering in development - The organization and management of replacement parts for agricultural machinery - Vol. 2, 1988 (I)	103	La banca y el medio ambiente, 1993 (E I)
73/1	Mulberry cultivation, 1988 (I)	104	Agricultural engineering in development: agricultural tyres, 1993 (I)
73/2	Silkworm rearing, 1988 (I)	105	Apicultura práctica en América Latina, 1993 (E)
73/3	Silkworm egg production, 1989 (I)	106	Promoting private sector involvement in agricultural marketing in Africa, 1993 (F I)
73/4	Silkworm diseases, 1991 (I)	107	La comercialización de alimentos en los grandes centros urbanos de América Latina, 1993 (E)
74	Avances en la ingeniería agrícola: técnicas de almacenamiento, 1990 (E F I)	108	Plant tissue culture: an aternative for useful metabolite production, 1993 (I)
75	Rural use of lignocellulosic residues, 1989 (I)	109	Grain storage techniques – Evolution and trends in developing countries, 1994 (I F)
76	La comercialización de productos agrícolas – manual de consulta e instrucción para extensionistas, 1990 (E F I)	110	Principios y prácticas de prueba y evaluación de máquinas y equipos agrícolas, 1994 (E F I)
77	Economics of animal by products utilization, 1989 (I)	111	Sistemas de distribución urbana de alimentos de bajos costos en América Latina, 1994 (E)
78	Seguro agrícola, 1989 (E I)	112/1	Equipo portátil de aplicación de pesticidas para uso en agricultura – Vol. I, 1996 (E F I)
79	Handbook of rural technology for the processing of animal by products, 1989 (I)	112/2	Equipo de aplicación de pesticida para uso en agricultura – Vol. 2, Equipo impulsado mecánicamente, 1996 (I F E)
80	Sericulture training manual, 1990 (I)		
81	Elaboración de aceitunas de mesa, 1991 (E)		
82	La ingeniería agraria en el desarrollo: directrices para proyectar y construir almacenes en las aldeas, 1991 (E F I)		
83	Agricultural engineering in development: tillage for crop production in areas of low rainfall, 1990 (I)		
84	La ingeniería agrícola en el desarrollo: la selección de insumos de mecanización, 1991 (E F I)		
85	Agricultural engineering in development: guidelines for mechanization systems and machinery rehabilitation programmes, 1990 (I)		

