

Potencialidades agroalimentarias de productos tradicionales

DE REGIONES DEPRIMIDAS DE LA
COSTA DEL PACÍFICO DE ECUADOR



Luis Dionicio Andrade Alcívar
Rafael Cartay
Henry Xavier Mendoza Ponce


Ediciones
Uleam

Potencialidades agroalimentarias de productos tradicionales de regiones deprimidas de la costa del Pacífico de Ecuador

Luis Dionicio Andrade Alcívar

Rafael Cartay

Henry Xavier Mendoza Ponce





Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí

Ciudadela universitaria vía circunvalación (Manta)

www.uleam.edu.ec

Dr. Marcos Zambrano Zambrano, PhD.

Rector

Dr. Pedro Quijije Anchundia, PhD.

Vicerrector Académico

Dra. Jackeline Terranova Ruiz, PhD.

Vicerrectora de Investigación, Vinculación y Postgrado

Lcdo. Klever Delgado Reyes, Mg.

Dirección de Investigación, Publicaciones y Servicios Bibliográficos

**Potencialidades agroalimentarias de productos tradicionales de regiones
deprimidas de la costa del Pacífico de Ecuador**

Luis Dionicio Andrade Alcívar

Rafael Cartay

Henry Xavier Mendoza Ponce

Edición: Primera. Agosto de 2024. Publicación digital

ISBN: 978-9942-7234-6-8

Trabajo de edición y revisión de texto: Mag. Alexis Cuzme Espinales

Diagramación, edición de estilo y diseño de portada: Mag. José Márquez Rodríguez

Una producción de la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí, registrada en la Cámara Ecuatoriana del Libro.

Sitio Web: www.uleam.edu.ec

Correo institucional: diist@uleam.edu.ec

Teléfonos: 2 623 026 Ext. 255

Índice

Prólogo	5
ACHIOTE.....	13
CACAO	29
CAFÉ.....	39
CAMOTE	50
CAÑA DE AZÚCAR.....	60
CÍTRICOS.....	68
COCOTERO	90
CUCURBITÁCEAS.....	99
MANGO	115
MANÍ	128
PIÑA	142
MUSÁCEAS: PLÁTANO Y BANANO	158
YUCA.....	175
Los autores	190

Prólogo

Ecuador uno de los países con más potencia agropecuaria, con increíbles variedades botánicas y exitosa tradición alimentaria y gastronómica ancestral, por lo cual, el rol de la academia es esencial para potenciar la producción, transformación de productos agrícola y conservar varios de los hábitos ancestral alimenticios.

Esta obra está integrada por trece capítulos, que corresponden a trece productos de los más importantes de la provincia de Manabí en Ecuador, esfuerzo académico de alta calidad que puede ser aplicado a cualquier país latinoamericano o en otras regiones del mundo que busquen oportunidades de desarrollo. Cada uno de los productos, pone el énfasis en la etapa de los procesamientos agroindustriales que pueden hacerse para dar valor agregado a los cultivos locales, crear empleos, nuevas fuentes de ingreso, estimular el bienestar general de las familias campesinas y dinamizar las economías locales, mediante la aplicación de tecnología de baja inversión de capital, que emplee mano de obra familiar , a la que debe capacitarse técnica y organizativamente para que mejoren sus condiciones socioeconómicas, mientras se reducen los altos nivel de desperdicios y la elevada contaminación resultante que impactan de manera negativa sobre la salud de las poblaciones vecinas.

Esta obra académica e investigativa, es uno de los resultados de varios años de investigación, dando así un paso más en el camino para guiar y orientar las acciones dentro del marco de los objetivos de desarrollo sostenible establecidos por la Agenda 2030 de las Naciones Unidas.

Este libro está integrado por trece capítulos, que corresponden a trece productos importantes de la matriz productiva de cualquier país de América Latina, desarrollados a razón de diez a doce páginas por rubro. Se trata de una revisión de los procesos agroindustriales que se realizan, o podrán hacerse, para cada uno de los productos considerados. Son textos escritos de una manera sencilla, comprensible y sin el uso de términos rebuscados, ni excesivamente técnicos.

Se propuso dar cuenta de los procesos cumplidos en América Latina, en relación con la transformación agroindustrial de algunos de los productos regionales más importantes del sector agrícola.

La intención es la de ofrecer una guía general de las experiencias de desarrollo agroindustrial, a nivel de la pequeña y mediana empresa, que ocurren en varios países latinoamericanos, y que pueden ser aplicados en un contexto socioeconómico y tecnológico caracterizado por economías de escaso ahorro interno de capital, bajo desarrollo tecnológico, y donde existen pequeños mercados, que dificultan el aprovechamiento de esos productos y subproductos en las distintas etapas de las cadenas productivas.

La tecnología que se propone, en una primera instancia del desarrollo regional, corresponde a un nivel artesanal o de poca complejidad en la transformación agroindustrial. La razón principal es porque no se dispone del capital de inversión suficiente, o no existe un sistema financiero eficiente para hacer posible una mayor inversión, o se carece de la capacitación técnica de los trabajadores para adelantar las iniciativas de emprendimiento necesarias. Un cambio necesario que no puede postergarse, a pesar de que exista un bajo nivel de capital disponible. Son iniciativas urgentes impulsadas por la necesidad de crear suficientes y diversas oportunidades de empleo local para disminuir los niveles de desocupación laboral, y generar ingresos que permitan la mejora de la calidad de vida de los pequeños y medianos productores y de las comunidades locales. Se trata de criterios de orden social que buscan superar las difíciles condiciones socioeconómicas en las que se debaten los empobrecidos campesinos latinoamericanos.

Pero hay otro grupo de graves problemas que se generan por la producción de rubros del sector primario extractivo (agricultura, ganadería, pesca, forestal y minero) que se producen en los “países en desarrollo” (para utilizar un término convencional, y que se abreviará como PED). La producción de esos rubros agrícolas (sobre todo en los de origen vegetal) se producen bajo sistemas de manejo agroeconómico no eficientes, que usan de manera abusiva e inapropiada productos químicos contaminantes (abonos, insecticidas, fungicidas, herbicidas de contacto o sistémicos) y que se manipulan, almacenan y comercializan con deficiencias desde la cosecha hasta el consumo final. Esos productos se exportan, muchas veces en una pequeña proporción de la producción total. Cuando se exportan, esos rubros van a mercados internacionales en los que sus precios tienden a la baja, en términos relativos, en comparación con los precios de los productos manufactureros que, a cambio, se importa. Eso se conoce como la teoría del deterioro de la relación de

intercambio de los bienes y servicios en el comercio internacional, enunciada por Prebisch y Singer (Ocampo-Parra, 2003; Mallorquín, 2005).

A pesar de que aumentan los ingresos por las exportaciones, a la larga, esos ingresos son drenados otra vez al exterior por la vía de las importaciones. La baja demanda-ingreso de la demanda de alimentos y la disminución relativa de los precios de las materias primas exportadas crea una estructura productiva en la división internacional del trabajo en la que los PED se especializan en la producción y exportación de materias primas. Y si los bienes producidos no logran exportarse, parcial o totalmente, se convierten internamente en sobreproducción (porque no se consumen en estado fresco o casi no se industrializan), presionando a la baja sus precios internos, y ocasionando grandes volúmenes de desperdicios o residuos, en las distintas etapas de la cadena de valor de los productos alimentarios, en especial en los alimentos de origen vegetal. Se trata de una gran producción de desechos o desperdicios que se traducen en altos niveles de descomposición de materiales y de contaminación ambiental.

Este libro tiene tres objetivos principales.

El primero es el de ofrecer una panorámica general de la situación actual de las principales actividades económicas de la provincia de Manabí. Explicando, en cada uno de los rubros considerados, las oportunidades económicas en las que se puede innovar o emprender. Pero se debe actuar, sin demora, de manera proactiva, aprovechando las ventajas competitivas provinciales existentes, efectivas o en potencia, con el fin de dinamizar las economías locales.

Se necesita incorporarse activamente en las distintas cadenas productivas que ya existen, pero que necesitan mayor desarrollo, pues en cada una de ellas se puede agregar algún valor que genere beneficios económicos y sociales y permita optimizar su utilización. En cada rubro de los acá presentados siempre quedan algunos residuos que pueden ser rescatados de su condición de “desperdicios”, convirtiéndolos en “subproductos” del proceso industrial o artesanal. Tras haber utilizado el producto principal, desde el punto de vista económico, que no representa en casi ninguno de los casos más del 50 por ciento del peso total, queda un importante excedente que puede ser transformado y rentabilizado, agregando algún valor económico o no, y aplicando buenas prácticas de manipulación que permitan eliminar o reducir los impactos ambientales y sociales.

Esa situación se “agrava” porque en cada economía se busca aumentar las cantidades producidas, para exportar o comercializar internamente más, por la vía del aumento del rendimiento económico (por unidad de cada factor productivo: tierra, mano de obra, capital, recursos naturales y gerenciales), sin tomar en cuenta el “rendimiento social”, bajo el criterio del desarrollo sustentable, el “trabajo decente” de la FAO, y de la bioética ambiental.

Este primer objetivo es, pues, presentar a los interesados una guía básica para estimular y orientar las acciones de emprendimiento económico y social en esas áreas. En pocas palabras, este libro es una sencilla guía para el emprendimiento al nivel de campesinos sin mayores recursos, pero que estén animados por el sueño de unir sus esfuerzos en empresas asociativas para conseguir el cambio tan deseado en sus vidas, respetando y tratando responsablemente el entorno ambiental.

El segundo objetivo consiste en ofrecer a los estudiantes de pregrado y de postgrado una actualización del arte en relación con el sector primario y las condiciones socioeconómicas que prevalecen en sus países, y que los campesinos deben superar para prosperar. Se trata de una revisión, rubro por rubro, para ofrecer al lector interesado un panorama general y actualizado de las potencialidades agroindustriales existentes en importantes productos tropicales, de acuerdo con ciertos criterios de limitaciones de los factores de producción que prevalecen en las comunidades locales.

Revisándolo, el interesado podrá encontrar en él un catálogo de oportunidades y posibilidades hacia las cuales orienta la actividad investigativa conducente a un trabajo de grado, como requisito para la finalización de un programa de pregrado o de postgrado. O dar a los investigadores que trabajan en las comunidades algunas pistas hacia dónde dirigir su interés con el fin de escribir artículos científicos, profundizando en algunos aspectos importantes, mostrando los resultados que otros investigadores de otras regiones y países han venido obteniendo en los rubros considerados en esta guía.

La intención no es profundizar en cada tema tratado, o sentar cátedra, ni pretender ser originales, sino más bien la de abrir posibilidades de estudio y de trabajo productivo, y orientar en algunos aspectos en que se pueda incursionar para hacer contribuciones de interés, que aporten nuevas miradas al desarrollo de cada uno de los rubros productivos examinados.

En síntesis, este libro es una guía básica para estimular las acciones de los interesados con el fin de plantear problemas de investigación y de áreas potenciales en las que se puedan desarrollar emprendimientos productivos. Ese es el principal propósito de este trabajo: mirar con otros ojos al campo, para ofrecer a los campesinos y a sus familias algunas herramientas que contribuyan al desarrollo socioeconómico de sus comunidades, agregando valor a sus productos tradicionales. Esa es, al menos, la manera de ayudar a dinamizar las economías locales y de ofrecer algunas perspectivas de cambio a los sectores campesinos de la región.

El tercer objetivo obedece a una preocupación ambiental. En los procesos de la industria agroalimentaria queda, casi inevitablemente, una gran cantidad de residuos. Esa cantidad de residuos puede ser mayor o menor dependiendo de la manera como se traten y reciclen. En muchos casos, esos residuos constituyen la mitad o más del peso total de los productos procesados. Su simple desecho, al descomponerse, genera graves problemas de contaminación en el suelo y en el agua donde se depositan, así como en aire, en el caso de ser incinerados. Esos inconvenientes tienden a aumentar por falta de conciencia ética ambiental, a pesar de la existencia de una normativa ambiental cada vez más exigente. Aumentan también porque se incrementan los volúmenes comercializados pos cosecha o procesados industrialmente en la medida en que se promueve el desarrollo económico regional (Lorente et al., 2011).

Se encuentran, así, cada vez graves problemas de salud para los habitantes de las áreas cercanas a los sitios de producción y de transformación de esos productos. Y los costos de la descontaminación son cada vez más elevados. Se ilustra ese punto señalando que, en la producción de jugos, o zumos, de frutas cítricas como naranja, mandarina, limón y pomelo, se consideran residuos entre el 30 al 50% del peso del fruto transformado, que incluye corteza, semillas, fibra alimentaria, y eso sin tomar en cuenta las partes de la biomasa de la planta que se descomponen en el campo. El reto para la agroindustria es la de convertir esos residuos en subproductos que puedan ser aprovechados para el consumo humano, la alimentación animal, y para otros procesos industriales de interés farmacológico, cosmetológico y de perfumería, e incluso para desarrollar nuevos materiales de construcción, productos de limpieza, pinturas y barnices, hasta biocombustibles (Eguillor-Recaberren, 2019; Martínez-Anaya y Quintero-Pechene 2017).

Hay que decir, sin embargo, que la industria agroalimentaria es la etapa de la cadena productiva de los alimentos donde ocurren, en términos relativos, según la FAO (2017a, 2017b), menos pérdidas: cerca del 10%, del total de pérdidas alimentarias. Estas pérdidas, en comparación con las que ocurren en las etapas de producción y cosecha, transporte, almacenamiento, distribución y consumo, son las de menor importancia. En las etapas señaladas, salvo la de transformación agroindustrial, ocurre un 90% las pérdidas alimentarias registradas en la cadena productiva. Con tan elevada proporción de pérdidas en las distintas etapas de la producción hasta el consumo, se reduce la disponibilidad de alimentos, afectando la seguridad alimentaria de la población, lo que va en perjuicio principalmente de los sectores más vulnerables económica y socialmente. Eso es muy preocupante, en particular cuando se sabe que los países latinoamericanos padecen o están amenazados de inseguridad alimentaria y de desigualdad económica, asistencial y social, que se manifiesta en desnutrición crónica infantil o por episodios de hambruna en caso de catástrofes naturales (sequía, inundaciones, terremotos, etc.) o de episodios de guerra.

Este libro puede ayudar a comprender las inmensas posibilidades que se tiene de optimizar el proceso productivo, convirtiendo los “residuos” en “subproductos” del proceso. E incluso ayudar a comprender la necesidad de dedicar un poco más de la cosecha al procesamiento industrial local, lo que puede ser realizado parcialmente por los propios productores en asociatividad. Un mayor procesamiento en el lugar de producción del rubro sería una buena alternativa para colocar el producto y reducir, en algunos casos, la presión que se realiza cada tiempo de cosecha sobre los productos más perecederos, y es causa de la caída de precios y la reducción de los ingresos de los productores locales.

Para situar esta revisión en un contexto claro, se los ha relacionado con los productos que tradicionalmente se producen en la agricultura de la costa pacífica ecuatoriana. Sin embargo, esta situación no es exclusiva de los rubros producidos en esta región, sino también en otras regiones, por ejemplo, el 70% de la papa ecuatoriana se produce mayormente en la provincia del Carchi, pero solo un 5% de ese total se procesa industrialmente para producir harina, papa congelada y chips (Mejía-Villafuerte, 2017).

El desarrollo agroindustrial se compagina con la fuerte vocación agropecuaria, pesquera y forestal de algunas provincias ecuatorianas como Manabí. La agroindustria alimentaria, a pesar de su pequeñez relativa en muchas provincias, es un subsector que ha mostrado efectos dinamizadores del desarrollo económico y social ecuatoriano. Por su capacidad de absorción de mano de obra, por ser moderadamente intensivo en el uso de tecnología y de capital, por su capacidad de promover eslabonamientos productivos, dinamizando otros sectores de la economía nacional, debido a su consumo de bienes intermedios.

La agroindustria tiene, no obstante, serias limitaciones en su desarrollo nacional, pues muestra:

- a) una escasa innovación y diversificación de la oferta productiva exportable, concentrándose en no más de cinco grupos;
- b) un bajo nivel de industrialización de su producción primaria. Un ejemplo notorio es el cacao, del que se comercializa el 88% de su producción como grano, y se industrializa apenas 12%.
- c) una alta dependencia de materia prima importada para agregar valor e incrementar y ampliar las exportaciones de productos procesados.
- d) un nivel medio de empresas con certificaciones de indicadores de gestión de calidad, como de buenas prácticas de manufactura, imprescindible para cumplir las exigencias de certificaciones internacionales.

Este libro no es una investigación científica original. Lo que se quiso fue, simplemente, revisar las posibilidades de investigación y de inversión que en otras partes, en otras provincias del Ecuador y en otros países del mundo, y en particular en la gran región latinoamericana, se están aplicando para la industrialización de esos productos tropicales y subtropicales con miras al desarrollo socioeconómico para estimular nuevos emprendimientos, crear nuevas fuentes de empleo y de ingresos, combatir la pobreza, abrir nuevos campos de investigación y participar en una apertura, en un debate y en un compromiso que convoque y comprometa a todos. Buscando oportunidades para canalizar los esfuerzos y contribuir al desarrollo de la provincia, y de otras regiones tropicales y de economías deprimidas en América Latina, creando oportunidades de nuevos empleos y más fuentes de generación de ingresos que incrementen el bienestar general de las sociedades

locales. Esta es una modesta contribución a la prosperidad de nuestro país y de nuestra región, que es, al fin y al cabo, el objetivo y el compromiso de las universidades provinciales: la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí (ULEAM), la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López (ESPAM-MFL), la Universidad Técnica de Manabí (UTM).

Bibliografía

- Eguillor-Recabarren, P. (2019). *Pérdidas y desperdicios de alimentos en el sector agrícola: avances y desafíos*. COEPA. Ministerio de Agricultura.
- FAO a. (2017). *Pérdidas y desperdicios de alimentos en América Latina y el Caribe: alianzas e institucionalidad para construir mejores políticas*. FAO.
- FAO b. (2017). *Huella del desperdicio alimentario. Impactos en los recursos naturales*. FAO.
- Lorente, J., Valero M., Ancos, B., Martí, N., García, B., López, N., Ramos, S., Landejo, B., Benar, J. y Alberde, A. (2011). Aspectos industriales. Cap. 5. En AESOZUMOS, AEAZN. *El Libro del Jugo*. AESOZUMOS/ AEAZN/MARN/CNTA/AZTLITECNALIA/ ECOSUR/ FOOD FOR LIVE SPAIN.
- Mallorquín, C. (2005). Raúl Prebisch y el deterioro de la tesis de los términos de intercambio. *Revista Mexicana de Sociología*, 67(2).
- Martínez-Anaya, M., Quintero-Pechene, J. (2017). Estado actual de los desperdicios en frutas y verduras en Colombia. *4to. Congreso Internacional AmITIC*, Popayán, Colombia, 6-8 septiembre 2017, 194-201.
- Mejía-Villafuerte, D. (2017). *Pérdidas postcosecha en la cadena de valor del rubro papa, un estudio de caso en la provincia del Carchi*. (Tesis de pregrado, Pontificia Universidad Católica del Ecuador).
- Ocampo, J. y Parra, M. (2003). Los términos de intercambio de los productos básicos en el siglo XX. *Revista de la CEPAL*, 79.
- Prebisch, R. (1950). *Crecimiento, desequilibrio y disparidades: interpretación del proceso de desarrollo*. Estudio económico de América latina. 1949. E/CN.12/164/Rev.1.NY: ONU.

ACHIOTE

Nombre científico: *Bixa orellana*

Nombres comunes: achiote, achote, urucú, bija, bijo, onoto, beni-no-ki, mandul, manduro, roucou, annato (Brasil). En América del Sur los nombres más comunes son achiote, achote; en México achote y en Brasil urucú, azucú. En portugués lo llaman urucueiro; en inglés, annato, lipstick tree; en francés, rocouyer.

El término achiote o achote es de origen mexicano, derivado de la voz náhuatl *achiotl*. En quechua lo llaman achiwipi. La palabra bija, o bixa, es voz taína, de los indígenas caribeños.

Introducción

Desde la síntesis de los primeros colorantes industriales en Europa a mediados del siglo XIX, y especialmente después de II Guerra Mundial, el uso de los colorantes sintéticos se impuso rápidamente sobre los colorantes naturales, porque eran más baratos y permitían una gama más amplia de colores. Alemania se convirtió así en el centro de la industria europea del tinte. Poco a poco, los colorantes sintéticos comenzaron a desplazar a los colorantes naturales en la industria alimentaria, farmacéutica y cosmetológica. No obstante, un siglo después, y mayormente a partir de la década de 1970, se empiezan a levantar sospechas sobre la supuesta inocuidad del uso de los colorantes sintéticos por su elevada toxicidad, y posible causante de enfermedades cancerígenas. Los organismos de control del uso de drogas, como la FDA de Estados Unidos, y de prevención y control de la salud, como la OMS, comienzan a prohibir su uso indiscriminado (Cabrera-Loor y Piza-Yencón, 2010). Y poco a poco se vuelve al uso de los colorantes naturales, de comprobada no toxicidad, para colorear y preservar alimentos y bebidas, y servir de base en la elaboración de muchos medicamentos y productos de la cosmética. Entre 2005 y 2009 el empleo de los colorantes naturales creció en un 35%, en la medida en que las legislaciones internacionales y nacionales de protección sanitaria se han vuelto más estrictas en la aplicación de los colorantes en las actividades de las industrias alimentaria, farmacéutica y de la cosmética (Cabrera-Loor y Piza-Yencón, 2010).

Origen de la planta

Se admite que el centro primario de origen de la planta de achiote está en América del Sur, particularmente en el estado de Acre, en el suroeste de la cuenca amazónica, y en particular en la Amazonía brasileña, desde donde se difundió al resto de la cuenca y luego a América Central y el Caribe. Hay varias especies del género *Bixa*, además de *Bixa orellana*, como *B. arborea*, *B. excelsa*, *B. platycapa*, todas ellas consideradas descendientes de un ancestro silvestre común: *B. urucurana* (Moreira et al., 2015).

Descripción de la planta y del fruto

Planta arbustiva o árbol pequeño, de la familia de las Bixáceas, de una altura entre 7 y 10 m, de tallo erecto, de copa redondeada. Las hojas son simples, grandes, ovaladas, algo acorazonadas, agrupadas y con una tonalidad rojiza. Las flores son hermafroditas, de color blanco o rosada, que se presentan agrupadas en ramilletes terminales. El fruto es una cápsula carnosa, dehiscente, de hasta cuatro cm de diámetro, cubierta por púas o espinas flexibles. La cápsula está formada por dos valvas hemisféricas, con un aspecto ovoide u ovoide globosa, de color pardo-rojizo u otro color (verde, naranja, amarillo, morado etc.), de acuerdo con los cultivares. En el interior de la cápsula se encuentran de 30 a 60 semillas, de acuerdo con los cultivares. La semilla, de forma casi triangular, mide de 3 a 4 mm de largo. Está cubierta por una membrana fina y blanquecina o arilo, de color rojo y soluble en grasa. Debajo de esa membrana hay una capa de parénquima acuosa que contiene el colorante.

Manejo agronómico de la planta de achiote

La planta de achiote es de procedencia amazónica, es decir, de origen tropical, lo que define su área productiva por excelencia. El achiote no es una planta de cultivo exigente. Crece en altitudes hasta 1.000 msnm, en muchas clases de suelo, desde suelos francos arenosos hasta arcillosos (principalmente en suelos ácidos con 4,3 a 6,5 de pH, y suelos alcalinos de pH hasta 8,7), en áreas con temperatura entre 24 y 30 °C, y con una buena distribución de lluvia, entre 1.000 a 1.200 mm. Su gran

limitación reside en su escasa tolerancia a suelos inundables o mal drenados (Zotyen, 2002; Cabrera-Loor y Piza-Yencón, 2010).

La planta se reproduce generalmente por semillas, aunque también se usan injertos y estacas. Se prefiere recurrir a la propagación vegetativa y no por semilla, para asegurar una cierta uniformidad en la madurez de los frutos, lo que ahorra costos de mano de obra en la recolección. Se conocen muchos cultivares de achiote que pueden ser, sin embargo, agrupadas en tres clases por su color: achiote colorado, achiote amarillo y achiote morado o negro. De las tres, las que contienen mayor cantidad de bixina, de mayor a menor, son la amarilla, la colorada y la morada (con muy bajo porcentaje de materia colorante) (Huamán-Hurtado, 2018). La planta de achiote es, en general, resistente a las plagas, aunque hay algunas plagas (trips del achiote, comején, arañas, zompopo) y enfermedades (mancha de *cercospora*, *antracnosis*, etc.) que la afectan (Murillo, 2009; Almeida-Reyes, 2010).

El ciclo de la planta se prolonga hasta unos cincuenta años. La primera cosecha de la planta se realiza a partir de los 15 a 18 meses de la siembra, aunque la producción comercial comienza de los tres a los cuatro años, cuando pueden obtenerse rendimientos que varían entre 800 y 1.000 kg de frutos secos por hectárea, aunque con un buen manejo agrícola se han alcanzado rendimientos de hasta 2.500 Kg/ha. La cosecha comienza cuando los frutos se abren, es dehiscente, o cuando están desarrollados y firmes al tacto. Los productores acostumbran a poner a secar la semilla al sol, durante unos dos días, para proceder luego a su comercialización. Por lo general, cerca de la mitad del peso total del volumen producido, puede corresponder al peso de la semilla. (Murillo, 2009).

Muchos agricultores, no bien convencidos de la rentabilidad del cultivo del achiote, se quejan de que de 20 lb de semilla solo se obtiene 1 lb de pasta de achiote, lo que es un retorno muy bajo, y desisten de su siembra. Cada árbol puede producir, en promedio y no en las mejores condiciones de rendimiento, unas 25 lb de fruto seco cada año, lo que equivale a la producción de más de una libra de pasta de achiote por árbol. Muchos agricultores poco productivos no comprenden, sin embargo, que el negocio del achiote y de su rentabilidad económica está en la transformación de la semilla en bixina, para venderlo como colorante, en polvo, más que en semilla o, incluso, en pasta. De allí la importancia de la asociatividad como un

modelo de negocio en el desarrollo de cultivo y en el procesamiento agroindustrial de la semilla de achiote (Almeida-Reyes, 2010).

El achiote en el mercado internacional

Los mayores productores a escala mundial de colorantes naturales son algunos países latinoamericanos como Perú, México, Brasil, El Salvador, Guatemala, Costa Rica, Ecuador y Bolivia, así como algunos países africanos, entre los que destaca Kenia y Costa de Marfil (Huerta-Cárdenas, 2014).

Los mayores exportadores de achiote (en cualquiera de sus tres principales presentaciones: semilla, pasta y polvo) son generalmente los mismos países productores.

Los mayores importadores y consumidores de colorantes naturales son Japón, Europa y Estados Unidos (Huamán-Hurtado, 2018).

El mayor exportador a nivel mundial de achiote en polvo es Perú que, por sí solo, concentra el 35% del volumen total. El destino de las exportaciones de achiote del Perú, generalmente en forma de semilla, es Estados Unidos, China, Irán, Colombia, Chile y Ecuador. Las exportaciones peruanas de bixina y norbixina se dirigen a Estados Unidos, Japón, Alemania y Holanda (Huamán-Hurtado, 2018). Ecuador también exporta achiote, pero en menores volúmenes que Perú, y la hace en semilla, pasta, y excepcionalmente en polvo. Ecuador exporta a Estados Unidos, Japón, República Dominicana y Colombia (Huamán-Hurtado, 2018).

El mayor importador de achiote en polvo es Estados Unidos en forma de polvo (Bonilla, 2009; Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal, 2010).

Un estudio sobre la comercialización de bixina producida a partir de semillas de achiote señala que las tres presentaciones más recomendables del producto en los mercados asiáticos, especialmente en Japón, un gran importador, son sacos de 10 kg para el sector industrial, frascos de 90 g y sachets, o sobrecitos, de 30 g para el consumidor final (Huerta-Cárdenas, 2014).

La producción de achiote en Ecuador, y particularmente en Manabí

El achiote se cultiva en varias provincias del Ecuador, principalmente en la Costa y en la Amazonía. En la Costa sobresale la provincia de Manabí, que es la de mayor

producción en el país, aunque también se cultiva en Guayas, El Oro, Esmeraldas, Santo Domingo, Loja. En el Oriente o Amazonía, se cultiva principalmente en la provincia de Napo, y también en Zamora Chinchipe. Algunas áreas pequeñas se cultivan con achiote en la provincia de Pichincha y en otras provincias del país, pero no como áreas de monocultivos establecidos (Cabrera-Loor y Pia-Yencón, 2010).

En la provincia de Manabí, el achiote se produce principalmente en los cantones de 24 de Mayo, Paján, Chone y El Carmen, aunque también se cultivan pequeñas áreas en Olmedo, Santa Ana, Portoviejo, Rocafuerte, Tosagua, Flavio Alfaro.

En la provincia de Manabí funciona la Asociación de Achioteros de Manabí, integrada por 60 productores de 24 de Mayo, Paján, Jipijapa y Olmedo. Relacionado con estos productores había en el 2017 unas 420 hectáreas cultivadas de achiote. En San Jacinto de la Mocora, en el cantón 24 de Mayo. La mayoría de los productores de achiote lo vende en forma de semilla, aunque pudieran agregarle valor al transformarlo en pasta o polvo, o incluso vender la bixina. La venta se realiza principalmente a la industria alimentaria: La Fabril, ProExant, Ecuavegetal, La Oriental, Ales, Inaexpo, Expropalm, etc. (Cabrera-Loor y Piza-Yencón, 2010; Cartay, et al., 2023). En la zona sur de Manabí se cultivan al menos unas 25 variedades de achiote, entre las cuales destacan zambo rojo, zambo verde, zapallón verde, jíbaro, cabeza de lora, cabeza de palalache, etc. (El Diario, 2017; Opinión, 2020).

Los frutos del achiote se cosechan en el sur de Manabí durante los meses de junio y julio, llegando alcanzar un 70% de la producción. El 30% restante se recoge durante los meses de octubre y noviembre. La cosecha se comercializa principalmente en grandes fábricas de productos alimenticios que funcionan en la ciudad de Manta, como La Fabril y Ales, que pagaban en 2018 un precio promedio por quintal de 115 dólares a los productores, cuando comercializaban su producto directamente a las fábricas, sin recurrir a los intermediarios. (Cabrera-Loor y Piza-Yencón, 2010).

Composición físico-química del achiote

En la planta de achiote se han identificado al menos 35 componentes. Entre ellos, los más importantes son bixina, norbixina, acetato de farnesilo (11, 6%), acetato de occidentalol (9,7%), espatulenol (9,6%), ishwarane (9,1%). En proporción, el

contenido de bixina y norbixina alcanza valores entre 2 y 5%, y hasta un 7% del peso seco de las semillas (Bonilla, 2009). Pero, en relación con la materia colorante, la bixina representa cerca del 80% de los pigmentos presentes en la semilla. Además de la bixina, materia colorante roja o anaranjada, hay también en la semilla orellina, que es una materia colorante amarilla. La bixina se convierte en norbixina por saponificación. Al solubilizarla en agua, la pasta de bixina se convierte en norbixina, cambiando su estructura química. La norbixina es de color amarillo, soluble en agua e insoluble en grasas (Bonilla, 2009).

Los componente físico-químicos están en toda la planta

Las hojas contienen bixaganeno, ishwarane (un aceite esencial), terpenos, flavonoides, etc. También carotenoides como bixina, norbixina, betacaroteno, proteína, azúcares, celulosa, grasas, algunas vitaminas, y minerales como calcio y hierro (Bonilla, 2009). En Perú, un gran productor y exportador de achiote, se comercializa y exporta desde 1998 el té de hojas achiote, que es consumido como antiinflamatorio, antidiarreico, expectorante, antiséptico, para evitar el vómito, para aliviar dolores de garganta.

Las semillas contienen carotenoides expuestos como vitamina A, bixina, norbixina, betabixina, metilbeixina, etc. (Quiñones y Yuda, 2014).

Valor nutricional del achiote

Según las tablas peruanas de composición de alimentos, 100 gramos de parte de materia seca y molida de semillas de achiote tienen un valor calórico de 334 Kcal, 5,6 g de agua, 6,6 g de proteína, 4,6 g de grasa, 78,6 g de carbohidratos, 14,5 g de fibra, 5 g de ceniza, 1,70 mg de niacina, 7 mg de vitamina C, 185 mcg de vitamina A, 120 mg de calcio, 116 mg de fósforo y 5,60 de hierro.

Dependiendo de las tablas de composición de alimentos que se emplee cambian los valores nutricionales, porque seguramente las variedades no son las mismas, al igual que cambian los métodos de laboratorio empleados en cada país. Usando como fuente el Instituto Nacional de Nutrición, la semilla aparece 1,70 g de proteínas, mientras que el polvo de achiote muestra 1 g. Los valores de grasa también difieren: 0,80 g para la semilla y 0,20 g para el polvo. Aparte de esas diferencias, a veces

notables, se puede decir que, tanto la semilla como el polvo, tienen proteína, grasa, carbohidratos, algunas vitaminas (A, C, tiamina) y minerales (calcio, fósforo, hierro).

Usos culinarios y corporales del achiote

El achiote se utiliza como un condimento y sazonador de carnes, y un colorante usado en general para acondicionar alimentos y bebidas producidas industrialmente. Sus principales atributos es que carece de toxicidad y no altera el sabor de los alimentos.

En la cocina tradicional en América Latina se utiliza las semillas, o el aceite achiotado o el polvo de achiote para elaborar los guisos, o el sofrito o refrito, hogo o ahogado, con algunos condimentos, que es la base de la sazón característica de muchas cocinas regionales latinoamericanas.

Se utiliza como colorante, para darle una tonalidad rojo ladrillo a las preparaciones culinarias y el sabor que les otorga es característico.

En la época prehispánica el achiote era utilizado por los amerindios. Lo usaban para pintarse el cuerpo, o el rostro, o el cabello. Se empleaba como elemento decorativo corporal para participar en los ceremoniales y rituales indígenas o para pintarse para ir a la guerra. Se dice que la pintura corporal servía, además, para ahuyentar a los mosquitos. Esas pinturas corporales aún se utilizan. En la región amazónica ecuatoriana, por ejemplo, los grupos indígenas Siona y Secoya lo emplean para decorar sus cuerpos. Pero el mayor uso ceremonial en el Ecuador lo realizan los indígenas Tsáchila de Santo Domingo. Ellos empezaron a utilizar el achiote desde que se declaró una epidemia de viruela en el grupo, y adoptaron la costumbre de colorearse los cuerpos para enfrentar el mal. Desde entonces, la planta de achiote es considerado un árbol sagrado, cuya tintura ellos usan para pintarse el cabello, y las mujeres para prepararse baños y brebajes.

El achiote es también utilizado como colorante de alimentos, mayormente quesos madurados, como cheddar, gouda, edam y otros quesos amarillos, yogurts, mantequillas, margarina, helados, en panadería, palomitas de maíz, distintos tipos de galletas, etc.

Usos medicinales de las partes de la planta de achiote

La parte más utilizada de la planta en la cocina y en otros usos industriales es la semilla, contenida en el fruto en una cantidad que oscila entre 40 a 60 granos, y de cuya cubierta exterior se extrae el subproducto principal, que es un colorante carotenoide, conocido por los especialistas como bixina, aunque en la semilla están contenidos muchos otros componentes: como sacarosa, en una proporción de 40 a 45%; celulosa, entre 3,5 a 5,5%; 0,3% de aceites esenciales; 3% de aceites; 4,5 y 5,5% de pigmentos; 13 a 16% de proteína, y carotenoides (Villamarín-Villota, 2011). Como la semilla del achiote contiene carbohidratos, se ha comprobado que transformada en harina puede entrar como ingrediente en la dieta de pollos entre 30 y 50% del total (Villamarín-Villota, 2011).

Las diversas partes de la planta de achiote son utilizadas comúnmente en las zonas rurales como un medicamento popular para tratar muchas enfermedades.

La semilla molida se emplea para aliviar el sarampión, la viruela, afecciones de la piel, afecciones estomacales reducir la fiebre, disentería, astringente, purgante suave. Para cicatrizar quemaduras y ampollas. E inclusive se emplea entre los indígenas para untarse el cuerpo con el colorante, debido a que se le atribuye propiedad de repelente de insectos y para el alivio de sus picaduras.

Las hojas de la planta se utilizan, en infusión, para tratar afecciones de la garganta y vías respiratorias, hepatitis, fiebre, dolores estomacales, expectorante, antiinflamatorio, antidiarreico, para evitar el vómito, para aliviar la prostatitis. En algunas culturas se emplea como afrodisíaco. Los brotes tiernos de las hojas son empleados por sus propiedades contra la disentería, los procesos febriles, la hepatitis y como afrodisíaco. Con las hojas se preparan antisépticos para lavados vaginales y cicatrizantes. En algunas regiones amazónicas se emplea el colorante de achiote como antídoto contra el consumo tóxico de ácido prúsico o cianhídrico, un fuerte veneno presente en la raíz tuberosa de la yuca amarga (Acuña-Aguirre, 2018).

De las ramas del follaje se obtiene una goma muy parecida a goma arábica, que es comestible y tiene aplicaciones como saborizante.

Las flores se usan, en infusión, como purgante y para evitar la flema en los recién nacidos.

La corteza del tronco de la planta se emplea, en infusión, como antiinflamatorio.

La raíz se emplea, en decocción, para combatir la malaria y el asma.

La mezcla de semilla, pulpa y raíz se emplea, en decocción, como estimulante, digestivo, vermífugo.

Otros usos industriales

La bixina, el colorante natural extraído del arilo de la semilla del achiote, tiene muchos usos industriales, aparte de los muy conocidos usos por la industria alimentaria.

El pigmento de bixina se emplea en la industria textil para colorear las telas, como un color principal o como un elemento en las combinaciones de colores que se usan en esa industria. O en la actividad artesanal para colorear piezas de cerámica.

En la industria de la cosmética se emplea para colorear y aumentar el atractivo visual de cremas, jabones, champús, lápices labiales, filtros solares y repelentes contra insectos.

En la industria farmacéutica, donde hay un enorme potencial en la medida en que avanza la investigación científica, se emplea en medicamentos patentados para aliviar la hipertensión y ciertas enfermedades de la próstata, como prostatitis.

Subproductos agroindustriales

El principal subproducto del achiote es la bixina, que representa cerca de un 3% del peso total de la semilla.

La bixina es un colorante natural (definido como E106b), un carotenoide presente en las semillas del achiote, de gran interés para la industria química, alimentaria, farmacéutica y también textil. La bixina es el segundo colorante natural más importante en el mundo. Es el segundo pigmento apocarotenoide de la industria alimentaria (Carballo y Uicab, 2019). Según la FDA un colorante es un pigmento u otra sustancia que le da color a un alimento, fármaco o cosmético haciéndolo atractivo, apetitoso, llamativo. Se trata de un carotenoide de color rojo oscuro, que se encuentra en la cubierta externa del fruto, es decir, en el arilo de la semilla y que representa el 80% de los carotenoides presentes en la semilla del achiote (Rivera-Madrid et al., 2016). Es un pigmento insoluble en agua y ligeramente soluble en cloroformo, aceites vegetales, acetato de etilo y propilenglicol. Es un colorante inofensivo, aceptado por la FDA y la OMS que, además, es una sustancia altamente

resistente a los agentes químicos, por lo que es considerada un elemento ventajoso para colorear alimentos y bebidas. En cualquier caso, es un producto biodegradable y de escasa o nula toxicidad (Pérez et al., 2003).

En el año 2017 se produjeron 14.500 ton, en peso seco, de bixina, con una clara tendencia a presentar una demanda ampliada y creciente, por dos razones principales. La primera es que se observa una clara tendencia al reemplazo del colorante sintético en sus usos culinarios e industriales por el uso de los colorantes naturales, a consecuencia de la toma de conciencia de que el empleo del colorante sintético está relacionado con el aumento de las enfermedades cancerígenas y otras formas de patologías. La segunda razón es que, en la medida en que avanza la investigación farmacológica y médica, se revelan nuevas propiedades medicinales y biológicas del achiote que abren nuevas perspectivas para la producción, el consumo y el comercio internacional del achiote (Rivera-Madrid et al., 2016; Raddatz-Mota et al., 2017; Zarza- García et al., 2017; Da Silva et al., 2018; Carballo-Uicab, 2019).

Procesamiento agroindustrial del achiote

Sobre los procesos de extracción de la bixina a partir de las semillas de achiote hay una amplia bibliografía. De su revisión, se puede señalar que la extracción se hace de varias maneras, desde una manera local, a escala casi doméstica y artesanal, hasta de una manera más elaborada y a escala industrial.

La extracción de la bixina se puede realizar por medios biotecnológicos empleando una solución acuosa de alfa-enzimas. O usando un ácido en forma pulverizada, mezclando un extracto de *Bixa orellana* soluble en solución alcalina con una dispersión acuosa de un derivado del almidón, y luego lograr el producto deseado por secado. E incluso en procedimientos bastante rudimentarios se ha utilizado para la extracción del colorante el agua caliente. Pero se complementa con el uso de algún otro solvente como aceite comestible (lo que se acostumbra a hacer en los hogares rurales), o algunos solventes volátiles como hexano, etanol, acetona, tricloretileno, etc., para remover el colorante de las semillas del achiote. Se usa el solvente, y se agita. Luego se filtra con un tamiz, que retiene la semilla descolorada, y se concentra calentando hasta obtener polvo del colorante. Resulta un método

simple, económico y rápido, y que garantiza un rendimiento aceptable, pues se logra recuperar más del 70% del total del colorante. No hay que olvidar que el uso de alguno de estos solventes, particularmente hexano y acetona, puede ser muy riesgoso. En el caso del hexano, forma con el oxígeno del aire mezclas explosivas, lo que resulta altamente peligroso, sin tomar en cuenta el riesgo para la salud puesto que su inocuidad no es aceptada (Huamán-Hurtado, 2018).

Para obtener el pigmento colorante del material de la planta se desmenuza ese material y se combina con una enzima (pectina, celulasa o hemicelulasa). El propósito de la operación es romper la pared celular y permitir la liberación de los carotenoides allí contenidos (Devia y Saldarriaga, 2003). Varios especialistas consideran, de acuerdo con su experiencia, que la técnica más efectiva para obtener la bixina es por el método de álcali acuoso, en particular aplicando KOH al 2%.

El más conocido de los métodos de extracción es el llamado alcalino. Para probar la eficiencia de este método, Isaza-Jiménez y Jaramillo-Valencia (2019), emplearon tres bases diluidas o álcalis: hidróxido de sodio (NaOH), hidróxido de potasio (KOH), y trietanolamina (TEA). De esta manera evaluaron el rendimiento en bixina e identificaron su grado de pureza. Encontraron que los rendimientos en bixina fueron de $4,27 \pm 0,12\%$ (para el NaOH), $5,26 \pm 0,31\%$ (KOH), y $1,81 \pm 0,16\%$, e identificaron el grado de pureza para cada base con los valores 1,95, 2,05 y 1,74, respectivamente. Al variar el estado de la semilla, encontraron que los mayores rendimientos en bixina se obtuvieron con el empleo de KOH a partir de la semilla molida, en comparación con la semilla entera. Para el proceso, los autores usaron técnicas de espectrometría UV-Visible, espectroscopia infrarroja (FT-IR) y cromatografía líquida de alta eficacia (HPLC). En otra experiencia con el método alcalino, más sencilla, se empleó una solución de NaOH, a una temperatura de 41 °C, con 400 r.p.m. de agitación. En este caso, se separó la semilla entera del fruto seco, usando un trillador con una capacidad de procesamiento de 350 Kg diarios. Se encontró que la pérdida porcentual de bixina era cerca de un 10%, con un 5% de impurezas y un 5% de semillas fracturadas (Rueda-Velásquez y Nino-Zambrano, 2004).

Se pueden observar varias etapas en el procesamiento industrial para la obtención y bixina, valiéndose del método alcalino y utilizando hidróxido de sodio (NaOH).

1. Recepción de materia prima.
2. Selección y limpieza de los frutos.
3. Extracción de las semillas.
4. Adición del solvente (en este caso, NaOH).
5. Agitación mecánica.
6. Filtrado o tamizado.
7. Concentrado.
8. Destilado del solvente por calentamiento.
9. Secado.
10. Empacado o envasado.

El proceso consiste en disolver el colorante en una solución alcalina (NaOH) a 41 °C, durante 20 m. Luego se filtra, para continuar con la precipitación de la bixina una solución ácida de concentración al 20% V/V. Después la bixina se separa por filtrado, para luego lavarla con el fin de eliminar los residuos de ácido. Posteriormente se seca a una temperatura de 60 °C hasta reducir la humedad a un 5%. El tiempo de extracción es corto, pero si no se purifica resulta tóxico.