113	Mantenimiento y funcionamiento de silos, 1994 (E I)	149	Handling and preservation of fruits and vegetables by combined methods for rural areas – Technical manual, 2002 (I)
114	Seed marketing, 1994 (I)		
115	La selección, prueba y evaluación de máquinas y equipos agrícolas - Teoría, 1995 (I F E)	150	Egg marketing – A guide for the production and sale of eggs, 2003 (I)
116	La protección de los depósitos - Lo que enseña la experiencia, 1996 (I E)	151	Manual para la preparación y venta de frutas y hortalizas, 2004 (E I)
117	Quality assurance from small-scale rural food industries, 1995 (I)	152	The role of post-harvest management in assuring the quality and safety of horticultural crops, 2004 (I)
118	Pollination of cultivated plants in the tropics, 1995 (I)	153	Calidad y competitividad de la agroindustria rural de América Latina y el Caribe, 2004 (E)
119	Fruit and vegetable processing, 1995 (I)	154	Guía de autoevaluación rápida para la pequeña industria alimentaria rural, 2004 (E)
120	El crédito prendario - Una metodología para desarrollar los mercados agrícolas, 2000 (E I)	155	Transporte rural de productos alimenticios en América Latina y el Caribe, 2004 (S)
121	Retail markets planning guide, 1995 (I F)	156	Food engineering, quality and competitiveness in small food industry systems with emphasis on Latin America and the Caribbean, 2004 (I)
122	Harvesting of textile animal fibres, 1995 (I)	157	Small mills in Africa – selection, installation and operation of equipment , 2005 (I)
123	Hides and skins for the tanning industry, 1995 (I)	158	Freezing of fruits and vegetables – An agribusiness alternative for rural and semi-rural areas, 2005 (I)
124	Value-added products from beekeeping, 1996 (I)	159	Insurance of crops in developing countries (I)
125	Servicios de información de mercados – Teoría e práctica, 2001 (I E F)	160	Addressing marketing and processing constraints that inhibit agrifood exports – A guide for policy analysts and planners, 2005 (I)
126	Strategic grain reserves – Guidelines for their Establishment, management and operation, 1997 (I)	161	Rural–urban marketing linkages – An infrastructure identification and survey guide, 2005 (I)
127	Guidelines for small scale fruit and vegetable processors, 1997 (I)	162	Utilización agroindustrial del nopal, 2006 (E)
128	Renewable biological systems for alternative sustainable energy production, 1997 (I)		
129	Credit guarantees – An assessment of the state of knowledge and new avenues of research, 1998 (E)		
130	L'étude des SADA des villes dans les pays en développement – Guide méthodologique et opérationnel, 1998 (F)		
131	Les SADA des villes, 1998 (F)		
132	Aliments dans les villes – Collection d'ouvrage 1, 1998 (F)		
133	Aliments dans les villes – Collection d'ouvrage 2, 1998 (F)		
134	Fermented fruits and vegetables – A global perspective, 1998 (I)	Ar – Árabe	Multil – Multilingüe
135	Export crop liberalization in Africa – A review, 1999 (F I)	C – Chino	* – Agotado
136	Silk reeling and testing manual, 1999 (I)	E – Español	** – En preparación
137	The use of spices and medicinals as bioactive protectants for grains, 1999 (I)	F – Francés	(E F I) – Ediciones separadas
138	Fermented cereals – A global perspective, 1999 (I)	I – Inglés	en español, francés
139	Derecho y los mercados – El mejoramiento del ambiente legal para la comercialización agrícola, 2001 (I E)	P – Portugués	e inglés
140	Wholesale market management – A manual, 1999 (I)		(E/F/I) – Edición trilingüe
141	Market infrastructure planning – A guide for decision-makers, 1999 (I)		
142	Fermented grain legumes, seeds and nuts – A global perspective, 2000 (I)		
143	Food into cities – Selected papers, 2000 (I)		
144	Sugar processing and by-products of the sugar industry, 2001 (I)		
145	Agricultura por contrato – Alianzas para el crecimiento, 2002 (I F E)		
146	Principles and practices of small- and medium-scale fruit juice processing, 2001 (I)		
147	Zero tillage development in tropical Brazil – The story of a successful NGO Activity, 2001 (I)		
148	Small-scale palm oil processing in Africa, 2002 (I)		

Disponibilidad: maggio de 2006

Ar – Árabe	Multil – Multilingüe
C – Chino	* – Agotado
E – Español	** – En preparación
F – Francés	(E F I) – Ediciones separadas
I – Inglés	en español, francés
P – Portugués	e inglés
	(E/F/I) – Edición trilingüe

Los cuadernos técnicos de la FAO pueden obtenerse en los Puntos de venta autorizados de la FAO, o directamente solicitándolos al Grupo de Ventas y Comercialización, FAO, Viale delle Terme di Caracalla, 00100 Roma, Italia.

El nopal es un cultivo que contribuye a la alimentación, la nutrición y la salud de los seres humanos. Además es utilizado en la agroindustria alimentaria, complementa la alimentación animal, es fuente potencial de bioenergía y ayuda a un mejor manejo del medio ambiente. Esta cactácea del género *Opuntia* y de la cual se conocen más de 300 especies, es originaria de Mesoamérica y hoy está difundida en todo el mundo, especialmente en áreas con poca disponibilidad de agua. Presenta una gran versatilidad de adaptación a distintas zonas agroecológicas en algunas de las cuales la agricultura enfrenta dificultades para su desarrollo. El nopal ofrece posibilidades económicamente sostenibles a innumerables grupos de pequeños agricultores y el uso racional de este recurso renovable y su utilización en la agroindustria pueden contribuir decisivamente a mejorar las condiciones de vida de numerosas familias campesinas. Esta publicación reúne aspectos técnicos referidos concretamente al uso agroindustrial del nopal, incluyendo en sus 10 capítulos los puntos más relevantes de los procesos artesanales y de los procesos de la pequeña y mediana agroindustria. Contiene una breve revisión de experiencias en el campo y las posibilidades y estrategias para el desarrollo y aprovechamiento agroindustrial del cultivo.

ISBN 92-5-305518-9 ISSN 1020-4334



9 789253 055180

TC/M/A0534S/1/05.06/500