Otra experiencia interesante fue la realizada por Sánchez-Sánchez (2019), que se propuso extraer bixina de tres variedades de achiote (verde, amarilla y roja), empleando tres solventes: etanol de 40 °, etanol de 80 ° e hidróxido de potasio (KOH) al 2%. El mayor rendimiento se obtuvo de la variedad verde, con 78%, usando KOH. La variedad verde achiote presentó el mayor porcentaje de humedad en sus semillas. Al aplicar etanol 40 ° a la variedad verde consiguió la mayor cantidad de cenizas en el extracto, con un valor de 6,54 p.p.

En otro método extractivo se someten las semillas a elevadas temperaturas mezcladas con aceite vegetal, propilenglicol u otro solvente. La bixina es una sustancia termolábil al calor, los aceites, los álcalis y la luz solar.

Utilizando procedimientos artesanales se han desarrollado experiencias para extraer bixina con el propósito de agregar valor a la actividad a una escala campesina, y así aumentar los ingresos y crear más empleo en la comunidad. Es el caso de Chicas, Pérez- Hernández y Soto Villalba (1999). Con ese fin diseñaron una planta pequeña que procesa 75 lb de achiote por día, en tres lotes de 25 lb cada uno. El resultado fue una suspensión acuosa con una concentración de bixina de 4,2 g/L,

un pH de 5,6, preservada con benzoato de sodio, en dosis de 1 g de preservante por kg de producto terminado. Se aplicó en una hacienda salvadoreña con campesinos. Se obtuvo un rendimiento de 200 quintal de achiote por año, para una producción anual de 5.980 galones de bixina en suspensión, lo que daría un estimado de 42.188 kg al año.

En las casas campesinas se emplea una manera muy sencilla para obtener el colorante del achiote, separando la sustancia cerosa de la semilla, es sumergiendo las semillas en abundante agua hirviente por un lapso de cinco a seis horas, agitándola con una cuchara de madera hasta evaporar el exceso de agua, hasta que quede un residuo en el fondo del recipiente. Ese residuo forma una pasta que se moldea y seca para su comercialización. El propósito del procedimiento es desprender el colorante del arilo de la semilla (Cabrera-Loor y Piza-Yencón, 2010; Almeida-Reyes, 2010).

Una técnica de procesamiento de la bixina como una alternativa para el uso en la industria cosmetológica es la combinación de hidróxido de potasio (KOH) al 2% como solvente, complementado por 60 minutos de agitación y una temperatura de 58 °C (Ayala-Jara, Castillo-Sánchez, Alfaro-Avalos, Aspiros-Freyre y Seclén-Ayala, 2016). Los investigadores obtuvieron un colorante en polvo, de color anaranjado y rojo ladrillo, con concentraciones de 0,5% y 2% p/v, respectivamente. Las características organolépticas del producto obtenido fueron: olor metálico, textura suave y aspecto de polvo fino. En cuanto a las características físico-químicas se observó que el colorante de bixina se precipitó a pH 2-2,50, obteniéndose un mayor rendimiento al alcanzar un pH 2,25.

En Perú, un gran productor y exportador de achiote, se comercializa desde 1998 el té de hojas de achiote, que se vende en el mercado interno y externo, lo cual constituye una buena alternativa para agregar valor a la actividad productiva relacionada con el achiote. En su elaboración se cumplen varios pasos sencillos (Acuña-Aguirre, 2018). El primer paso es la recolección de las hojas, su selección, su lavado con agua y su desinfección con metabisulfito mezclado con agua. Luego se procede a deshidratar las hojas, y a molerlas con un molino artesanal. Y, por último, a envasar el polvo resultante en fundas de polietileno para la presentación en porciones de 20 g cada una.

Bibliografía

- Acuña-Aguirre, V. (2018). *Elaboración y comercialización del té de hojas de achiote en Paján y sus perspectivas de exportación* [Tesis de Ingeniería, Universidad Estatal del Sur de Manabí].
- Andi, S. (2016). *Proyecto de factibilidad para la implementación de una empresa productiva y comercializadora de pasta de achiote en el cantón Lago Agrio, Provincia de Sucumbíos* [Tesis de Ingeniería, Universidad Nacional de Loja].
- Artieda-Reyes, D. (2010). *Estudio investigativo del achiote, cultivo, producción, usos y aplicación en gastronomía* [Tesis de Ingeniería, UTE].
- Ayala-Jara, C., Castillo-Saavedra, E., Alfaro-Ávalos, K., Aspiros, F. y Seclén-Ayala, L. (2016). Obtención de un colorante natural de las semillas de *Bixa orellana* L. (Bixaceae) como alternativa para uso cosmético. *Arnaldoa*, 23(1), 149-158.
- Bonilla, I. (2009). *Manual del cultivo del achiote. Proyecto de desarrollo de la cadena de valor y conglomerado agrícola*. <http://cenida.una.edu.ni/electronicos/RENFO1B715mcpd>.
- Cabrera-Loor, I. y Piza-Yencón, R. (2010). *Importancia económica del valor agregado de los derivados del achiote en el mercado interno y externo como alternativa de desarrollo comercial y agroindustrial del sector campesino de Manabí. Período 2005-2008* [Tesis de Ingeniería, Universidad Técnica de Manabí].
- Carballo-Uicab, V. (2019). *Análisis y características de genes especialmente involucrados en la biosíntesis de bixina en Bixa orellana L.* Ciencias Biológicas. Centro de investigación Científica de Yucatán.
- Chicas, A., Pérez-Hernández, J. y Soto-Villalba, V. (1999). *Escalamiento del proceso artesanal para la extracción de bixina a partir de semillas de achiote (Bixina orellana) en la Hacienda "San Alfonso", San Juan de Talpa, Departamento de La Paz San Salvador*. UES.
- Centro Nacional de tecnología Agropecuaria y Forestal (2010). *Manual Técnico: el cultivo del achiote (Bixa orellana L)*. http://www.cich.org/publicaciones/3-CN_Taf-Manual-Tecnico-del-achiote.pdf.
- Da Silva, J., Dobranski, J. & Rivera-Madrid, R. (2018). *The biotechnology (genetic transformation and molecular biology) y Bixa orellana (achiote)*, *Planta*, 1-11. Doi: 10.1007/300425-018-2907-7.

- Devia, J. y Saldarriaga, L. (2003). Planta piloto para obtener colorante de la semilla de achiote (*Bixa orellana*). *Revista Universidad EAFIT*, 39(131), 18-22.
- Engelhard, M. (2014). *Lixiviación en una sola etapa y secado convectivo para la obtención de achiote en pasta* [Tesis de Ingeniería, Universidad Nacional de Ingeniería].
- Fernández-Lajo, D. y Fernández-de Alarcón, J. (2015). *Extracción alcalina de la norbixina a partir de la semilla del achiote (Bixa orellana) y su aplicación en la elaboración de salchicha huachana* [Tesis de Ingeniería, Universidad Católica de Santa María].
- Giraldo, G. y Londoño, G. (1999). *Teñido de sustratos textiles con el colorante de la semilla del "achiote"* [Tesis de Ingeniería, Universidad Pontificia Bolivariana].
- Huamán-Hurtado, V. (2018). *El achiote (Bixa orellana), producción, obtención del colorante, aplicación en los alimentos* [Tesis de Ingeniería, Universidad Nacional de Educación].
- Huaroto-Neyra, M. (2017). *Comercio internacional y competitividad del achiote en polvo peruano, 2008-2016* [Tesis de Ingeniería, Universidad César Vallejo].
- Huerta-Cárdenas, L. (2014). *Estudio de prefactibilidad de una empresa productora y comercializadora de bixina dirigida al mercado de Japón* [Tesis de Ingeniería, Pontificia Universidad Católica del Perú].
- Jaramillo-Valencia, T. (2019). *Evaluación del proceso de extracción alcalina de bixina de semillas de achiote (Bixa orellana)* [Tesis de Ingeniería, Universidad EAFIT].
- Jaramillo, C. y Muñoz, J. (1992). *Extracción de colorante de achiote* [Tesis de Ingeniería, Universidad Nacional de Colombia].
- Leal, F. y Clavijo, C. (2010). Acerca de la historia, taxonomía, botánica y usos de *Bixa orellana* L. *Revista Unellez de Ciencia y Tecnología*, 28, 78-86.
- Moreira, P., Lins, J., Dequigiovanni, G., Veasey, E. y Clement, C. (2015). The domestication of annatto (*Bixa orellana*) from *Bixa urucurana* in Amazonia. *Economic Botany*, 69(2), 127-135.
- Murillo, J. (2009). *Manual técnico de cultivo del achiote*. Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal.
- Pérez, O. (2001). *Cinética y extracción de colorantes naturales para la industria textil* [Tesis de Ingeniería, Universidad de las Américas].

- Quiñones, X. y Yunda, E. (2018). El achiote (*Bixa orellana*) como posible alternativa productiva para el departamento del Meta. *Prod. Agroecol.*, 5(1), 142-174.
- Raddatz-Mota, D., Pérez-Flores, L., Carrari, F., Mendoza-Espinoza, J., de León-Sánchez, F., Pinzón-López, L., Godoy-Hernández, G. & Rivera-Cabrera, F. (2017). Achiote (*Bixa orellana* L.): a natural source of pigment and vitamin E. *Journal of Food Science of Technology*, 54(6), 1729-1741.
- Reyes, Z. (2015). *Extracción y elaboración del colorante natural de chiote (Bixa orellana) como sustituto del colorante E-102 amarillo No. 5 (tartracina) en la elaboración de yogur* [Tesis de Ingeniería, Universidad San Carlos de Guatemala].
- Rivera-Madrid, R., Aguilar-Espinosa, M., Cárdenas-Conejo, Y. & Garza-Caligaris, L. (2016). Carotenoid derivatives in achiote (*Bixa orellana*) seeds: synthesis and health promoting properties. *Frontiers in Plant Sciences*, 1406. Doi: 10.3389/fpls.2016.01406D.
- Rueda, L. y Nino-Zambrano, M. (2004). *Diseño de una planta piloto para la producción de bixina a partir de achiote* [Tesis de Ingeniería, Universidad Industrial de Santander].
- Sánchez-Sánchez, S. (2019). *Extracción de la bixina de tres variedades de achiote (Bixa orellana L.) utilizando tres solventes* [Tesis de Ingeniería, Universidad Nacional de San Martín].
- Villamarín-Villota, W. (2011). *La producción y comercialización de bixina en Manabí y su demanda en la Unión Europea, período 2007-2009* [Tesis de Ingeniería, ULEAM].
- Zarza-García, A., Sauri-Dauch, E., Raddatz-Mota, D., Cuevas-Glory, L.F., Pinzón-López, L., Rivera-Cabrera, F. & Mendoza-Espinoza, J. (2017). Pharmacological Phytochemical and Morphological Study of The Mayan Accessions of *Bixa orellana* leaves. *Emir. J. Food Agric.*, 29, 163-169. Doi: 10.9755/ejfa.2016.09-128.
- Zotyen, Q. (2002). *Compendio. Cultivo del achiote (Bixa orellana L.)*. División de Agronegocios DGEA. Ministerio de Agricultura y Ganadería.

CACAO

Nombre científico: *Theobroma cacao L.*)

Origen y difusión

El árbol de cacao (*Theobroma cacao L*) es originario probablemente de la selva húmeda tropical, en particular de la extensa cuenca amazónica, sin que haya precisión en su lugar de origen. Tras su difusión, se convirtió en un importante cultivo comercial entre los 18 ° N y 15 ° S de la línea ecuatorial.

Se desconoce cómo y cuándo la planta llegó desde América del Sur a América Central, pero allí arraigó y fue domesticada. Se sabe que la planta de cacao (*cacahuatl*) fue domesticada en el sur de México, hace al menos unos 3.500 años, y fue propagada por el territorio mexicano por los olmeca, quienes crearon la bebida de chocolate (del náhuatl *xocóatl*, que dio *chocóllatl*, de la que derivó el nahuatlismo chocolate, difundida universalmente) (Hernández-Triviño, 2013). Los españoles conocieron el cacao en México a mediados del siglo XVI, hacia 1520, en la época de la conquista por Hernán Cortés, cuando el cacao era moneda de cambio y un importante tributo entre los mexicanos. Y el chocolate era una bebida rudimentaria hecha con de élite que solo la tomaban los *pipiltin* (nobles) y los *pochtecas* (comerciantes prósperos). El punto culminante de la difusión de la planta se produjo en el curso del siglo XIX, cuando los portugueses la llevaron desde Brasil hasta la colonia portuguesa de Príncipe, en 1822, y luego a Sao Tomé, en 1830, ambas colonias situadas en el Golfo de Guinea, en África, convirtiéndose en el pilar de la economía de Ghana, tras su llegada en 1879.

Descripción de la planta de cacao

La planta de cacao pertenece a la familia de las Esterculiáceas. Se trata de un árbol pequeño, de tronco recto, que alcanza hasta 8 m de altura. Sus frutos, conocidos como mazorcas, crecen en el tronco y en las ramas. La forma, el tamaño y el color son variables, de acuerdo con las variedades. Presentan forma elípticas, ovales, acostilladas, lisas. El color puede ser rojo, amarillo, morado o café, y con tonos verdosos. Cada mazorca, o almendra como también la llaman, de 30 cm de longitud y de 7 a 10 cm de diámetro, contiene de 20 a 40 semillas. Las semillas están cubiertas

con una pulpa blanca, mucilaginosa, de sabor dulce o acidulado, comestible, conocida como mucílago o baba. Las semillas, llamadas granos o habas de cacao, miden de 2 a 3 cm de largo, de sabor amargo. Son ricas en almidón, proteínas y materia grasa. El grano de cacao está compuesto de cascarilla (15%), pasta de cacao (30%) y manteca de cacao (55%). El embrión de la semilla está formado por dos cotiledones, en cuyo interior se encuentran los dos principios estimulantes más importantes del fruto: la teobromina (1%) y la cafeína (0,5%). Los árboles de cacao comienzan a producir flores entre el tercer y el sexto año de ser plantados, dependiendo de las condiciones ecológicas y del genotipo. La mazorca se forma cerca de los 150 días después de la floración de la planta. Algunos clones llegan a producir 3,7 t/ha/año, y un promedio de 18 a 22 mazorcas, o un número de 440 semillas, por kg de producto seco. Se estima que la planta produce hasta los 25 a 30 años (Conabio, s.f.).

La planta prospera en las regiones de bosques tropicales húmedos, a una altitud entre 0 y 1.000 msnm, bajo la sombra de grandes árboles, en el caso del cacao criollo y trinitario, de allí que sea considerada una planta umbrófila. Aunque también crece a libre exposición solar, en el caso de los cacaos tipo forastero. Los factores agronómicos críticos del árbol de cacao son el régimen de precipitación pluvial (de 1.000 a 3.000 mm anuales), la temperatura del lugar (de 15 a 35 °C), la radiación solar y la existencia de suelos profundos, franco-arcillosos y bien drenados.

Hay tres grandes tipos de cacao: el forastero, que crece mayormente en África, Asia y Brasil, responsable del 90% de la producción de cacao a nivel mundial; el cacao criollo y el cacao trinitario (resultante del cruce entre criollo y forastero), cultivado principalmente en Ecuador, Venezuela, Colombia, México y América Central, que representa el 10% de la producción mundial de cacao.

Partes de la planta y sus usos

El cacao es uno de los productos más importantes en el comercio mundial, por ser la base, tanto la pasta o licor de cacao como la manteca de cacao, de la preparación del chocolate, en sus diversas presentaciones, producto que se convirtió en la golosina universal, tanto de niños como de adultos, y por las numerosas aplicaciones que tiene la manteca de cacao en la industria alimentaria y cosmetológica.

El producto principal del cacao son los granos de la mazorca, de amplio uso en la industria alimentaria. De los granos se obtiene la pasta de cacao y la manteca de cacao. Además, se obtienen, en algunos países, muchos subproductos de utilidad, que agregan valor en la cadena del cacao. Pero en otros países cacaoteros casi no se conocen o no son explotados debidamente porque no existe una demanda consolidada.

En algunos países el cacao natural se alcaliniza para ciertas aplicaciones. En este caso, se intensifica el color, se hace más achocolatado el sabor y se aumenta la solubilidad del producto. El cacao natural es ácido (con un pH entre 5 y 6), de color rojizo y algo astringente. Se alcaliniza utilizando una solución de carbonato de potasio, sometiéndolo a alta temperatura y presión. En ese proceso una gran parte de las catequinas, responsables de la función vasodilatadora de los flavonoides del cacao, se convierten en taninos.

Los granos de cacao contienen cerca de un 54% de manteca de cacao, dependiendo de la variedad. La manteca de cacao es de uso imprescindible en la elaboración del chocolate. Aunque también se le emplea como excipiente farmacéutico en supositorios y productos vaginales, y como aditivo en ungüentos y preparaciones cosméticas como cremas para piel, mascarillas faciales y creyón de labios.

Las hojas del cacao son usadas en la medicina popular. Las hojas tiernas de la planta se emplean para desinfectar heridas en la medicina popular. Las hojas cocidas son usadas para tratar algunas enfermedades como diarrea, cólico, debilidad, inapetencia, asma, tos, pulmonía, malaria. La corteza del tronco y la raíz de la planta se emplean en la medicina popular por su actividad antitumoral (Conabio, s.f.).

En el proceso de beneficio del cacao, el producto más importante es el grano de la mazorca de cacao, mientras que el residuo, también más importante, en ese proceso es la cáscara del fruto del cacao.

La cáscara de la mazorca o almendra del cacao, que representa entre el 75 y el 90% del peso del fruto cosechado (Brenes, 1990; Baena y García-Cardona, 2012; Arteaga-Estrella, 2013), es un residuo del proceso de beneficiado del cacao, pero que es poco aprovechado (Guanga-Molina, 2018). Por su importancia en volumen, se han realizado muchas investigaciones para encontrarle aplicaciones. Pero hay limitantes en su empleo. Su uso como abono sin compostar se ha identificado como una fuente

de propagación de algunas graves enfermedades, como la mazorca negra, producida por el patógeno filo *pseudofungi Phytophthora*, que causa la marchitez de frutos y raíces de muchos cultivos comerciales. Ese hongo causa pérdidas entre 10 y 30% de la producción mundial de cacao.

Se ha intentado también emplear la cáscara del fruto para la alimentación animal, pero su contenido de alcaloides (teobromina y cafeína) lo hacen inconveniente, porque los animales no metabolizan la teobromina en su sistema digestivo. Algunas investigaciones encontraron en la cáscara un pigmento, que es un poliflavonoglucósido, resistente al calor y a la luz, con propiedades antioxidantes. Otras investigaciones detectaron su potencial para la producción de espumas de poliuretano, muy usado en la construcción para rellenar y sellar huecos y como aislante térmico y acústico (Baena y García-Cardona, 2012). Actualmente la cáscara se emplea como fuente de pectinas en la industria alimentaria y para producir energía en forma de combustible sólido en sustitución de la leña, por su alto poder calórico. En África, en especial en Ghana y Nigeria, las cenizas de la cáscara son utilizadas para elaborar jabón. En algunas partes se usan medicinalmente para tratar afecciones hepáticas, de la vejiga, los riñones y para combatir la diabetes. Un posible uso que se investiga es el de un extracto alcalino obtenido de la cáscara por su probable actividad anti-VIH, al inhibir efectos citopatogénicos de VIH en cultivos celulares. Otros usos de la cáscara de cacao se han registrado: como precursor para preparar sales de potasio y como bioabsorbente en la eliminación del azul metileno en soluciones acuosas (Norbis-Parra y Villanueva, 2018).

En el procesamiento industrial del cacao el principal residuo es la cascarilla, que representa cerca del 12% del peso de la semilla. Es obtenida del descascarillado de las semillas de cacao, después del proceso de tostado. Se la utiliza principalmente para la alimentación animal por su contenido de fibra dietaria, pero la presencia de teobromina restringe su empleo (Baena y García-Cardona, 2012). Se realizan investigaciones para ampliar su uso como fuente de fertilizante de suelos, como componente de raciones alimentarias para aves y ganado bovino y porcino, así como materia prima para obtener pectinas, gomas y carbón activado. La posibilidad de obtener fibra dietaria es una vía prometedora, porque la cascarilla está compuesta de celulosa, hemicelulosa, lignina (fibra dietaria insoluble) y de pectinas, mucílagos y gomas (fibra dietaria soluble). La fibra dietaria, tanto soluble como insoluble,

resulta útil para prevenir graves enfermedades como ciertos tipos de cáncer, enfermedades coronarias, diabetes y problemas digestivos (Baena y García-Cardona, 2012).

Un subproducto de la cáscara (del beneficio) y de la cascarilla (de la industria) del cacao son las pectinas. La pectina es un polisacárido usado en la cosmetología, la alimentación y en la medicina. Se obtienen usualmente de la cáscara de los cítricos y las manzanas, pero también de productos como el cacao por reflujo con ácido cítrico, a una temperatura que varía entre 70 °C y 95 °C, con un rendimiento de 8,82 g de pectina por 100 g de cascarilla (Guerrero, Suárez y Orozco, 2017). En Brasil ese rendimiento sube a 10 g (Marsiglia et al., 2016). Las pectinas se emplean también en la industria del plástico para fabricar productos espumantes, como agentes clarificadores y aglutinantes (Guerrero, Suárez y Orozco, 2017).

El mucílago, que recubre los granos de cacao, es desechado por los productores de cacao del cantón Naranjal, de la provincia de Guayas, una importante área cacaotera (Arteaga-Estrella, 2013). El mucílago es, sin embargo, una materia prima para obtener, mediante fermentación, una bebida alcohólica de baja graduación alcohólica, que es denominada impropiaemente “vino de cacao” (Quimbita, Rodríguez y Vera, 2013; Bravo y Cecibel, 2017; Rivera, 2019; Arciniega-Alvarado y Espinoza-León, 2020). Pero también se produce jalea, alcohol, vinagre, nata y pulpa procesada. Con la pulpa se da sabor a helados y yogures. No obstante, la mayoría, un 72%, de los agricultores desconocen, según una encuesta aplicada en el cantón, sus propiedades y posibilidades (Arteaga-Estrella, 2013).

Transformación del grano de cacao

El grano de cacao sufre dos procesos de transformación después de la cosecha. Uno, al ser beneficiado en el campo, para convertirlo en una de las materias primas más comercializadas en el mundo. El otro, al ser transformado en la fábrica para convertirlo en el chocolate, tanto en barra como en polvo, uno de los productos más comercializados a escala planetaria.

El procedimiento empleado en el campo en los países productores es muy artesanal. Apenas agregan valor agregado, pues los granos de cacao se suelen exportar a los países industrializados, que los transforman en chocolate. El Ecuador,

por ejemplo, líder en la producción de cacao fino o de aroma (cacao Nacional y la variedad CCN-51), exporta licor o pasta de cacao (47% aproximadamente), cacao en polvo (26%), manteca de cacao (22%), torta de cacao (4%) y nibs (1%) (Guanga-Molina, 2018).

En el momento de la cosecha se desechan los frutos enfermos. En el campo, se desecha entre un 10 y un 16% del total de los frutos, de acuerdo con la experiencia de los productores y algunos investigadores (Norbis-Parra y Villanueva, 2018).

Una vez cosechada la mazorca o almendra de cacao, en el mismo lugar de cultivo es limpiada de elementos extraños, y descascarillada, para eliminarle la cáscara y las placentas, que corresponden a cerca de un 79% del peso total de la mazorca. El descascarillado se hace a mano, con un machete, o usando una máquina. Se retira el grano de cacao y el mucílago. Un procedimiento de descascarillado más eficiente es tostando el grano junto con la cáscara, a bajas temperaturas, o utilizando radiación infrarroja (Liendo, 2005).

Se procede a la fermentación del grano. Luego es secado al sol o en máquinas de secado, con el propósito de reducir la humedad de 6 a 8%.

Después es transportado hasta el puerto de exportación o la industria para ser procesado. En este caso, se limpia el grano, se quiebra en pequeñas partículas, se tuesta (el grano junto con la cascarilla), se clasifica y se empaca, en sacos de 60 kg.

Hay varios procedimientos para transformar el grano, que van desde el más artesanal, hasta muy tecnificados, pasando por los de semi-industrialización.

En el proceso artesanal, tras la fermentación, secado y tostado en un fogón de leña, el grano es molido para obtener una pasta gruesa, a la que se añade azúcar, leche o frutas confitadas. La mezcla se refrigera para que el chocolate solidifique.

En el procedimiento semi-industrial, el grano es clasificado por tamaño y tostado en una plancha calentada a gas. Después es descascarillado y limpiado en una trilladora mecánica. Luego se muele en molinos con diferente graduación, para ser, por último, molido finamente para ser colocada en moldes que se refrigeran.

El procesamiento industrial se produce tras la fermentación y el secado de los granos en los lugares de producción. Por lo general el proceso comprende dos fases: una para obtener productos semielaborados como manteca de cacao, licor de cacao y torta de cacao. Y en la otra fase se usan esos productos como materia prima para

elaborar chocolates, bebidas chocolatadas y productos farmacéuticos y cosmetológicos.

En la primera fase se seleccionan los granos y se toman muestras de humedad. Los granos se limpian para eliminarles materiales extraños, se envían a los silos y luego al tostado.

La transformación agroindustrial comprende el tostado, la alcalinización o dutched (con carbonato de potasio para aumentar la intensidad del color y del sabor en el producto final). Sigue la molienda, usando rodillos de acero, para producir masa o licor de cacao. Luego las partículas de cacao son colocadas en manteca de cacao fundida. La masa de cacao se lleva a prensas para separar la grasa de la masa hasta el porcentaje deseado. De este proceso se obtiene la torta de cacao. La torta es pulverizada para producir cacao en polvo, que es empaquetado, y usado en la alimentación, y que algunas veces se le agregan saborizantes como vainilla, fresa, etc. La manteca de cacao, un líquido de viscosidad media, se coloca en tanques de decantación, y luego se empaqueta o almacena.

Para elaborar el chocolate se mezcla el licor de cacao y la manteca de cacao. Por lo general se le agrega azúcar. Para chocolate con leche, muy popular en barras, se le añade leche y agentes emulsionantes. Las proporciones de los ingredientes a utilizar depende del tipo de chocolate a preparar. La mezcla se refina para mejorar la textura. Luego la mezcla refinada se lleva a un proceso de amasado (conching), que aumenta la intensidad del sabor del chocolate. Después se procede al templado de la mezcla, depositando la mezcla en moldes que se introducen en una cámara fría. De esos procesos resultan productos con varias presentaciones: barras o tabletas con varios tamaños, cacao soluble para beber, cacao instantáneo, bebidas de chocolate, polvo de cacao para pastelería y confitería, chocolate de cobertura, etc.

Del procesamiento del cacao en los países en desarrollo se obtienen cuatro subproductos: licor o masa de cacao, manteca de cacao, cacao en polvo y torta. Pero los desperdicios del fruto, y de la planta, tanto en el campo como en la industria, son muy elevados, aunque pueden ser potencialmente aprovechables (Saval, 2012; Norbis-Parra y Villanueva, 2018). Los principales residuos son la cáscara (desechada en el lugar de la cosecha), la placenta (desechada en el lugar de separación de las semillas) y otras pérdidas por mazorcas defectuosas, exudado, etc. Se estima que la cáscara representa cerca de un 74% del peso, y que los otros

factores son también importantes: mazorcas afectadas (16,54%), exudado (6,589%), placenta (3,16%).

Los residuos son muy importantes en relación con el peso de la mazorca de cacao, que tiene un peso promedio de 0,7035 Kg, con variaciones entre el promedio de la mazorca pequeña (0,4193 Kg) y de la grande (1,1785 Kg).

Las partes constitutivas de la mazorca de cacao son las siguientes, en porcentajes del peso en fresco:

Cáscara	71,73
Semillas	18,79
Exudado	6,41
Placenta	3,07
Total	100,00

Bibliografía

- Agropedia. (s.f.). *El cultivo del cacao*. González J. (Comp.). Agrotendencia. Tv/agropedia/el-cultivo-del-cacao.
- Anacafé. (Asociación Nacional del Café). (2004). *Cultivo de cacao*. Infocafescom/portal/up-content/uploads/2016/o5.cultivo-del-cacao.pdf.
- Andino-Payero, S. y Fuenzalida-Troyano, N. (2017). *Producción y comercialización de productos derivados del cacao*.
- Arciniegas-Alvarado, G. y Espinoza-León, R. (2020). Optimización de una bebida a base del mucílago del cacao (*Theobroma cacao*) como aprovechamiento de uno de sus subproductos. *Dominio de las Ciencias*, 6(3), 310-326.
- Arteaga-Estrella, Y. (2013). Estudio del desperdicio del mucílago de cacao en el cantón Naranjal (Provincia de Guayas). *Revista Ecasinergia*, 4(4).
- Brenes, A. (1990). Posibilidad de la utilización de los subproductos del beneficio del cacao. Memoria, San José de Costa Rica. 141-146. *Seminario Regional sobre la tecnología poscosecha y calidad mejorada del cacao*. Turrialba, Costa Rica. 20-21 julio 1989.
- Baena, L. y García-Cardona, N. (2012). *Obtención y características de la fibra dietaria a partir de la cascarilla de las semillas tostadas de Theobroma cacao L. de una*

- industria chocolatera colombiana* [Tesis de Ingeniería, Universidad Tecnológica de Pereira].
- Bravo, C. y Cecibel, T. (2017). *Vino de cacao: una propuesta novedosa para la utilización de los desechos del cacao* [Tesis de Ingeniería, ULEAM].
- Cartay, R. (1999). *La economía del cacao*. Proyecto CONICIT.
- Conabio. (s.f.). *Theobroma cacao*. Gob.mx/conocimiento/info_especies/arboles/doctos/68-sterc03n.pdf.
- Guanga-Molina, S. (2018). *Estudio y aprovechamiento de los residuos del cacao de la compañía Nestlé como estrategia comercial* [Tesis de Ingeniería, Universidad de Guayaquil].
- Guerrero, G., Suárez, D. y Orozco, D. (2017). Implementación de un método de extracción obtenida del subproducto agroindustrial cascarilla de cacao. *Temas Agrarios*, 22(1), 87-92.
- Hernández-Triviño, A. (2013). Chocolate: historia de nahualtismo. *Estudios culturales Náhuatl*, 46.
- Liendo, R. (2005). Procesamiento del cacao para la fabricación del chocolate y sus subproductos. *INIA. Divúlgalo*.
- Marsiglia, D., Ojeda, K., Ramírez, M. y Sánchez, E. (2016). Pectin extraction from cocoa pod husk *Theobroma cacao* L.) by hydrolysis with citric and acetic acid. *International Journal of Chemical Technology Research*, 9(7), 497-507.
- Norbis-Parra, M. y Villanueva, S. (2018). Utilización de los subproductos del cultivo y del procesamiento del cacao. *Jornadas de Investigación de la Facultad de Ingeniería*. JIFI.
- Palacios, G., Betancourt-Latorre, L. y Llano-Moreno, J. (2009). *Pectinas a partir de subproductos del proceso de beneficio del cacao* [Tesis de Ingeniería, Universidad EAFIT].
- Quimbita, F., Rodríguez, P. y Vera, E. (2013). Uso del exudado o placenta del cacao para la obtención de subproductos. *Revista Tecnológica ESPOL*, 26(1).
- Quintero, R. y Díaz-Morales, K. (2004). El mercado mundial del cacao. *Agroalimentaria*, 9(8).
- Rivera, S. (2019). *Propuesta de aplicación del mucílago de cacao para la elaboración de bebidas y postres mediante técnicas de vanguardia* [Tesis de Ingeniería, Universidad de Cuenca].

- Saval, S. (2012). Aprovechamiento de residuos agroindustriales: pasado, presente y futuro. *Biotecnología*, 16(2), 14-46.
- Suárez-Ortiz, S. y Santander, G. (2016). *Características agronómicas del cacao*.es. [slideshare.net/daniimoyano/características-agronómicas-del-cacao](https://www.slideshare.net/daniimoyano/características-agronómicas-del-cacao).
- Torres-Gutiérrez, L. (2012). *Manual de producción de cacao fino de aroma a través de manejo ecológico* [Tesis de Ingeniería, Universidad de Cuenca].
- Villegas, C., Albarracín, W. y Coral, M. (2016). Extracción de manteca de cacao a partir de dos híbridos de cacao (*Theobroma cacao*). *Vitae*, 23(Supl. 1), 588-590.

CAFÉ

Nombre científico: *Coffea spp.*

El café, o cafeto, es una planta arbustiva que pertenece a la familia de las rubiáceas, y al género *Coffea*, que comprende cerca de cien taxones. Es una planta de origen africano, procedente probablemente de la provincia de Kaffa, situada en el suroeste de Etiopía (antes llamada Abisinia), en el este de África. Allí crece, especialmente la variedad arábica (*Coffea arabica*), en zonas boscosas altas, entre 1.300 y 2.000 msnm, por lo que se considera que es un cultivo de “altura”. Hay otra variedad de café, el café robusta (*Coffea canephora*), más resistente y productivo que el arábica, que crece usualmente en zonas bajas, en África occidental y central, ubicadas por debajo de los 900 msnm, donde presenta menores exigencias de suelos y de clima, aunado a un mayor rendimiento por hectárea, lo que incide en un menor costo de producción y, por consiguiente, en un menor precio en el mercado mundial.

Entre las dos especies de café hay notables diferencias. La arábica, responsable de cerca de un 60% de la producción mundial, contiene menor cantidad de cafeína, y su sabor es más suave, dulce, delicado y de mayor complejidad que el del robusta. Es una variedad muy aromática, considerada superior en calidad al café robusta, usándose especialmente en el café *espresso* (tipo italiano, con mucha textura y concentración, y de rápida preparación en cafeteras *espresso*). Se cultiva mayormente bajo sombra, y se realiza un beneficio húmedo para producir el famoso café “lavado”. La especie robusta, por su parte, es cultivada en un 40% en el mundo. Considerada inferior en comparación con el arábica, presenta un sabor más amargo, astringente, intenso, por tener un mayor contenido de cafeína (de 2 a 2,5%, en comparación con el arábica, con 1,1 a 1,5%), aunque presenta un mayor cuerpo, por lo que se emplea generalmente en la elaboración de blends o mezclas de café y en los cafés instantáneos.

La especie arábica fue difundida en el continente americano probablemente por el oficial de la marina francesa Gabriel de Clieu, en 1723, y se difundió rápidamente. La arábica es más cultivada que la robusta en América del Sur, aunque el Brasil destaca en la producción de ambas variedades. Las variedades arábicas (entre ellas, *typica*, *bourbon*, *caturra*, *pache*, *catimor*) son cultivadas mayormente en Brasil, Colombia, Honduras, Guatemala, Costa Rica, mientras que las robustas se cultivan

más en África y Asia. El mayor productor de robusta es Vietnam, por encima de Indonesia, Etiopía e India, también importantes. No obstante, desde 2018 se observa una tendencia en América Latina a reemplazar las variedades arábicas por variedades robustas, buscando un mayor rendimiento y un menor costo de producción.

El fruto del cafeto es conocido como la cereza del café, de color rojo o amarillo en la piel externa (exocarpio). La piel envuelve una pulpa dulce (mesocarpio). Debajo de pulpa están los granos recubiertos por una membrana translúcida llamada mucílago, que envuelve las dos semillas (endosperma) del café.

Los principales productos y subproductos del cafeto

El principal producto del cafeto es el grano de café que, tras ser tostado y molido, es la base para preparar la estimulante bebida de café que contiene cafeína, un alcaloide del grupo de las xantinas, que actúa como estimulante del sistema nervioso central. El grano de café contiene agua (99,40 g), proteína (0,12 g), ácidos grasos (0,02 g), cafeína (40 mg) y algunos minerales como potasio (49 mg), magnesio (3 mg), fósforo (3 mg), calcio (2 mg) y sodio (2 mg).

Del grano se obtienen bebidas, antocianinas, ácido clorogénico, hemicelulosas, azúcares, cafeína y cafearina, trigonellina, ácido nicotínico, manosa y galactosa, café hidrolizado, esencia, aceite, jabones y esteroides.

El fruto, la cereza de café, está formada básicamente, de afuera hacia adentro, por la piel externa (epicarpio), la pulpa y el mucílago (mesocarpio), el pergamino (endocarpio), la piel plateada (tegumento), hasta llegar al grano de café (endosperma), del que se elabora la bebida de café, después de tostarlo y molerlo.

Aparte de grano de café, hay otros subproductos del cafeto: las hojas tiernas se pueden utilizar para hacer infusión, al igual que con las hojas de té, y de las hojas maduras se extrae clorofila y cafeína. De las flores se obtiene perfume. Del tallo de la planta, la parte aérea, se pueden hacer artesanías y muebles. Los tallos representan un importante residuo. En una hectárea plantada de café (con una densidad de 5.630 plantas por ha), resultan 18 t de tallos.

Todos estos residuos pueden ser aprovechados. Y, en efecto, algunas veces lo son. Para dar una idea del enorme volumen de residuos del café, basta con revisar la cifra

estimada que da el Consejo Superior de Investigaciones Científicas de España (CSIC). Según esa fuente, las empresas productoras de café en todo el mundo generan más de 2.000 millones de t de residuos (o “subproductos”) al año (Cortés-Tormo, 2019).

De la pulpa y el mucílago se producen alcohol etílico, vinagre, vino, enzimas, miel, levadura, pectina sin refinar. De la pulpa se puede obtener cafeína, abono orgánico, ensilaje para ganado, cartón, sustancias pépticas y enzimas pectinolíticas, gas. De la pulpa y el cisco, acetona, alcohol metílico, amoníaco, carbón, alquitrán, abono, ácido acético. Del cisco, furfural, plásticos, drogas, rayón, cartones, baldoquines, briquetas (Calle, 1977).

La pulpa, que representa cerca del 44% del peso fresco del fruto, se puede utilizar como sustrato para el cultivo de hongos o setas comestibles. O puede ser hidrolizada para obtener melaza. Se puede producir también humus, después de almacenarlo unos tres meses. O para elaborar licores a base de café, como el Khalua, en México, o el Caffé Borghetti, en Italia.

La pulpa de café puede reemplazar hasta en un 20% de los concentrados para la alimentación animal, en el caso del ganado lechero, sin efectos perjudiciales y con un ahorro notable cercano al 30% en los costos (Rathinavelu y Graziosi, 2005; Encalada et al., 2017). En la alimentación porcina el grano de cereales puede ser sustituido, sin problemas, por pulpa deshidratada de café hasta en un 16% de la ración total, liberando cereales para la alimentación humana (Organización Internacional del Café, 2005).

Hay algunos componentes de la cereza del café que son muy importantes en relación con su peso, aparte del grano. Uno de ellos es el mucílago, que representa cerca de un 10,4% en el peso del fruto. Por cada 1.000 kg de café cereza procesado en las fincas cafetaleras pueden obtenerse entre 80 y 140 kg de mucílago. El mucílago fresco contiene entre 85 a 91% de agua, y entre 6,2 a 7,4% de azúcares, además de sustancias pépticas (Puerta-Quintero y Ríos-Arias, 2011). La presencia de azúcares y de levaduras (como *Saccharomyces*) en el grano explica la ocurrencia de la fermentación natural a temperatura ambiente, en la que se produce etanol. El agua mucilaginoso, o mieles, resultante del proceso de beneficio húmedo, es muy contaminante al verterlo en los arroyos y ríos. De esa agua puede obtenerse biogás. Una fermentación apropiada reduce el pH del extracto, y luego surge espuma de CO₂, produciéndose un biogás de metano muy enriquecido.

Del mucílago se pueden obtener, además, algunos compuestos antioxidantes, flavonoides y proantocianidinas incoloras.

La cáscara o piel de la cereza de café se puede usar como combustible, aprovechando su composición de lignocelulosa.

Gran parte del cafeto, es decir, hojas, tallo y ramas, y las partes externas e internas del fruto son potencialmente aprovechables. Pero, en la práctica, infortunadamente, no sucede así en la mayoría de los países de América Latina y el Caribe. La diferencia entre lo que se aprovecha y lo que se desecha, una diferencia notable, constituye un importante factor de contaminación del suelo, del aire y del agua, provocando graves problemas de salud a las poblaciones localizadas en las inmediaciones de los centros de producción y de transformación agroindustrial, y ocasionando también grandes costos para reducir la contaminación o tratar las enfermedades que ocasiona. El café es un caso particular, en el que los costos de producción por hectárea por el uso de productos químicos son muy altos, en comparación con otros cultivos, y se incrementan constantemente por los elevados impactos económicos que ocasiona la reiterada incidencia, y el control, de las plagas y enfermedades en ese cultivo. Si a esa circunstancia se agrega el desaprovechamiento de las distintas partes de la planta, el problema se agrava aún más.

Según Calle (1977) solo se utilizaba el 9,5% del peso del fruto fresco de la cereza del café en la preparación de la bebida. Esa información data de 1977, y pudiera pensarse que la situación al respecto ha mejorado considerablemente, usándose actualmente una proporción mucho mayor del fruto en peso. Desgraciadamente, no ha sido así. En la provincia ecuatoriana de Loja, para solo poner un ejemplo, se produjeron 8.161 t de café en 2009. De ese total, el 40% se benefició por vía húmeda, con abundante uso del agua y fuerte contaminación ambiental. Del total producido, el volumen de pulpa alcanzó a 3.264 t ese año, lo que constituyó un serio problema al no ser convertida en un subproducto, como puede ser abono orgánico, biogás, sustrato de hongos comestible, alcohol y bebidas fermentadas, carbón activado y fuente de alimentación animal (Encalada et al., 2017).

En los procesos de beneficio, industrialización y consumo de 1 kg de café cereza se producen entre 924 y 942 g de residuos que no son, por lo general, utilizados de manera regular (Calle, 1977; Rathinavelu y Graziosi, 2005).

Tabla 1

Residuos obtenidos en los procesos de beneficio, industrialización y consumo de 1 Kg de café cereza. En gramos.

Proceso	Pérdida (a)	Pérdida (b)	Residuo obtenido
Despulpado	394	436	Pulpa fresca
Desmucilaginado	216	149	Mucílago
Trilla	35	42	Pergamino
Secado	171	171	Agua
Torrefacción	22	22	Volátiles
Preparación bebida	104	104	Borra
Pérdida acumulada	942	924	-

Nota. (a) Calle 1977; (b) Rathinavelu, Graziosi 2005.

La conversión de un residuo en una producción comercial no resulta fácil, porque es necesario disponer de grandes volúmenes de residuos de manera concentrada en un lugar y prácticamente puros. En el caso del café se deben considerar muchos factores, tales como las cantidades producidas, la distribución temporal y regional, el contenido de humedad en el material, la forma de almacenamiento y de conservación, la importancia comercial de los productos obtenidos y la capacidad de sustitución con otros materiales (Rathinavelu y Graziosi, 2005).

Otro factor que hay que considerar es la incidencia de los métodos tradicionales de beneficiado del café en la producción de residuos.

El uso tradicional del agua para despulpar y transportar la pulpa la despoja de la mitad de su peso seco, contaminando el agua. La otra cuarta parte de los subproductos es el mucílago, que se retira con el agua después del desmucilaginado, produciendo, adicionalmente, contaminación en las aguas residuales del lavado. La revisión del proceso de beneficio húmedo del café ha llevado a la recomendación de eliminar el agua en las etapas de despulpado y de transporte de la pulpa, lo que permite evitar cerca del 70% de la contaminación potencial de los subproductos del café. En este caso, el despulpado y transporte de la pulpa se haría en seco, mientras que el lavado del grano se haría en los tanques tina. La racionalización del uso del

agua en la etapa del lavado del café permite reducir el 90% del consumo de agua (Braham y Bressani, 1978).

El Centro Nacional de Investigaciones de Café (CENICAFÉ), de Colombia, ha promovido investigaciones sobre el uso posible de los distintos residuos del café:

La pulpa de café, como sustrato para el cultivo de hongos comestibles, en especial de los géneros *Agaricus*, *Lentinula*, *Pleurotes* y *Auricularia*; el ensilaje de la pulpa para abono, usando la lombriz roja (*Eisenia foetida*); la producción de pectinas; la producción de levaduras alimenticias.

El mucílago, que representa el 14,85% del peso del fruto seco, puede ser utilizado como base para la alimentación de porcinos, la obtención de pectinas y la producción de alcohol etílico. El mucílago posee una elevada cantidad de azúcares reductores y rico en sustancias pépticas, facilitándose la producción de miel y de alcohol etílico, y de pectinas.

El pergamino del café, cerca de un 12% del peso del grano en base seca, se ha utilizado tradicionalmente como combustible en ladrilleras, fogones de los hogares campesinos y en silos para secado de café, puede usarse también como componente de sustrato para el cultivo de hongos comestible.

La borra del café, cerca de un 10% del peso del fruto seco, es el residuo de la torrefacción del grano de café, con un alto contenido de grasas, puede emplearse como soporte de microorganismos anaeróbicos en el tratamiento de aguas residuales, sustrato para el cultivo de hongos, para la producción de aceites y de manitol (Braham y Bressani, 1978; Suárez-Agudelo, 2012).

Tratamiento de la cereza de café desde la cosecha hasta su consumo

Una vez cosechado la cereza de café se procede a retirarle la pulpa y el mucílago, para obtener el grano recubierto por la capa de pergamino (de color amarillo), conocido como café verde o café pergamino.

Las cerezas se procesan en la finca el mismo día por el método húmedo o el método seco.

El método húmedo es practicado con las variedades arábicas en los países tradicionalmente productores de café, como Colombia, Costa Rica, Guatemala, Honduras, El Salvador, Venezuela, Kenia. Las cerezas de café se sumergen en

tanques de agua. Luego son procesadas en máquinas despulpadoras, calibradas previamente de acuerdo con el tamaño del grano. Así se le quita la piel y parte del mucílago, para obtener el café “baba”, como se llama al grano recubierto por el pergamino y parte del mucílago. Los granos se dejan fermentar durante 24 horas en los tanques de fermentación para eliminar los restos del mucílago. En este proceso se usa mucha agua. Parte de ella es vertida en cuerpos de agua, contaminándolos. Ahora se recicla el agua, concentrando el contenido de enzimas en el agua, facilitando la fermentación. El agua usada para el lavado final se puede descargar directamente a los ríos, pero no el otro efluente contaminante, que debe pasar a los pozos de filtración. Una vez lavado, el grano de café se conoce como café pergamino, que luego es secado al sol o artificialmente, en máquinas secadoras. Luego al grano se le quita la capa plateada y la de vitela, obteniéndose el café en grano “limpio” o “verde”, estado en el que se comercializa internacionalmente. El café verde es el insumo para la elaboración del café soluble y de los extractos de café.

El método seco se emplea mayormente en el tratamiento de las variedades de café robusta, y también en algunos países para el café arábica. Tras la recolección, los frutos se extienden sobre grandes patios de cemento, en capas de unos 8 cm de espesor, removiéndolos varias veces al día. En la noche los granos se amontonan y se cubren con una lona. Así se hace durante 10 a 20 días, hasta reducir su grado de humedad de 10 a 12%, generalmente a un 12,5%. Es el llamado café “bola”, al que se le elimina la capa externa, para obtener el café “natural” o café “oro”.

Al llegar a su destino, los granos son tostados (el tueste) y molidos (la molienda).

En el tueste se agrega a los granos, en algunos casos, hasta un 15% de azúcar, para obtener el café torrado o torrefacto, considerado de baja calidad en comparación con un café natural arábica.

Al ser tostados, los granos aumentan de tamaño y se agrietan, cambiando su color de verde a amarillo, y luego a marrón canela. Cuando se alcanza una temperatura de 200 °C en el tostado, sale el aceite. Cuanto más aceite haya, más sabor tendrá el café. El nivel o grado de tueste, evidenciado por el color del grano, es un indicador para los tostadores del perfil sensorial del grano. Ese perfil es definido por el tiempo y la temperatura aplicados en el proceso de tostado. Cuanto más tiempo se tuesta el café, sin llegar a quemarlo, mayor será la intensidad de su cuerpo, alcanzándose el pico de acidez entre un tueste claro y un tueste medio. El tueste medio es indicio de un

equilibrio del grano entre los aromas, el dulzor y la acidez. El amargor depende más del tueste que de la cantidad de cafeína contenida en el grano, pues la reacción de Maillard y la degradación de ciertos compuestos en el café aumentan el amargor. Por eso el grado de tueste es muy importante. En el tueste claro predominan aromas cercanos al origen. Pero si no es bien tostado y el grano queda crudo en su interior, el café no tendrá la solubilidad necesaria y su sabor será menos agradable. Un tueste medio proporciona un equilibrio entre aromas, dulzor, acidez y textura, logrando el café su sabor óptimo. En el tueste oscuro, sin llegar a quemarse, el sabor es achocolatado, su textura es intensa y tiene una baja acidez, por lo que resulta desagradable en la cata.

Después del tueste se muelen los granos, utilizando molinillo de café (en el ámbito doméstico) o molinos (en la industria). En la molienda, el grano tostado es reducido a polvo para facilitar la preparación de la infusión de café, buscando un rendimiento óptimo. Ese resultado depende del tamaño medio de las partículas y de su distribución.

La producción de café descafeinado

El grano o semilla de café contiene, dependiendo de la variedad, cerca de un 2% de cafeína. En la industria del café descafeinado se busca eliminar o reducir ese contenido de cafeína, para quitarle los efectos estimulantes a la bebida, aunque también se pierden algunas cualidades gustativas del producto.

Para producir café descafeinado se emplean varios métodos. Uno de ellos consiste en tratar los granos sumergiéndolos en agua para extraer la cafeína. En este caso se utiliza un solvente orgánico, generalmente acetato de etilo, o se realiza la adsorción sobre carbón activo. Luego se vuelven a empapar los granos en el líquido empobrecido de cafeína, para que reabsorba los otros componentes presentes. Otro método consiste en el tratamiento de los granos con un chorro a presión de dióxido de carbono (CO₂).

El proceso de descafeinado se realiza actualmente empleando una de estas tres maneras: 1. Empleando extracto de café verde sin cafeína. Los granos de café humedecidos se empapan en agua mezclada con extracto de café verde, al que se le ha reducido previamente la cafeína. 2. Empleando dióxido de carbono en chorro a

presión, para penetrar en los granos y disolver la cafeína. El CO₂ rico en cafeína va a un filtro de carbón que lo reabsorbe, y luego los granos de café descafeinados son secados con aire caliente. 3. Empleando cloruro de metileno como disolvente químico, con el fin de disolver la cafeína en el agua. Luego el disolvente se elimina en un evaporador, y los granos se secan con aire caliente.

De los tres métodos señalados, el más usado es el que emplea cloruro de metileno por ser el más económico. Para fabricar café descafeinado de alta calidad, y descafeinar cafés arábigos de altura, se emplea el método del dióxido de carbono.

La producción de otros tipos de café: café orgánico, café soluble, café soluble liofilizado

El café orgánico, conocido también como café ecológico, bird-friendly o shade-grown, se refiere más bien al sistema productivo empleado que a su transformación industrial. Se trata de un tipo de café producido sin el uso de abonos químicos y de herbicidas y pesticidas químicos. Se cultiva bajo una cobertura natural de árboles más altos, que le ofrecen humedad. Para este tipo de cultivo se usa mayormente café tipo arábica, y su precio resulta un poco más elevado en el mercado que el del café convencional. El café orgánico se produce generalmente en Honduras, Colombia, Brasil, México y Perú, y se suele distribuir bajo la modalidad del comercio justo (fair-trade), que le asegure a los productores un precio mínimo justo, pero cuando el precio de mercado es mayor que el precio mínimo, lo venden a aquel precio. El comercio justo es un sistema certificado internacionalmente, que protege la sustentabilidad y la conservación de los recursos naturales.

El café soluble liofilizado es un producto que conserva las propiedades organolépticas del grano de café, como resultado de la congelación del extracto líquido del café. Una vez congelado, a una temperatura de - 50 °C, se introduce a una cámara de vacío para separar el agua por sublimación (proceso por el cual una sustancia cambia de estado sólido a gaseoso, sin pasar por el estado líquido). El extracto espumado se esparce, en forma homogénea, en los cuartos fríos sobre bandas refrigeradas para llegar a un estado sólido que permita su granulación. Para su consumo se mezcla agua caliente y varios cristales en la taza y se tendrá el café instantáneo. El café soluble liofilizado conserva mejor los aromas del café original.

Hay diferencias con el café soluble, porque este se elabora con un proceso de secado por aspersión con calor, mientras que para el café soluble liofilizado se emplea un proceso de congelación en seco, a temperaturas muy bajas.

El café soluble se puede obtener mediante secado por aspersión o por liofilización. En ambos casos, el grano de café es tostado, a una temperatura que varía entre 190 °C y 210 °C, y luego es molido para extraerle los sólidos solubles en agua caliente en una operación de extracción sólido-líquido. El líquido resultante, llamado extracto, es centrifugado, eliminándose el agua progresivamente. El secado por aspersión se hace dentro de una cámara de secado, para atomizar el extracto y ponerlo en contacto con el aire caliente. En la liofilización, el secado se hace por congelación del extracto a bajas temperaturas, y luego el agua es sublimada. El café obtenido en este proceso corresponde a un 40% del café verde.

Bibliografía

- Braham, J. y Bressani, R. (1978). *Pulpa de café. Composición. Tecnología y Utilización*. INCAP-CIID.
- Calle, V. (1977). Subproductos del café. *Boletín Técnico*, 2. Biblioteca.cenicafe.org/bitstream/10778/806/2/1/020introduccion.pdf.
- Cortés-Tormo, D. (2019). *Explotación de los residuos del café mediante un sistema de producción cíclico*. (Tesis de pregrado, Universitat Politècnica de Valencia).
- Encalada, M., Fernández, P., Jumbo, N. y Quichimbo, A. (2017). Ensilaje de pulpa de café con la aplicación de aditivos en el cantón Loja. *Bosques Latitud Cero*, 7(2), 71-82.
- Mayorca, E. (2005). *La pulpa de café: residuo o alimento*. Universidad Central del Ecuador. <http://www.org.es/ri/antteriores/dia103/d28-3.htm>.
- Organización Internacional del Café (OIC). (2005). *Posibles usos alternativos de los residuos y subproductos del café*. Reseña presentada por costa Rica (WP-Board 94203). ED 1967/05.
- Puerta-Quintero, I. y Ríos-Arias, S. (2011). Composición química del mucílago del café, según el tiempo de fermentación y refrigeración. *Cenicafé* 62(2), 23-40.

- Rathinavelu, R. y Graziosi, G. (2005). *Usos alternativos de los residuos y subproductos del café*. Universidad de Trieste.
<http://www.ico.org/documents/ed1967c.pdf>.
- Rodríguez-Valencia, N. (2017). *Manejo de residuos en la agroindustria cafetera*.
Infocafes.com/portal/wp-content/uploads/2017/6/xxx.pdf.
- Suárez-Agudelo, J. (2012). *Aprovechamiento de los residuos sólidos provenientes del beneficio del café en el Municipio de Betania, Antioquia: usos y aplicaciones* [Tesis de Ingeniería, Corporación Universitaria Lasallista].

CAMOTE

Nombre científico: *Ipomoea batatas*

El camote (*Ipomoea batatas*) es una planta de la familia de las convolvuláceas. Se trata de una planta herbácea, perenne, trepadora, de tallos postradas o volubles, cuyo fruto es una raíz tuberosa, gruesa y alargada, ovoide, de 4 a 5 cm de largo y ancho, glabra o lampiña, es decir, sin pelitos en su superficie externa. Las semillas son redondeadas, de 3 a 4 mm, de color café. De fácil cultivo y reproducción y de elevado valor nutritivo, el camote o batata, sus dos nombres comunes más difundidos, es cultivada ampliamente en muchas regiones tropicales y subtropicales del mundo. A pesar de ofrecer indudables beneficios (facilidad de cultivo, buena productividad y su relativamente alto valor nutritivo), el camote ha venido perdiendo importancia en el mercado internacional. No obstante, el cultivo es adecuado para garantizar la seguridad alimentaria, porque asegura una producción regular y confiable en condiciones de estrés, y desarrollada en suelos pobres o escasamente fertilizados.

Origen y difusión

Ipomoea batatas tiene muchos nombres comunes, además de camote (derivado del náhuatl camohtli): batata (del taíno, una lengua indígena antillana), patata dulce (para diferenciarla de la papa, llamada impropiaemente patata por los españoles), boniato, moniato, apichu (derivado del quechua), chaco (del guaiquerí, una lengua indígena del norte de Venezuela). Todos esos nombres comunes, de ascendencia indígena, hablan del origen americano de la planta. Llevada por Colón a España en el siglo XV, arraigó en Vélez-Málaga, que se convirtió en el mayor productor de camote de Europa.

El camote tiene su centro primario de origen en una vasta región que se extiende desde la península de Yucatán y América Central hasta la desembocadura del río Orinoco, en el sureste de Venezuela. Su centro de domesticación fue América Central, con presencia de unos 5.000 años, aunque se han encontrado restos fósiles de la planta en los yacimientos peruanos de la Puna de Chilca, datados con una antigüedad de más de 8.000 años.

Aparte de la tardía difusión a España, el cultivo del camote se llevó tempranamente a Polinesia en una fecha no bien precisada, pero que bien puede ser en el siglo I de esta era. Su presencia se ha datado por radiocarbono en las islas Cook para 1000 d.C., y en Polinesia central hacia 700. Lo que indica, dado su origen americano, que hubo contactos entre pobladores de América y Oceanía mucho antes de los viajes de Colón. Se ha encontrado también restos fosilizados de la planta en excavaciones en Hawái y Nueva Zelanda.

Manejo agronómico

La planta de camote es una planta perenne, que se propaga vegetativamente, y se cultiva como planta anual. Es una planta rastrera, erecta o semi-erecta, con abundante follaje bajo. El principal objetivo de su cultivo son las raíces tuberosas, originadas normalmente en los nudos del tallo que se encuentran bajo tierra, que alcanzan una longitud de unos 30 cm y un grosor de unos 20 cm. El peso promedio del fruto varía de 400 a 600 g.

Las formas de las raíces del camote son diversas: esférica o redonda, ovada, oblonga, elíptica, etc. La cáscara y la pulpa de las variedades de camote varían en color. Hay pulpa blanca, crema, amarilla, rosada, y de pulpa amarilla naranja, rojamarada, morada o mixturada con diversos tonos o matices. Predomina el fruto de piel rosada. La corteza del fruto es generalmente gruesa, de 3 a 4 milímetros. La pulpa es de sabor dulce, perfumada y rica en almidón.

El camote es un cultivo poco exigente. Es realizado generalmente por pequeños productores que lo cultivan en pequeñas parcelas, utilizando la mano de obra familiar. Se puede cultivar en una gran diversidad de suelos, aunque los óptimos para hacerlo son los suelos franco-arenosos o arcillo-arenosos finos, con una profundidad de 30 a 40 cm, con un pH que varíe entre 4,5 a 7,5. Necesita unos 500 mm de precipitación. Requiere preferiblemente días soleados y noches frías para el desarrollo de sus raíces tuberosas.

El caso del Perú es emblemático en América del Sur en relación con su cultivo. En el Perú el consumo del camote es muy antiguo, y se remonta desde tiempos precristianos. En la época precolombina se consumía mucho el camote. Perú cuenta actualmente con la mayor diversidad de variedades de camote en el mundo, unas

2.016 variedades. En el país se cultiva en una extensión de 14.000 hectáreas, sembradas en un amplio espectro de altura que va de 20 a 2.000 msnm. La mayor parte de la superficie cultivada, un 70%, se realiza en el departamento de Lima, que es también el mayor consumidor del producto en el país. El rendimiento del cultivo en el país es, en promedio, de 16 t por hectárea.

El rendimiento físico de la planta varía mucho, de acuerdo con las variedades utilizadas, las condiciones del cultivo y el paquete tecnológico utilizado. En Argentina, por ejemplo, los rendimientos varían entre 10.000 kg/ha y 25.000 Kg/ha.

Las variedades de camotes se clasifican en dos grandes grupos: las de tipo seco (que tienen la pulpa blanca, amarilla o morada), y las de tipo húmedo (que tienen la pulpa anaranjada o amarilla). Las de tipo húmedo son más dulces y destinadas al consumo humano, mientras que las de tipo seco son más estimadas en la industria. No obstante. Se experimenta constantemente con nuevas variedades, cada vez más prometedoras, como el clon 54, INIA 329-Bicentenario, con gran valor nutricional, y mejor forma, tamaño, color de la pulpa, mayor dulzura, menor contenido de grasa, más materia seca, más rápida cocción y mayor vida útil en el almacén.

El cultivo del camote es relativamente sencillo, pero tiene algunos puntos críticos. Uno es el de sus requerimientos de luz solar, de 10 a 13 horas de luz al día. No es un cultivo que prospera bajo sombra, pues no se desarrollan sus raíces tuberosas. Otro punto crítico es el almacenamiento, pues puede afectar la cantidad y la calidad de sus raíces. La raíz tuberosa recién cosechada contiene mucha agua, y sigue realizando sus actividades bioquímicas, tales como la respiración y la transformación de los azúcares. En ese proceso se consumen tanto oxígeno como sus azúcares, que forman anhídrido carbónico o dióxido de carbono (CO₂) y agua, con liberación de calor.

La cosecha del camote varía mucho dependiendo del cultivar empleado, desde 90 días, en variedades precoces, hasta 140 días, en variedades tardías.

Valor nutricional

La raíz tuberosa del camote es rica en almidón, vitaminas (en especial la vitamina A, y adicionalmente B1, B2, B6, C y E), algunos minerales (principalmente potasio, magnesio, hierro, zinc, calcio y fósforo). Su contenido es alto en fibra digerible. Su

sabor dulce se debe a la sacarosa, glucosa y fructuosa que contiene. Su contenido de hidratos de carbono es de 25 a 30%, de los cuales el 98% es fácilmente digerible. Proporciona unos 114 Kcal por cada 100 g, mucho mayor que el valor energético producido por la papa (76 Kcal/100g) (Vidal, Zavala-Zúñiga y Ramos-García, 2018).

Notable por el contenido en betacaroteno. Mientras más amarilla es la raíz, más riqueza en betacaroteno tiene. Es baja en grasas, aunque también en proteína (salvo los aminoácidos lisina y metionina, en mayores cantidades). Su riqueza en vitamina A ha sido aprovechada en campañas contra la desnutrición infantil como el programa desarrollado desde 2001 en la deprimida región subsahariana, con el apoyo del Perú. No obstante, su contenido proteínico es relativamente bajo, entre 2,5 y 7,5% en 100 g de materia seca, parecido al de otras raíces amiláceas y tubérculos. Es de interés señalar que el follaje contiene más proteína que la raíz tuberosa.

El contenido de antocianinas del camote es notable. Las antocianinas son pigmentos que le dan color púrpura o morado a la piel y a la pulpa, y son considerados preventivos contra el daño hepático y algunos tipos de cáncer.

En investigaciones de campo, en las cuales se evalúan constantemente nuevas variedades de la planta buscando mejores características agronómicas y comerciales (Cantoral-Quispe, 2020), se ha reportado que los factores ambientales y genéticos influyen sobre el contenido y la calidad de los nutrientes de las raíces del camote, pues las variedades responden de manera distinta en el mismo ambiente de cultivo, e incluso varían de acuerdo con las condiciones prevalecientes en la postcosecha (Carpio et al., 2017).

Las hojas del camote se consideran fuentes alternativas de los vegetales de hoja verde, por su contenido en polifenoles, antioxidantes y vitamina C. Por su riqueza en luteína, las hojas son recomendadas para prevenir la degeneración macular, un trastorno que deteriora la mácula del ojo y reduce la visión central y aguda, relacionada con la presencia de cataratas y el envejecimiento. Las antocianinas (pigmentos hidrosolubles que se hallan en las células vegetales y que le dan color a las variedades rojas, púrpuras o moradas de los frutos del camote) son consideradas potentes antioxidantes.

Usos culinarios y medicinales

El camote se consume asado, horneado, frito o hervido. Su consumo, como contorno o ingrediente de postre, es muy importante en algunos países, como Brasil (donde es el cuarto vegetal más consumido) y Perú (donde el camote forma parte importante de la gastronomía, en particular como acompañante del cebiche y en la pachamanca). En México el camote se consume principalmente como fruta cristalizada, compota o dulce de camote. En Costa Rica el camote se emplea en la elaboración o como guarnición de muchos platillos: sopas, pasteles, puré, dulces. En Venezuela, donde le dicen mayormente batata o chaco, se utiliza en dulces, como la conserva de chaco (en la región oriental), el Juan sabroso (en la región central) y el pasa rabia (en la zona costera del estado Carabobo). En Ecuador se le utiliza en algunas sopas de la Costa como el viche, y también como acompañante o guarnición en diversas presentaciones, y en dulces y chifles de camote. En Argentina, Uruguay y Paraguay, el camote forma parte de muchas comidas populares. En Estados Unidos es consumido caramelizado en la cena del día de Acción de Gracias. En Jamaica se le consume de muchas formas, entre ella como materia prima para la producción del mobby, una bebida alcohólica fermentada.

El camote se ha reconocido como un producto aliado en contra de la desnutrición infantil, por sus aportes nutricionales y por ser libre de gluten, e igualmente es recomendado para integrar la dieta de pacientes diabéticos por su bajo índice glicémico (Padmaja, 2009; Forlan et al., 2018). En el Perú se desarrolla el Programa Camote, que se propone el aumento del consumo del producto en todas las formas posibles: harina, almidón, frituras, papillas, bebidas, bioplásticos, alcoholes especiales como el sochu, y colorantes naturales de empleo en la industria de alimentos y de cosméticos.

Del camote se utiliza mayormente la raíz reservante, y secundariamente la piel del fruto, las raíces y el follaje de la planta para la alimentación animal. Se emplea en forma peletizada, formando pellets (pequeñas porciones de material aglomerado o comprimido de diversos materiales), para la alimentación en raciones para aves y peces.

El camote es también muy usado en la medicina popular, aunque la mayor parte de esas recomendaciones no está sustentada en evidencias científicas. Se le recomienda para reforzar el sistema inmune (por sus carotenos). Se le atribuyen

propiedades para curar las enfermedades de la piel y la cicatrización de las heridas, para prevenir la celulitis y para retardar el envejecimiento (por su contenido en tocoferol). Se le recomienda para reducir los niveles de colesterol y combatir la diabetes II, el estreñimiento y problemas digestivos, así como el mejoramiento de la vista y del sistema óseo.

El consumo del camote ha sido asociado, en general, y con el mejoramiento de la función inmunológica, previniendo el daño vascular y cardíaco, protegiendo el hígado y mejorando las funciones de las células hepáticas, suprimiendo el crecimiento de células malignas en el cuerpo, interfiriendo en el metabolismo de los lípidos, disminuyendo los niveles de azúcar en sangre y reduciendo las úlceras gástricas. Se ha reportado que los antioxidantes que contiene previenen el envejecimiento y las enfermedades neurodegenerativas.

Producción y consumo mundial

El camote es, en el grupo de raíces y tubérculos, el tercer rubro más producido en el mundo, detrás de la papa y la yuca. Considerado entre los cultivos alimenticios más importantes del mundo, se sitúa en sexto lugar, detrás del arroz, el trigo, la papa, el maíz y la yuca. No obstante, a pesar de sus notables ventajas (fácil manejo agronómico, rusticidad, elevado rendimiento, alta producción de energía por hectárea, y riqueza nutricional), su consumo se ha estancado o disminuido en muchos países del mundo. Una tendencia que ha empezado a revertirse al aumentar el interés por el producto, en particular por su inclusión en programas de combate contra la desnutrición infantil y la anemia, tanto en África como en América, y de su reconocimiento como alimento funcional.

La producción mundial de camote alcanza a unos 105 millones de toneladas. Los mayores productores mundiales de camote en 2018 fueron los países asiáticos y africanos, en particular China, que produce 53.009.345 t, seguido muy de lejos por Malawi (5.668.543 t), Nigeria (4.029.909), Tanzania (3.834.779 t), Etiopía (1.834.619 t) e Indonesia (1.806.389 t). La contribución del continente americano fue secundaria, a pesar de ser el centro de origen y de domesticación del cultivo.

Los mayores niveles de consumo per cápita de camote se registran en África, Oceanía y Asia. Van desde 106 kg/p/año en Ruanda, pasando por Papúa Nueva

Guinea (88 kg/p/a), Burundi y Uganda (85 cada uno), China (44), hasta los más bajos niveles de consumo registrados en el continente americano: Perú, Paraguay y Uruguay (11 cada uno), y Ecuador (2).

Procesamiento agroindustrial

El camote se consume, en el mercado interno, generalmente cocinado, frito, u horneado, a menos que se destine para satisfacer la demanda industrial, cuyo objetivo es el de convertir el camote en almidón, tal como sucede en los países industrializados, para utilizarlo en la preparación de productos dietéticos y de suplementos en la elaboración de pudines, bizcochos, panes, fideos, golosinas y postres. El camote es cosechado a mano, usando palas, picos y azadones. En esa operación se le producen daños al fruto, daños que aumentan cuando es transportado y almacenado. Incluso en almacenamiento el camote sufre pérdidas, al perder agua en los procesos bioquímicos de respiración y transpiración.

La cosecha de camote generalmente es almacenada en lugares frescos y secos, entre 12,5 y 15 °C, hasta su traslado a los mercados regionales o nacionales, para su distribución interna, o a los puertos de exportación.

Tras la cosecha, y antes del almacenamiento, el camote es expuesto al sol durante unas 24 horas. Luego es separado, clasificado y curado. El curado es una operación que consiste en modificar los almidones del fruto para cicatrizar las heridas del daño, formando una capa protectora de células, o peridermo, en las zonas afectadas. La operación de curado se realiza manteniendo al producto a temperaturas variables, pero altas, y a un nivel de humedad relativamente elevado durante varios días.

El procesamiento del almidón del camote curado se realiza ejecutando las siguientes operaciones: lavado, selección, pelado, reducción a partículas finas o rebanado, cocción, tamizado, sedimentación. Y luego a operaciones sucesivas de lavado, sedimentación y tamizado durante cuatro veces, para culminar con un lavado con alcohol, sedimentación, secado, molienda y empaçado. Se estima que de 1.000 kg de materia prima se obtiene unos 400 kg de almidón, para un rendimiento del 40%.

Para producir bebidas alcohólicas fermentadas y destiladas, hay que transformar el almidón del camote, que es el principal carbohidrato de reserva de los vegetales. Esos gránulos de almidón están formados por un 20% de amilosa, soluble en el agua, y un 80% de amilopectina, insoluble en el agua. Son largas cadenas que hay que romper para convertir un polisacárido, el almidón, en azúcares simples, unidades de glucosa, de cadenas cortas, para facilitar la fermentación. Ese proceso, conocido como hidrólisis enzimática, lo realizan las enzimas. Se hace primero la licuefacción del almidón, y luego su conversión en glucosa, lo que se llama sacarificación. El primer paso en la producción de glucosa es la licuefacción, en el que el almidón es calentado para ser gelatinizado por amilasas termorresistentes producidas por *Bacillus licheniformis*, que realizan la licuefacción y la gelatinización simultáneamente. Después se produce la sacarificación, cumplida por la enzima glucoamilasa, que rompe los enlaces de maltosa para transformarlos en glucosa.

Después viene la fermentación, que es una reacción de obtención de energía en ausencia de oxígeno. Los azúcares simples son descompuestos en alcohol y dióxido de carbono (CO₂), por la levadura *Saccharomyces cerevisiae*, que es el tipo de levadura más usado en la obtención de alcohol a nivel industrial.

Luego viene la destilación, un proceso en el que se separan los componentes de una mezcla líquida, por la diferencia existente entre los puntos de ebullición de sus componentes, empezando por los más volátiles. En este caso el etanol, un líquido incoloro e inflamable que tiene un punto de ebullición de 78 °C. Los vapores generados se condensan y licuan para producir la bebida alcohólica destilada, a partir de la bebida fermentada previamente.

Bibliografía

- Bovel-Benjamín, A. (2007). *Sweet potato: a review of its past, present, and future. AdvFood Nutr. Res.*, 52, 1-59.
- Cantoral-Quispe, E., Chavez-Cabrera, A. y Flores-Lázaro, A. (2020). Nueva variedad de camote (*Ipomoea batatas L.*) con mejores características agronómicas y comerciales. *Scientia Agropecuaria*, 11(1), 9-48.
- Chávez Paz, D. y Cojolun, R. (2002). *Jarabe de glucosa partiendo del almidón de camote*. Escuela Agrícola Panamericana.

- Cobeña-Ruiz, G., Cañarte-Bermúdez, E., Mendoza-García, A., Cárdenas-Guillén, F. y Guzmán-Cedeño, A. (2017). *Manual técnico del cultivo de camote*. INIAP. Estación Experimental Portoviejo. Manual No. 106. Editorial Humus.
- Coello-Loor, C. y Sánchez-Aguilera, D. (2020). *Bebida alcohólica vodka obtenida del camote (Ipomoea batatas)* [Tesis de Ingeniería, Universidad Estatal de Quevedo].
- Cuadrado-Peñañiel, E. (2019). *Diseño de un proceso industrial para la obtención de almidón a partir de camote (Ipomoea batatas) para el uso alimenticio* [Tesis de Ingeniería, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo].
- Cusumano, C. y Zamudio, N. (2013). *Manual técnico para el cultivo de batata (camote o boniato) en la provincia de Tucumán (Argentina)*. Editorial Famaillá.
- De León, W. y López, E. (2019). Industrialización del camote. *Ciencia y Desarrollo*, 12, 103-106.
- El Sheikha, A. y Ray, R. (2017). Potential Impacts of Bioprocessing of Sweet Potatoes: Review. *Crit.Rev. Food Sci. Nutr.*, 57(3), 455-471.
- Folquer, F. (1978). *La batata (camote): estudio de la planta y su producción comercial*. Editorial Hemisferio Sur.
- Forlan, V., Engelking, E., Ferreira, L., Alves, E. y Oliveria, H. (2018). Genetic diversity among sweet potatoes crop cultivated by traditional farmers. *Revista Caatinga*, 311 (3), 779-790.
- Johnson, M. y Pace, R. (2010). Sweet potato leaves: Properties and Synergetic that Promote Health and Prevent Disease. *Nutr. Review*, 68(10), 604-615.
- Lago, L. (2011). El cultivo de la batata, una oportunidad agroalimentaria para pequeños productores de clima cálido, 1-40. En *Convenio SENA-SAC* (eds.).
- Larenos, V. et al. (1994). Producción y uso de la batata o camote. *Instituto de investigaciones Agropecuarias (INIA)*, 38.
- Linares, E., Bye, R., Rosa-Ramírez, D. y Pereda-Miranda, R. (2008). El camote. *Biodiversitas. CONABIO*, 81, 11-15.
- Linares, L., Ureña, M. y Ruales, J. (2015). Efectos del curado sobre las propiedades térmicas del almidón del camote (*Ipomoea batatas* L.). *Agroindustrial Science*, 5(1), 27-35.
- Mohanraj, R. y Sivasankar, S. (2014). Sweet Potato (*Ipomoea batatas* L.). A Valuable Medicinal Food: A review. *J. Med. Food*, 17(7), 733-741.

- Padmaja, G. (2009). Uses and nutritional date of sweet potato, 189-234. In: *Sweet Potato*. Researchgate.net/signedup. Signup.html. DOI: 10.1007/978-1-4020-9475-0.
- Perry, L. (2002). Starch granule size and The domestication of manioc (*Manihot esculenta*) and sweet potato (*Ipomoea batatas*). *Economic Botany*, 56, 345-349.
- Rosero-Alcalde, N. (2014). *Estudio de factibilidad para la producción y comercialización de la harina de camote para el mercado español* [Tesis de Ingeniería, Universidad Católica de Santiago de Guayaquil].
- Ruiz-Muñoz, L. (2016). *Obtención de harina de camote como base en la elaboración de productos tipo galleta* [Tesis de Ingeniería, Escuela Superior Politécnica del Litoral].
- Un H. Mu, T., Xi, L., Zhang, M. y Chen, J. (2014). Sweet potato (*Ipomoea batatas* L) leaves as nutritional and functional foods. *Food Chem.*, 156, 380-389.
- Vidal, A., Zaucedo-Zúñiga, A. y Ramos-García, M. (2018). Propiedades nutrimentales del camote (*Ipomoea batatas* L.) y sus beneficios en la salud humana. *Revista Latinoamericana de Tecnología Postcosecha*, 19(2).
- Wang, S., Nie, S. y Zhu, F. (2016). Chemical constituents and health effects of sweet potato. *Food Res. Int.*, 89, 90-116.
- Zambrano-Bedón, G. (2013). *Estudio técnico-económico para la obtención de alcohol a partir del camote (Ipomoea batatas)* [Tesis de Ingeniería, Universidad Central del Ecuador].

CAÑA DE AZÚCAR

Nombre científico: *Sacharum officinarum*.

La caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) es una planta de la familia de las poáceas o gramíneas. Posee un tallo de unos 5 a 6 m de largo, y 2 a 5 cm de ancho, con numerosos entrenudos alargados, dulces, jugosos y duros. La presencia de diferentes microorganismos asociados a sus raíces, y algunos en el tallo y las hojas, pueden fijar el nitrógeno atmosférico, lo que reduce su necesidad de abonos nitrogenados.

Origen y distribución

El centro primario de origen de la caña se sitúa en el sudeste asiático y en Nueva Guinea. Desde allí fue difundida al resto del mundo. Un importante papel en esa dispersión en Europa fue jugado por los comerciantes musulmanes, que la llevaron a España, a la zona costera entre Málaga y Motril, en Andalucía, y en Alicante. Después fue llevada a las islas Canarias, y de allí a América en el segundo viaje de Colón a la isla la Española, en 1493. Pero esa vez la caña no prosperó, hasta que, finalmente, lo hizo en 1501.

Aspectos agronómicos

La caña es un cultivo de regiones tropicales y subtropicales. Un cultivo eficiente puede rendir de 100 a 150 t de caña por hectárea y por año, que contenga entre un 14 a 17% de sacarosa, 14 a 16% de fibra y 2% de otros productos solubles.

La planta se propaga por esquejes. Después retoña varias veces, y puede seguir siendo cosechada. Los cortes sucesivos se llaman zafras. No obstante, debe replantarse cada 7 a 10 años, para mantener un buen rendimiento. El cultivo requiere de mucha agua. Su período de crecimiento varía entre 11 y 17 meses, dependiendo de la variedad de la caña y de las condiciones de la zona de cultivo. Se cosecha a mano, usando machete, o mecánicamente. Un trabajador puede cosechar unas cinco toneladas por día de caña quemada, y un poco menos sin quemar. Una cosechadora mecánica cosecha unas 30 t por hora, pero ocasiona daños a la raíz o

soca, debiéndola plantar nuevamente. La caña se deteriora rápido, por lo que debe ser procesada en el ingenio para evitar microbios y bacterias.

Producción y comercio mundial

Los países productores de caña están ubicados entre los 36,7° latitud norte y los 31° latitud sur. El 50,7% de la producción se concentra en América, 40,9% en Asia, 5,9% en África y 2,5% en Oceanía. En 2018 se produjeron casi 2.000 millones de toneladas de caña en el mundo. Los dos principales productores fueron Brasil (747 millones t) y la India (377 millones t) que, en conjunto, representaron el 56% del total de la producción mundial. La lista de los diez más grandes productores se completa, en orden decreciente de importancia, China, Tailandia, Pakistán, México, Colombia, Guatemala, Australia y Estados Unidos (FAOSTAT, 2018).

Valor nutricional de la caña y subproductos

Estudios sobre la composición química de las fracciones de la caña de azúcar (caña sin corteza, corteza, puntas, cogollo y hojas) indican que la mayor cantidad de materia seca se encuentra en la corteza (39,1%), seguida por el cogollo más las hojas (27%). El mayor porcentaje de proteína cruda se halla en el cogollo y hojas (4,96%) y en la corteza (3,18%). El mayor porcentaje de fibra cruda se encuentra en el cogollo y hojas (40.0%) y en las puntas (39.0%).

El azúcar, por su parte aporta energía, como todo carbohidrato, a razón de 4 cal por cada gramo. Una cucharadita de azúcar, 5 g, aporta 20 Kcal, y una cucharada de azúcar, 15 g, aporta 60 Kcal. Como se sabe el azúcar blanco o de mesa solo contiene calorías vacías. Es decir, no contiene ningún tipo de nutrientes. Aporta básicamente sacarosa, y en menor medida glucosa y fructuosa.

La panela aporta de 310 a 350 Kcal por cada 100 g, y cantidades notables de sacarosa (82%) y fructuosa (15%), agua (2%), minerales, vitaminas, algo de proteína (0,7 g) y fibra (0,27 g).

Procesamiento agroindustrial de la caña de azúcar

Se puede señalar, de una manera aproximada, como una referencia que, para obtener industrialmente 1 t de azúcar, usando una tecnología media, se requiere procesar unas 9,5 t de caña de azúcar. Si se considera que una hectárea de caña produce, en promedio, unas 100 t, se puede deducir que de una hectárea sembrada de caña se obtienen unas 10,5 t de azúcar.

La caña que se ha cosechado se corta y se entrega en el ingenio, donde se fija el precio de recepción atendiendo a la relación existente entre el contenido de azúcar y las impurezas.

En el ingenio se extrae el jugo o guarapo, exprimiendo los tallos de la caña. El jugo contiene entre 10 y 14% de sacarosa. La extracción se realiza usando un molino que exprime el tallo entre tres o cuatro masas de acero, con la adición para facilitar el proceso. El residuo fibroso se llama bagazo, y se usa principalmente como combustible en la caldera del ingenio, o como materia prima para elaborar papel. El jugo extraído se mezcla con cal para evitar su acidificación, y se pasa luego por varios clarificadores para extraer los residuos sólidos. El jugo clarificado se cristaliza para extraer el azúcar blanco común. Veamos cómo se realiza. En ese proceso se evapora parte del agua para elevar la concentración de azúcar a un 60%. Se realiza una cocción al vacío, para mantener baja la temperatura y reducir la caramelización, hasta sobresaturar la masa. Se incorpora polvillo de azúcar, en torno al cual crecen los cristales de azúcar. La masa pasa a una centrifugadora provista de una malla en sus paredes. Al girar con rapidez, la fuerza centrífuga empuja la miel a través de la malla, y queda el azúcar. Es un azúcar crudo, que contiene 97% de sacarosa.

El azúcar crudo resultante se envía a una refinería para quitarle las impurezas y producir azúcar blanca, o azúcar blanquilla. La miel obtenida puede volverse a cristalizar y centrifugar un par de veces más para recuperar más azúcar. En algunos países, a ese azúcar se le agrega dióxido de azufre para sulfitarlo, y convertirlo en un azúcar más blanco. Del procesamiento se obtiene azúcar, como se ha visto, y una miel final que se llama melaza, que se usa como alimento animal o como materia prima para producir alcohol, específicamente aguardientes, entre ellos el ron. De la miel también se puede producir panela, es decir, azúcar sin refinar, que se calienta en una batería de pailas a diferente temperatura y luego se solidifica en moldes, y se emplea como edulcorante.

El procesamiento agroindustrial de la caña de azúcar comprende al menos unas nueve etapas claramente diferenciadas entre sí.

La primera etapa es la recepción de la caña que es traída desde el campo. En el ingenio o planta industrial se pesa y descarga, colocándola en grandes mesas con la ayuda de grúas.

La segunda etapa es la molienda, que consiste en la ruptura de las celdas de los tallos. El material es transportado por cintas transportadoras hasta los molinos, donde se extrae la sacarosa. El bagazo resultante va a las chimeneas para ser usado como combustible, o es almacenado para ser utilizado como materia prima en la fabricación de papel.

La tercera parte es la de clarificación. El jugo extraído va a un tanque, en el que es rebajado su grado de acidez. El jugo alcalinizado es bombeado a los calentadores, donde es calentado hasta una temperatura cercana a su punto de ebullición, que varía de acuerdo con la altura de la ubicación de la planta. Luego va a un tanque de glaseo abierto, en el cual pierde de 3 a 4 °C por evaporación natural. Después se lleva a los clarificadores, donde se sedimentan y decantan los sólidos. Los sólidos decantados pasan a los filtros rotatorios, recubiertos con finas mallas metálicas que dejan pasar el jugo, reteniendo la cachaza, que se emplea como abono en las plantaciones.

La cuarta etapa es la de evaporación, en la que el jugo pasa por los evaporadores. Allí se le retira el 75% del contenido de agua al jugo, para obtener la meladura.

La quinta etapa es la de cristalización. La sacarosa del jarabe se cuece en tachos al vacío. De estos cocimientos se producirán azúcar crudo (para la alimentación animal), azúcar blanca (para alimentación humana) y azúcar para refinación.

La sexta etapa es la de centrifugación o separación. Los cristales de azúcar son separados de la miel restante en las centrífugas, que son cilindros de malla fina que giran a una gran velocidad. El líquido sale por la malla y los cristales quedan en el cilindro. Las mieles vuelven a los tachos o son usadas para producir alcohol etílico. El azúcar de primera calidad retenido en las mallas de las centrífugas es disuelto utilizando agua caliente, para ser enviado a la refinería. En este punto se obtiene el azúcar rubio, por el color de los cristales. Luego el azúcar rubio es convertido en azúcar muy blanco o en azúcar muy fino.

La séptima etapa es la del refinado. En la refinería se eliminan los colorantes o materias inorgánicas que el licor pueda contener. El azúcar disuelto se trata con ácido y sacarato de calcio (usado como agente clarificante) para formar un compuesto que arrastra las impurezas dejando una mezcla homogénea, que se retira. El licor resultante se concentra, se cristaliza de nuevo en un tacho y se pasa a las centrífugas para eliminar el jarabe.

La octava etapa es la del secado. El azúcar refinado se limpia con condensadores de vapor. Se seca con agua caliente. Se clarifica, según el tamaño del cristal, y es almacenado en silos.

La novena etapa es el envasado. El azúcar crudo se lleva a granel hasta el puerto para ser exportado, o se envasa en sacos de 50 kg, para ser destinado a la alimentación animal. Mientras que el azúcar refinado es envasado en diferentes presentaciones para ser distribuido en las redes de consumo, bien sea en gramos o en kilogramos.

Productos y subproductos de la caña de azúcar

De todas las especies agrícolas, la caña es la que convierte mayor cantidad de energía solar en energía química. Pero muchas veces se desatiende ese aspecto, y solo se considera su valor comercial a un 24% de la materia seca acumulada durante su período vegetativo. Y el resto, un 76%, se le considera residuos de los procesos de fabricación del azúcar o de la panela. La planta de la caña de azúcar es altamente eficiente en captar energía solar que transforma en energía química, a través de la fotosíntesis. Esa energía química es biomasa, materia verde que se almacena parcialmente en forma de materia orgánica recuperable como combustible. Es el caso del etanol, metanol, aceite. Y como base para la producción de muchos subproductos, que aumentan el valor agregado del producto y permite convertir lo que es considerado comúnmente como un desecho o desperdicio en un subproducto útil.

Se pueden obtener muchos subproductos de las distintas partes de la planta, principalmente el tallo, el cogollo, las hojas. Entre ellos, el azúcar, la panela, la melaza, la cachaza, el bagazo, la vinaza, el melote. Algunos útiles para la alimentación, tanto humana como animal. En este último caso se obtienen

suplementos en forma de ensilajes, harinas, bloques nutricionales, melaza y melote. En la práctica, la mayoría de esos subproductos se desperdician, convirtiéndose en elementos contaminantes del ambiente.

El producto principal de la caña es el jugo o guarapo, obtenido del tallo y base para la elaboración del azúcar y de la panela. El jugo o guarapo es una sustancia rica en minerales (calcio, cromo, cobalto, cobre, hierro, fósforo, magnesio, manganeso, potasio y zinc) y vitaminas (A, C, B1, B2, B3, B5, B6), así como fitonutrientes, antioxidantes, fibra y proteína.

El azúcar es un producto cristalizado obtenido del cocimiento del jugo o guarapo de caña. Constituye una sustancia orgánica, sólida, blanca y soluble en agua, que corresponde a la reserva energética de las células animales y vegetales, compuesta por un número determinado de átomos de carbono, un número determinado de átomos de oxígeno, y el doble de átomos de hidrógeno. El azúcar de la caña es básicamente sacarosa, un disacárido formado por una molécula de glucosa y una molécula de fructosa. Se distingue entre azúcar crudo, azúcar blanco, azúcar refinado, de grano fino o extrafino, glass, morena, morena Demerara, morena extrafina, morena mascabada, etc.

La panela es un subproducto del jugo o guarapo de caña, sometiéndolo a clarificación, evaporación y concentración, retirándole el agua hasta convertirle en panela. Este producto se consigue en bloque o granulada. En bloque adquiere distintas formas, de acuerdo con el molde empleado: cuadrada, rectangular, circular, cónica. Y recibe muchos nombres de acuerdo con el país donde se elabora: panela, papelón, piloncillo, raspadura, rapadura, chancaca, tapa de dulce, gur, jaggery. Es más rica en minerales que el azúcar, porque el guarapo de base contiene impurezas, que le dan un mayor contenido de minerales esenciales (calcio, potasio, magnesio, cobre, hierro). La panela granulada se elabora a partir de la concentración del jugo hasta formar un jarabe espeso que se granula por batido.

La melaza, o mieles, es un líquido denso y viscoso, de color oscuro, resultante de la refinación de la sacarosa del azúcar de caña. Se utiliza para elaborar alcohol y para la alimentación animal. Por cada tonelada de caña se obtienen entre 11 y 32 l de melaza.

La cachaza es el residuo de la limpieza del jugo por medio de la utilización de plantas como el balso blanco (*Helicarpus americanus*). Su consistencia es esponjoso,

amorfa, de color oscuro a negro, que absorbe grandes cantidades de agua, que es rico en fósforo, calcio y nitrógeno, pero pobre en potasio. Por cada tonelada de caña se obtienen 0,04 t de cachaza.

El bagazo es lo que queda del tallo de la caña, después de haberle extraído el jugo azucarado que contiene. Está compuesto por celulosa, hemicelulosa y lignina. Es fibroso y de alto valor energético. Se le utiliza como: 1) sustrato para el cultivo de insectos comestibles, hongos comestibles y levaduras, 2) sustrato para la fabricación de enzimas industriales, alcohol y otros productos químicos, 3) fuente de fibra y suplemento de raciones en la alimentación animal, aunque no debe superar el 10% del total de la dieta, porque el animal gasta mucha energía en digerirla, 4) fuente de energía a través de la combustión para alimentar la caldera de los ingenios, 5) materia prima para muchos productos de alto valor agregado como la pulpa química papelera.

La vinaza es el residuo de la destilación de la melaza de caña. De cada litro de alcohol se generan unos 10 litros de vinaza.

El melote es produce por la deshidratación de la cachaza, lo que facilita su conservación. La cantidad de melote obtenido a la mitad del peso original de la cachaza.

Bibliografía

- Aguilar, N. (2014). Reconversión de la cadena agroindustrial de la caña de azúcar en Veracruz-México. *Nova Scientia*, 6(12), 125-161.
- Aguilar-Rivera, N., Debernardi-Vázquez, T. y Herrera-Paz, H. (2017). Subproductos, coproductos y derivados de la agroindustria de la caña de azúcar en México. *AGROproductividad*, 10(11).
- CONADESUCA. (Comité Nacional para el Desarrollo Sustentable de la Caña de Azúcar) (2015). *Ficha técnica para el cultivo de la caña de azúcar (Saccharum officinarum L.)*. CONADESUCA. http://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/141823/Ficha_Técnica_Caña_de_Azúcar.pdf.
- Cordero, A. (2015). *Tipos de azúcar, sucedáneos y edulcorantes artificiales, aplicados en recetas de repostería* [Tesis de Ingeniería, Universidad de Cuenca].

- FAOSTAT. (2019). *Date base. Producción y rendimiento de caña de azúcar en el mundo*. FAO.
- FEDEPANELA. (Federación Nacional de Productores de Panela). (2012). *Aprovechamiento de subproductos de la caña panelera en la alimentación animal*. FEDEPANELA.
- Hernández-Cázares, A. (2014). La agroindustria de la caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) en México. *AGROproductividad*, 7(2).
- Lagos-Burbano, E. y Castro-Rincón, E. (2019). Caña de azúcar y subproductos de la industria azucarera en la alimentación de rumiantes: una versión. *Agronomía Mesoamericana*, 30(3).
- Ríos, F. y Delgado-Cordomí, M. (2008). Cap. 6. Cadena de valor de la caña de azúcar. En: R. Bongiovanni. *Economía de los cultivos industriales: algodón, caña de azúcar, maní, tabaco, té y yerba mate*. Ediciones INTA (Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria).
- Villar, J. (2010). Alimento animal y energía de la caña de azúcar. *ICIDCA*, 43(1), 41-48.

CÍTRICOS

Nombre científico: género citrus, familia rutáceas.

Origen, taxonomía y difusión de los cítricos

Los cítricos pertenecen al género citrus, de la familia de las rutáceas, originarios del Asia continental y de la península Indomalaya. En el siglo X los comerciantes árabes introdujeron la naranja y el limón a la región africana de la cuenca del mar Mediterráneo. Hacia 1400 los navegantes portugueses introdujeron el naranjo en la región europea del Mediterráneo. La variedad dulce la difundieron los comerciantes genoveses en el siglo XV. Se dice que fue plantada por primera vez en tierra americana, en México, en 1518. En América del Sur fue difundida por los jesuitas, desde 1549. Los misioneros españoles la llevaron a Florida hacia 1565, y California en 1769 (Zukovskij, 1950; Schery, 1956; Hill, 1965).

Al género citrus pertenecen, principalmente, la naranja (*Citrus sinensis*, *C. aurantium*), las mandarinas (*C. reticulata*, *C. reshni*), el limón (*C. limon*), el pomelo (*C. paradisi*), y otro más menos producidos y comercializados.

En el género citrus hay mucha confusión, pues existen más de 1.600 especies y centenares de híbridos entre ellas. Para poner orden en la taxonomía, el estadounidense D. J. Mabberly (1997), los clasificó en tres especies principales, con numerosos híbridos cultivados afiliados: *Citrus máxima* (Burm), *Citrus medica* L. y *Citrus reticulata*.

Citrus máxima es el pomelo o pamplemusa, que tiene dos taxones híbridos: *Citrus x aurantifolia*, la lima, y *C. x aurantium*, que son las naranjas amargas. En este último taxón hay cuatro híbridos más: *C.x sinensis*, la naranja; *C.x paradisi*, el pomelo o toronja; *C. x nobilis*, el tangor, y *C. tangelo*, el tangelo.

Citrus medica, el cidro o citrón, con dos taxones híbridos: *Citrus x limon*, el limón común, y *C. x jambhiri*, el limón rugoso.

Citrus reticulata, que agrupa la mandarina, la tangerina, la satsuma y la clementina.

Una explicación necesaria como introducción al tema

De todas esas especies e híbridos, solo tres tienen importancia económica a nivel mundial, en orden descendente de importancia: la naranja, la mandarina y el limón. Buena parte del conocimiento y de la tecnología disponible para su procesamiento se limitan a esas tres frutas cítricas, teniendo en cuenta, sin embargo, que, en todas, el procesamiento es semejante, con muy pocas variaciones.

Hay que decir, además, de entrada, 1) Que naranja, mandarina y limón son cítricos, no solo frutas cítricas. Los cítricos son frutas de la familia de las rutáceas, con su fruto de sabor ácido o agridulce, con las particularidades de que son muy jugosas, aromáticas y que su fruto es un hesperidio, una estructura de baya modificada. La mora y la guayaba, por ejemplo, son frutas cítricas, porque son ácidas y ricas en ácido ascórbico o vitamina C, pero son bayas sin forma de hesperidio, y no son rutáceas, es decir, cítricos. 2) Debe aclararse, además, que el ácido ascórbico o vitamina C es diferente al ácido cítrico, porque poseen estructuras moleculares distintas. La fórmula del ácido ascórbico es $C_6H_8O_6$, mientras que la del ácido cítrico es $C_6H_8O_7$, con una molécula más de oxígeno. La vitamina C o ácido ascórbico está presente en frutas de sabor ácido o no, al igual que el ácido cítrico, pero éste no es una vitamina ni reemplaza al ácido ascórbico o vitamina C. El cuerpo puede producir ácido cítrico, a partir de azúcares, pero no producir ni almacenar vitamina C, que es hidrosoluble. Los cítricos poseen altos contenidos, tanto de vitamina C o ácido ascórbico, como de ácido cítrico. El ácido cítrico, producido usualmente por la industria a partir de la melaza de la caña de azúcar, se utiliza en muchos usos: como conservante, saborizante, acidulante, emulsionante, de frecuente uso en la industria alimentaria y en la cocina, repostería, cosmética, y hasta para la limpieza en el hogar.

Breve descripción de la planta y del fruto

La planta de los cítricos corresponde a un arbusto o árbol pequeño, de 3 a 7 m de altura, con una longevidad que varía entre 50 y 70 años. Posee hojas perennes, coriáceas, alternas, unifoliadas. Sus flores blancas, llamadas flor de azahar, muy aromáticas, son consideradas terapéuticas. Los cítricos se cultivan en una gran diversidad de suelos de las regiones tropicales y subtropicales del mundo, mostrando una gran capacidad de adaptación, aunque sus exigencias agronómicas

se relacionan más con la temperatura (de 13 a 32 °C, y su rango óptimo es de 20 a 30 °C), la humedad la luz, muy necesarias para el desarrollo vegetativo, la floración y el crecimiento y maduración de los frutos.

Las plantas de cítricos están constituidas por dos partes: la parte superior o copa, formada por el tronco, las ramas, las hojas y los frutos. El conjunto de ramas y hojas se conoce también como follaje. Y la parte inferior, compuesta por el tramo final del tallo y el sistema radicular. La de mayor interés para el aprovechamiento nutricional y económico es la parte superior. Especialmente porque allí está el fruto.

El fruto de los cítricos consta, básicamente, de corteza y de pulpa. La corteza, o pericarpio, presenta dos capas: una capa externa, o exocarpio, de color amarillo o verde, de acuerdo con la variedad, llamada flavedo, que contiene la mayor proporción de aceites esenciales en sus cavidades, y una capa interna de color blanco, conocida como albedo (de albus, blanco), la parte blanca de la piel, esponjosa y rica en pectina, que es una fibra soluble. La pulpa, o endocarpio, por su parte, es rica en jugo y envuelve las semillas (González-Segnana y Tullo-Arguello, 2019).

El producto principal de los cítricos es el fruto, y particularmente su jugo o zumo, pero también, como subproductos, se utilizan, una vez extraído el zumo, la corteza, la piel blanca y las semillas. Y, además, del resto de la planta, las hojas y parte de su tallo y ramas, lo que se conoce como follaje. Todas estas partes son objeto de procesamiento industrial, que producen zumo natural, zumo concentrado congelado, zumo no concentrado (NFC), aceite esencial, cáscara deshidratada, pectina, fibra alimentaria, harina cítrica, hesperidina, alimento balanceado para animales, pienso para animales rumiantes, biocombustible, fertilizante, elementos de compostaje, productos para la industria farmacéutica, cosmética y perfumería.

La economía de los cítricos a nivel mundial

Los mayores productores de cítricos en el mundo son Brasil, Estados Unidos, China, México y España. Esos cinco países producen, en conjunto, cerca del 59% de los cítricos en el mundo. No obstante, se observa una especialización en la producción por especie. Los mayores productores de naranja son Brasil, Estados Unidos, México, India, China y España. Los de mandarina son China, España, Japón, Brasil, Irán y Tailandia. Los de limones y limas son México, India, Argentina, Irán,

España y Estados Unidos. La distribución de la producción mundial entre clases de cítricos es: 65% naranjas, 18,5% mandarinas y 16,5% lima, limón, toronja y pomelo.

Buena parte de la producción de cítricos en casi todos los países se consumen internamente, en el consumo hogareño y de cafeterías y en la industria local, para elaborar zumos y concentrados. Y queda poco para exportar. El porcentaje exportado no alcanza al 15% de la producción mundial. De allí que no siempre los mayores productores son los mayores exportadores. A nivel mundial los mayores exportadores son España, Estados Unidos, Marruecos, Sudáfrica y Holanda. En naranja son: España, Estados Unidos, Sudáfrica. En mandarina, España, Marruecos, Holanda y China. En lima y limón, España, Argentina, Estados Unidos y Turquía. En pomelo y toronja, Estados Unidos, Israel, Países Bajos, Bélgica-Luxemburgo.

En cuanto a los países importadores de cítricos, destacan Alemania, Francia, Japón, Reino Unido, Holanda, Canadá, Estados Unidos, Bélgica-Luxemburgo, Hong Kong y Polonia.

La economía de los cítricos en el Ecuador, y en la provincia de Manabí

Ecuador tiene una significativa área plantada con diferentes cítricos, en orden decreciente: naranja, mandarina y limón. No obstante, la mayor parte de esa producción se destina al mercado interno y casi no se procesa industrialmente, salvo una relativamente pequeña cantidad que se extrae como zumo y zumo concentrado.

La superficie cosechada de naranja alcanza, con notables fluctuaciones, unas 40.000 ha, principalmente de cultivos asociados, en pequeñas unidades de producción de baja productividad (Solano-Robinzón, 2018). En algunos años, como 2013 y 2014, se exportaron pequeñas cantidades de naranja. Pero se comporta más bien como un modesto país importador, que importa unas 14.000 tm al año de Colombia, Estados Unidos, Chile y Perú (Heredia, 2008; Orejuela-Cachago y Pardo-Bravo, 2014).

La producción de naranja en Manabí se localiza principalmente en la parte norte de la provincia, especialmente en los cantones de Chone, Flavio Alfaro y El Carmen.

La producción de mandarina en el Ecuador ocupa unas 15.000 ha, distribuidas en por lo menos 11 provincias, mayormente situadas en la Costa y en las provincias

amazónicas, aunque también se produce en la Sierra, principalmente en Carchi, Tungurahua y Ambato (con el cantón Patate).

La provincia en Manabí destaca en la producción de mandarinas, donde se concentra cerca del 80% de la producción nacional. Hay años, como el de 2017, en lo que hubo una gran sobreproducción, que produjo una caída tal de precios, que algunos productores prefirieron, en los meses finales de la temporada de cosecha, dejar la fruta en el árbol porque el costo por día de la mano de obra superaba el precio de venta de la cantidad que un trabajador podía recoger. El cantón Chone es el mayor productor de mandarinas en la provincia, seguido de otros cantones como Flavio Alfaro y Portoviejo.

La superficie cultivada de limón en el Ecuador gira en torno a unas 4.400 ha, que se concentran en dos variedades: limón sutil, destinado al consumo interno, y limón Tahití, que va a la exportación, pero son, realidad, pequeñas cantidades. La provincia de Pichincha es el mayor productor de limón sutil, mientras que la producción de limón Tahití, sin semillas, tiene lugar en las provincias de la Costa, principalmente en las provincias de Manabí, Loja, Guayas y Santa Elena. No obstante, las dos variedades se producen en varias provincias, junto con el limón criollo y el lima-limón.

Esta breve descripción muestra las grandes posibilidades que ofrece la provincia de Manabí en el procesamiento de cítricos, si ese estableciera un programa con tal fin que desarrollara modelos de asociatividad entre los pequeños productores campesinos, programas de financiamiento y de capacitación en el cultivo y en el procesamiento, que les cree las condiciones para realizar emprendimientos en actividades agroindustriales que aumenten el valor agregado de los productos cítricos, hagan más equitativa la participación de los productores en el precio final del producto y creen fuentes permanentes de empleo.

Posibilidades de industrialización del zumo del fruto: usos y procedimientos

El fruto, como se ha señalado, presenta tres partes aprovechables industrialmente: la pulpa y la estructura asociada, la corteza y las semillas. Se procederá, en ese orden, a la explicación de los procesos de elaboración, de los subproductos y sus usos.

El producto principal del procesamiento del fruto del cítrico es el zumo o jugo. El zumo se define como el líquido, sin fermentar, pero fermentable, extraído de los frutos en buen estado, maduros y frescos. Los frutos cítricos son la materia prima universal para obtener zumo natural, que se consume en todos los países del mundo. El más consumido es el jugo de naranja, aunque también se obtiene de los otros cítricos como mandarina, limón, pomelo, etc. En algunos tipos de zumo, como de maracuyá, de mora o de tomate, por ejemplo, al jugo se incorpora parte de la pulpa y las semillas o pepitas, pero no en el zumo natural de los cítricos. Salvo, en algunos casos, partes de la pulpa.

Los mayores exportadores en el mundo de zumo de naranja, en 2002, eran Brasil, con cerca de un 32%; Bélgica-Luxemburgo (19%), Holanda (12%) y Alemania (10%). Los mayores exportadores mundiales de zumo concentrado son Brasil (cerca de un 50% del total mundial en 2002) y Estados Unidos (26% en 2002) (Roldán y Salazar, 2002).

El zumo de los frutos cítricos es beneficioso para la salud. Se recomienda su consumo con el fin de obtener, principalmente, vitamina C, potasio, citratos y fibra dietética. Un vaso de zumo natural de cítricos, en particular de naranja, es suficiente para cubrir la ingesta diaria de vitamina C, que es de 75 mg/día para las mujeres y de 90 mg/día para los hombres, según la Tabla de Alimentos y Nutrición de la Academia Nacional de Ciencias de EE. UU. Una cantidad de vitamina C capaz de inhibir la oxidación de las partículas de Lipoproteínas de Baja Densidad (LDL) (Londoño et al 2006). El zumo de cítricos, por cada 100g, tiene 92% de agua, un bajísimo valor energético (22 Kcal) y es rico en vitamina C (38,7 mg, que corresponde a un 65% de la cantidad diaria recomendada para un adulto), en potasio (103 mg, un 2% de la ingesta diaria recomendada) y en magnesio (6 mg, un 2% de la ingesta diaria recomendada).

La vitamina C es necesaria para el crecimiento y la reparación de tejidos del cuerpo y para tratar la anemia. Contribuye, en mega dosis, a la cicatrización y desinflamación de heridas (Naranjo-Logroño et al., 2017), y ayuda al tratamiento de pacientes con insuficiencia renal crónica (Taylor, 2011). El potasio influye en el metabolismo del organismo y es fundamental para el correcto funcionamiento de las células, tejidos y órganos. Los citratos son potentes inhibidores de la

cristalización de sales de calcio que forman cálculos renales (hipocitraturia) (Del Valle, Spivacow y Negrin, 2013; Aras et al., 2008). La fibra dietética.

El zumo de cítricos ayuda a desacidificar el organismo, procurando un buen equilibrio homeostático. El zumo de los cítricos tiene un pH ácido: el del limón pH2, el de la naranja y toronja pH 3. No obstante, al ingerirlo, mezclado con agua, como es aniónico, produce un efecto alcalinizante del organismo. Ayuda a fluidificar la sangre, aumenta el número de glóbulos blancos que combaten infecciones, reforzando el sistema inmunológico.

El zumo de los cítricos es el líquido obtenido del endocarpio o pulpa al ser exprimido. Se hace generalmente en el hogar empleando un exprimidor mecánico o eléctrico, o en una gran escala, en la industria. El líquido obtenido equivale a un 30% del peso del fruto, dependiendo del tipo del fruto y de la variedad empleada. Por ejemplo, un limón de tamaño mediano rinde aproximadamente 48 g de jugo. En la industria, el zumo del fruto de los cítricos se obtiene separando el zumo de la pulpa. Tras exprimir el fruto, el zumo se pasteuriza, con un calentamiento rápido. No se le agrega agua, azúcar, ni conservantes. Si es almacenado, congelado o refrigerado apropiadamente, puede conservarse durante al menos un año.

La industria de los cítricos está dominada en casi todos los países por la producción de zumos, particularmente por la producción de zumo concentrado y de zumo NFC, que quiere decir Not From Concentrate. Los principales productores de zumo de naranja son Brasil y Estados Unidos (el estado de Florida), que producen, en conjunto, cerca del 90% de la demanda mundial, seguida por china. Los frutos cítricos más procesados para obtener zumo son los de naranja (82%), limón (8%), mandarina (7%) y pomelos (3%).

El procesamiento de extracción de zumo presenta algunas variaciones, aunque es básicamente el mismo, porque requiere la clasificación por tamaño de las frutas a ser procesadas, porque es necesario adaptar los equipos a dos o tres tamaños diferentes, para evitar que se expriman demasiado, o muy poco (Murillo, s.f.). Una vez extraído el zumo, se procede a elaborar el zumo concentrado congelado y el zumo no concentrado (NFC), como la continuación del proceso.

Para extraer zumo se cumplen varias etapas (Lorente et al., 2011; Agro-Waste/CTC, 2013; Pássaro-Carvalho y Londoño-Londoño, 2012; Álvarez et al., 2016; Bruzone, 2005; Tapia, 2013).

1. Recepción de la fruta para ser procesada. En esta etapa se realizan algunos controles de calidad, como cálculo del índice de madurez, rendimiento de extracción de zumo, porcentaje de frutos deteriorados, etc.
2. Lavado de la fruta. En esta etapa se realiza la selección de la fruta, antes y después de la operación de lavado. El lavado se hace usando una lavadora de cepillos, que elimina restos de hojas, suciedad, restos de plaguicidas en la corteza. Se emplean detergentes neutros.
3. Calibrado. Se clasifica la fruta por tamaño para que se adapte a las copas del sistema de extracción de zumo. Las copas son de diferentes tamaños: entre 65 a 78 mm para naranjas, y de menos de 65 para mandarinas y limones. El calibrado se realiza haciendo girar la fruta a través de unos rodillos horizontales, que se sitúan en forma paralela a una cinta transportadora por donde llegan las frutas. Tras el calibrado, las frutas van a las bandejas de los extractores por una cinta de alimentación, inclinada y dividida en canales para alimentar a las copas de extracción.
4. Extracción del zumo. En la industria se emplea uno de los dos sistemas de extracción más conocidos: la tecnología FMC (desarrollada por la empresa estadounidense Food Machinery Company), también lo llaman JBT in line. O la tecnología ZUMEX. El sistema FMC extrae el zumo y continúa para la elaboración de concentrados. Separa de manera simultánea los elementos constituyentes del fruto (piel, membrana, semillas, que pueden amargar el zumo) y extrae el zumo. Con tal fin, se selecciona la copa para la extracción, habiéndose sido ya calibrada la fruta. La fruta llega mediante una cinta transportadora y es colocada en la parte inferior de la copa. Una cuchilla de la parte inferior corta una porción de la corteza para permitir el ingreso de un cilindro de tamizado al interior del fruto. Las dos copas, la superior y la inferior, sujetan al fruto mientras es exprimido, para evitar que se rompa. Las copas se entrecruzarán, presionando el fruto para que suelte el jugo y la pulpa. El cilindro de tamizado separa las partes del fruto de acuerdo con su tamaño. El zumo y la pulpa pasarán a través de orificios del tamizador, colocándose en el depósito colector del zumo, mientras que las membranas y las semillas pasarán por el tubo inferior. La corteza del fruto es expulsada por la parte superior, entre la copa y la cuchilla, depositándose en otro

colector. La corteza es forzada a pasar a través de los dedos de la copa y suelta el aceite esencial contenido en sus vesículas. El aceite es arrastrado mediante una corriente de agua y recogido por separado como una emulsión de aceite. Este sistema es muy completo: extrae zumo y pulpa, separa semillas y hollejos, y extrae el aceite esencial de la corteza. El sistema ZUMEX es también eficiente, más simple y económico, y adaptado a pequeñas y medianas procesadoras de zumo de cítricos. El fruto es cortado, por una cuchilla situada en la parte superior de la máquina, en dos mitades, que se hacen pasar entre dos cilindros giratorios que presionan las mitades y extraen el zumo. Se basa en unos tambores macho y hembra que extraen el zumo con una perfecta sincronización. También es eficiente y da un zumo de alta calidad, porque en ningún momento las bolas de exprimido entran en contacto con la corteza de la fruta, sino solo con la pulpa. De esa manera se evita el sabor amargo en el zumo. Los dos sistemas pueden tener algunos problemas dependiendo del tamaño muy irregular de los frutos, que escapen a la selección y calibrado.

Álvarez et al. (2016) compararon las dos tecnologías, FMC y ZUMEX, en el exprimido de mandarinas Clementina, y encontraron, con la ayuda de catadores, algunas diferencias en el rendimiento en zumo, a favor de la tecnología FMC, e incluso una calidad más alta: un zumo con más intenso color amarillo, una mayor presencia de contenido fibroso y celular, un menor olor cítrico y sabor amargo, un mayor sabor frutal y un menor sabor a cáscara de cítricos.

El zumo puede producirse de manera directa o procedente de concentrado.

El zumo concentrado es un zumo al que se ha eliminado físicamente el agua en una cantidad suficiente para elevar el nivel de grado Brix, al menos en un 50% más que el valor Brix establecido para el zumo reconstituido de la misma fruta (11,2% para el caso de los cítricos) se hace a partir de zumo, que se pasteuriza con un choque térmico y se le evapora el agua para producir un concentrado. Al enfriarse, se mezcla y almacena en tanques de congelación. Es el producto más común de la industria procesadora de cítricos. La producción tiene como base un zumo despulpado que se lleva a un evaporador para reducir la mayor cantidad posible de agua contenida, y obtener un producto con una elevada concentración de azúcares hasta los 65 °Brix.

En este proceso se extraen las partes volátiles del zumo, junto con el agua. Esos componentes pueden ser recuperados y agregados posteriormente al producto final. El zumo concentrado se coloca generalmente en bidones para su almacenamiento a - 10 °C, y conservarse a -20 °C hasta su comercialización.

El zumo a partir de concentrado se elabora mediante reconstitución del zumo concentrado, es decir, por dilución adecuada de un zumo previamente concentrado.

El zumo no concentrado NFC es zumo pasteurizado que se almacena.

En el mercado internacional se exigen determinados índices de calidad para los frutos cítricos destinados al consumo en fresco o a la producción de zumos. Aparte del cumplimiento de normas de control, higiene y de seguridad alimentaria, aplicando los sistemas de prevención basados en HACCP (Hazard Analysis and Critical Control Points) o, en español, APPCC (Análisis de Peligros y Puntos Críticos de Control).

El factor de calidad más importante en la elaboración de zumos de cítricos, y de cualquier otra fruta, es la selección de materias primas de alta calidad y de proveedores responsables. Los parámetros de calidad más importantes son, aparte de la calidad de la materia prima: Brix, extracto libre, monosacáridos, disacáridos, ácidos, índice de formol, ácidos biógenos, etanol. Para ilustrar sobre algunos, señalamos que “ácidos” se refiere a que los zumos de cítricos están constituidos mayormente por ácido cítrico, y algo de ácido málico y de ácido oxálico. La acidez cambia según sea la variedad empleada, la zona de cultivo y el punto de maduración de las frutas. Otro punto es el de índice de formol, que es un parámetro que refleja la presencia de ciertos aminoácidos en el zumo y, por tanto, es un índice de calidad de los frutos cítricos. En general, esos parámetros de calidad dependen de la fruta empleada, de la variedad de fruta dentro de la misma especie, del lugar de crecimiento, del grado de madurez, del clima, de la fertilidad de la tierra y de los sistemas de cultivo (Pássaro-Carvalho y Londoño-Londoño, 2012).

Otro producto es el llamado puré de cítrico, por ejemplo, puré de naranja, mandarina o limón, que se elabora con diferentes partes de la fruta. Se usa el flavedo (que contiene el aceite esencial), el albedo (que contiene la fibra dietética de la fruta), y el endocarpio (que contiene el zumo, la pulpa y el núcleo de la fruta). Todos esos elementos se procesan y concentran, sin el zumo. Se procede a tamizar, triturar o desmenuzar la parte comestible de la fruta entera o pelada, eliminando el zumo.

Se emplea para elaborar zumo y néctares de fruta. Si se le elimina el agua al puré, se obtiene el puré concentrado, empleado también para elaborar zumo y néctares. Con el puré, que tiene una gran capacidad gelificante y es rico en componentes antioxidantes, en especial flavonoides, se elaboran confituras o jaleas, mermeladas y otros dulces.

El néctar de fruta de cítrico se obtiene añadiendo agua, con o sin adición de azúcares de miel y/o jarabes, y/o edulcorantes. El contenido mínimo de zumo natural en un néctar es de 50% (p/p).

Posibilidades de industrialización de la corteza o cáscara de los cítricos

La corteza, junto con el hollejo y las semillas, representa la mitad o un poco más del peso total del fruto de los cítricos. Su pH varía de 3,47 a 3,66, y contiene, en 100 g de materia seca, un 84,5% de humedad, de 6,6 a 7 g de fibra alimentaria, 1.287 a 3.150 mg/kg d hesperidina, de 7 a 15 g de pectina. De la corteza, mezclada con agua, se obtiene también un puré rico en pectina (1,80 a 2,30 g) y hesperidina (978-2.849 mg/ kg). Este puré es un producto 50% corteza y 50% agua.

De la corteza o cáscara se obtienen, también, subproductos como hesperidina y pectina.

La hesperidina es un flavonoide glucósido que tiene propiedades antiinflamatorias. Se encuentra presente principalmente en el albedo de los cítricos, y un poco menos en la pulpa. En el proceso se usa agua porque la hesperidina no es soluble en agua. Se utiliza como ingrediente en la industria farmacéutica.

La pectina, responsable de darle rigidez y firmeza a las frutas (Ting y Rouseff, 1986), se extrae principalmente del puré de los cítricos. La pectina está formada por cadenas de ácidos D-galacturónicos, que forman gel, es decir, tienen capacidad gelificante en medio ácido y en presencia de azúcares. Al mezclar la pectina, mezclada con el azúcar, al enfriarse se forma una red, que actúa como un agente espesante. Por tal razón se emplea en la industria alimentaria para la elaboración de mermeladas y confituras, en la estabilización de bebidas y la preparación de helados (Belitz y Grosch, 1999). Esos productos son conservados contra la proliferación microbiana por su exceso de azúcar, que retiene el agua y extrae la humedad de las células vivas. Para elaborar mermeladas sin azúcar se le agregan iones calcio para

crear la estructura básica del gel, adicionando cloruro cálcico. Al usar puré de cítricos para preparar mermeladas y confituras, se abarata el costo de las materias primas porque es más barato que la pectina. Se considera conveniente la obtención de pectina empleando la corteza, atendiendo principalmente a la temperatura en el proceso: una temperatura de 93 °C durante 90 m, y una relación agua-corteza de 10:1, para extraer 12,52% de pectina, tal como se hace en México, que es uno de los mayores productores. El método más usado para la obtención de pectinas a partir de cítricos es mediante la hidrólisis ácida, y usando métodos enzimáticos y microbiológicos (Devia-Pineda, 2012; Noguera-Romero, Corzo-Ríos y Vázquez-Lozano, 2014).

Otro subproducto importante de la corteza es la fibra alimentaria o fibra dietética, fuente de antioxidantes naturales. La fibra dietética total se divide en fibra dietética soluble (FDS) y fibra dietética insoluble (FDI). La FDI no se disuelve en el organismo y pasa casi intacta a través del estómago, el intestino delgado y el colon, para ser evacuada. Por esa razón promueve el movimiento del material a través del aparato digestivo, aumentando el volumen de las heces, lo que ayuda contra el estreñimiento. Se puede obtener de granos integrales, frutos secos, leguminosas, tubérculos y leguminosas. La FDS comprenden mucílagos, gomas, pectinas, lignina y algunas hemicelulosas. Una buena fuente de ellas, especialmente de las pectinas, son los frutos cítricos, junto con la manzana (Escudero-Álvarez y González-Sánchez, 2006). El contenido de FD total del residuo de naranja fue de 63,4%, compuesto por 10% FDS y 53,4 FDI, con una relación FDI/FDS de 5,34 (Sáenz, Estévez y Sanhueza, 2007). Cifras muy parecidas a las encontradas por Larrauri et al. (1994), para los cítricos. La FDS absorbe agua con facilidad, disminuye la absorción de azúcar, colesterol y triglicéridos en el aparato digestivo, disminuyendo el riesgo de hemorroides, cáncer de colon, estreñimiento y diabetes. Lo interesante de la fibra dietética obtenida de cítricos es que guarda un balance conveniente entre los dos tipos de fibras FDS y FDI, lo que se considera muy conveniente para la salud. La fibra de naranja, por ejemplo, tiene 39,52%, en una combinación muy equilibrada de FDS, con 20,05%, y FDI, con 19,02% (Jiménez-Vera et al., 2012).

La fibra dietética se puede extraer en los cítricos a partir de la corteza y de los sáculos donde se almacena el jugo. La FD se obtenía inicialmente antes de la década de 1980 de los cereales como trigo, arroz y maíz. Luego, en los 90, se empezó a

extraer de la avena y las leguminosas. Y ahora, desde finales de los 90, se comenzó a obtener de las frutas, especialmente de los cítricos. El método que se usaba era el de la trituración, para disminuir el tamaño de las partículas; el lavado, para reducir la carga microbiana; la filtración y el secado para aumentar la vida útil del producto, y luego la molienda y el envasado. Después se emplearon otros métodos, como el de la extrusión en los residuos fibrosos, pero se producía la ruptura de los enlaces de los polisacáridos que la forman. Se aplicó también autoclave, y se producía también la ruptura, principalmente de la FDS. Cuando esos tratamientos se aplicaban a las fibras duras, como coco y caña de azúcar, no había tantos problemas, porque poseen un alto contenido de celulosa, hemicelulosa y lignina. Las fibras suaves de los cítricos son más suaves y menos resistentes, pero tenían la ventaja del buen equilibrio entre FDS y FDI. Se dejó entonces de emplear las cortezas de los cítricos para obtener la fibra dietética, que agregaba el problema del amargor, y se probó con los sáculos de los cítricos, principalmente de la naranja, que es la más producida, comercializada y procesada industrialmente (Sendra et al., 2004; Nawirska y Kwasniewska, 2005; Grigelmo-Miguel y Martín-Belloso, 1999). Además, las cáscaras son más útiles y rentables para producir aceites esenciales. Y las membranas interoculares y semillas se emplean más para producir pulpa de cítrico deshidratada empleada en la alimentación animal. Los sáculos se empezaron a emplear más. Con ese fin se emplea el método de ebullición o el de escaldado por vapor. Según pruebas hechas por Priego (2007), parece más conveniente el de escaldado por vapor que disminuye la lixiviación de las FDS, y mantiene mejor la relación de balance entre FDS y FDI.

De la corteza de los cítricos, principalmente de la naranja y de la mandarina se obtienen licores, a partir de la maceración de las cáscaras en alcohol (Moreno-Álvarez, Gutiérrez, Graterol y Belén, 2002; Falcón-Paz, 2016), o con un proceso más acabado de fermentación-destilación, como el que se aplica en la elaboración de famosos licores a base de cítricos como Curazao, con cáscara de naranja amarga, desde 1942, en la isla de Curazao, o Grand Marnier, a base de coñac y corteza de naranja, elaborado en Francia desde 1827, o el Cointreau, con cáscara de naranja, producido desde 1875 en la región francesa de La Loire.

De la corteza de los cítricos se obtienen bioflavonoides, o vitamina P, que algunas investigaciones señalan que ayuda a mantener la permeabilidad de los capilares del sistema circulatorio y a proteger de enfermedades virales, como el resfriado común.

Se le atribuye, además, una acción sinérgica con la vitamina C, y un efecto antagonista con la hialuronidasa (Badui-Dergel, 2006), que ayuda a degradar el ácido hialurónico presente en los tejidos, como en el tejido conjuntivo.

Posibilidades de industrialización de la corteza, de las hojas, las semillas y las flores de los cítricos para producir aceites esenciales

Los aceites esenciales constituyen el concentrado de compuestos orgánicos con intenso aroma presentes en las hojas, flores, semillas, corteza y raíz de la planta. Se trata de ácidos volátiles, porque se evaporan fácilmente en contacto con el aire, presentando un olor muy fuerte, que mejora en la disolución.

La producción de aceites esenciales a partir de cítricos es un proceso muy exigente en cuanto a volúmenes de materia prima empleada. Para producir 1 kg de zumo concentrado se requieren 17 kg de fruta fresca. Para 1 kg de cáscara deshidratada se necesitan 19 kg. Y para producir 1 kg de aceite esencial se requieren 200 kg de fruta fresca (Storti y Bevilacqua, 2011; Ministerio de Economía y Finanzas Públicas, 2011). Si se emplean otros indicadores, como el rendimiento por unidad de superficie, se ha calculado que el rendimiento de aceite esencial puro de corteza de naranja en España es de 4,70 litros por hectárea, y de 6,04 litros por hectárea del aceite esencial extraído de la corteza del limón (Cardón, 2015). Lo que da una idea clara de lo costoso que resulta ese subproducto, o producto como quiera considerarlo, en el mercado.

El aceite esencial de los cítricos se extrae principalmente de las células localizadas en el flavedo, que es la parte externa coloreada de la corteza, a través de los procesos de centrifugación, descerado y filtrado. Se pueden extraer del limón, de la mandarina clementina y de la naranja.

El aceite esencial cuando se extrae de la naranja se conoce a) como esencia de naranja, que se obtiene de la corteza y se usa mayormente como agente aromatizante, b) petitgrain, obtenido de las hojas, ramas y las semillas, empleado en perfumería, y c) esencia de neroli, extraída de las flores, y usada como aromatizante y en perfumería (Roldán y Salazar, 2002). De todos estos tipos de aceites esenciales, el más costoso es el de neroli, porque para la elaboración de un litro se requiere

1.000 kg de flores (Navarrete, Gil, Durango y García, 2010; Albaladejo-Meroño, 2008; Ortuño-Sánchez, 2006).

La elaboración de aceites esenciales de cítricos es una tarea compleja por varias razones: se trata de sustancias volátiles, mayormente hidrocarburos terpénicos, que constituyen la “base diluyente”, pero los responsables del aroma de un aceite esencial son compuestos orgánicos, que aparecen en cantidades muy pequeñas, y que suman en algunos casos casi un centenar. Son compuestos del tipo cetona, éster, éter, alcohol, aldehído, a los que hay determinar uno por uno, sus denominaciones y sus concentraciones (Ortuño-Sánchez, 2006).

Hay muchos métodos industriales para extraer aceites esenciales: prensado en frío, hidrodestilación, fluidos supercríticos, hidrodifusión con microondas y gravedad (Navarrete, Gil, Durango y García, 2010). No obstante, los más usados son extracción, extracción con disolventes volátiles, desterpenación y destilación al vacío (Pássaro-Carvalho y Londoño- Londoño, 2012).

En la extracción se emplean dos métodos: el de la raspadura y el de la esfumadura (sfumatura, en italiano). El de la raspadura, empleado en grandes empresas, consiste en el raspado para liberar el aceite esencial contenido en las glándulas, junto con restos de corteza, usando una fina lluvia de agua que arrastra el aceite y los “detritus” a una refinadora, que filtra y separa la emulsión oleosa de las partículas en suspensión. Luego se usa la centrifuga para separar la fase acuosa de la fase oleosa. Tras una nueva centrifugación, se produce un efluente acuoso que es enviado a destilación, y el aceite esencial. En el de la esfumadura, se actúa sobre la corteza, una que se ha extraído el zumo, presionándola y comprimiéndola varias veces hasta lograr sacar el aceite esencial de las glándulas, que es arrastrado por una fina lluvia de agua. Por centrifugación se obtiene una emulsión enriquecida en aceite esencial, cerca de un 80%, y una fase acuosa, que es decantada y recircula. La fase oleosa, después de una segunda centrifugación, da el aceite esencial, y una fase acuosa las ceras.

En la extracción con disolventes volátiles, se usan varios disolventes. Los más idóneos son, según los expertos, el éter de petróleo, muy purificado, y el benceno.

En la desterpenación se actúa sobre los terpenos, existentes en gran cantidad. En especial en los aceites esenciales de limón y de naranja, que contienen hasta un 90% de d-limoneno. Esos terpenos restan fuerza a los aceites esenciales y los oxidan y

polimerizan, para formar compuestos con sabores fuertes semejantes al de la trementina. Por eso hay que eliminarlos de los aceites. O se hace por destilación fraccionada a presión reducida. O se extraen los compuestos oxigenados más solubles, usando alcohol diluido u otros disolventes.

La destilación al vacío es un método para destilar sustancias a temperaturas inferiores a su punto de ebullición normal. Cuanto mayor es el grado de vacío, menor debe ser la temperatura de destilación.

Los rendimientos de extracción de aceite esencial son muy bajos, de 0,1 a 0,4%. Por eso, en el proceso industrial de extracción, se obtienen otros productos, tales como la cáscara deshidratada como base para la producción de pectinas.

La cáscara deshidratada se obtiene del prensado y separación de la emulsión zumo-aceite del fruto. De tal manera que la cáscara deshidratada es un derivado del proceso de obtención del aceite esencial. De la extracción del zumo salen dos subproductos: la cáscara y el bagazo. Con el bagazo se elabora melaza para el ganado. Con la cáscara se prepara cáscara deshidratada, lavándola, secándola, tanto con una prensa exprimida como con un secador cilíndrico que trabaja con aire caliente (Pássaro-Carvalho y Londoño-Londoño, 2012; Batista-Zamora, 2013).

A partir de los residuos de naranja, tras la extracción del zumo, la industria usa extractores que separan el zumo del residuo (cáscara, semillas, albedo aceite esencial y membranas carpelares).

Posibilidades de industrialización del follaje

Uno de los principales residuos de los cítricos, por su mayor volumen, es el originado en las labores de poda del follaje de la planta. La poda es una operación anual, se hace manualmente y se realiza después de la recolección del fruto.

Se estima que, por cada hectárea cultivada de cítricos, en el caso de esta estimación, referida al cultivo del limón, se producen cerca de 3,92 Tm de materia seca (MS) de residuos de poda (Fernández y Bacha, 2018). Ante la alternativa de dejar que los residuos se descompongan en el campo como un desecho que genera contaminación ambiental, facilitando la propagación de plagas y enfermedades, y de incendios, los especialistas han planteado dos alternativas de utilización: el compostaje (proceso biológico aeróbico en el cual actúan los microorganismos

sobre la materia biodegradable, convirtiéndola en abono agrícola) y la producción de biomasa (materia orgánica vegetal o animal, incluyendo residuos y desechos orgánicos, susceptible de ser aprovechada energéticamente).

Del follaje pueden extraerse muchos productos, en especial lípidos, de sus células y de los tejidos mediante disolventes. Entre esos productos se encuentran compuestos fenólicos, un amplio grupo de vitaminas responsables de la actividad biológica de la planta (como vitaminas F, K, C, Bi B2, B6, etc., y sustancias minerales expresadas como cenizas. Por ejemplo, usando un disolvente como bencina se pueden extraer del follaje aceites esenciales, pigmentos verdes (clorofila, cloroflida, feofetina...), carotenoides (b-caroteno, a-caroteno, luteína...), vitaminas liposolubles (D.E.K.F), hidrocarburos, alcoholes, aldehídos, cetonas, ácidos grasos saturados y no saturados, ceras, ácidos resinosos, esterinas esenciales, glicéridos, fosfolípidos y sustancias minerales. De las paredes celulares, pueden extraerse celulosa, hemicelulosas y lignina.

Los residuos de la poda pueden ser eliminados de dos maneras: una incorrecta, dejándolos descomponer en el suelo, con alto riesgo de plagas y enfermedades y con gran impacto medioambiental, o una forma correcta que se encarga de aprovecharlos: separando las hojas, que constituyen alimento de cabras, y triturando el resto e incorporándolo al suelo como abono. Lo que permite mejorar la estructura del suelo y hacer ahorros en la compra de fertilizantes químicos.

Hay muchas experiencias positivas que promueven la utilización del follaje como fuente de alimentación animal, solo o mezclándolo con otras pasturas. Se han hecho comparaciones como fuentes de forraje animal entre heno de alfalfa y un compuesto de hojas de limón, y no ha habido diferencias significativas en la producción de leche de las cabras, aunque si en el consumo de la ración total y en la digestibilidad del material (Pérez-Baena et al., 2018). Se concluye que las hojas de limón, en este caso, son un buen producto para usarse como forraje, especialmente de rumiantes como la cabra, y es, además, un buen complemento de la línea de piensos, sobre todo en las áreas donde se cultivan cítricos. La composición química de la hoja del limonero presenta, en materia seca, 91% en materia orgánica, 9% en cenizas, 13% en proteína bruta, 26% en fibra neutro detergente (FND), 3% en grasa, 11% en azúcares, 4.063 Kg/cal por kg. Valores que, en la comparación con el heno de alfalfa, se encontraban muy semejantes, favoreciendo incluso en el tenor en proteína a la hoja del limón.

BIBLIOGRAFÍA

- Agrowaste. Centro Tecnológico Nacional de la Conservación y la Alimentación. CTC/CSIC/Agrupal/Life. (2013). *Limón*. Agrowaste.eu/wp-content/uploads/2013/02/Report_lemon_interestin_compounds.pdf.
- Albaladejo-Meroño, Q. (2008). *El aceite esencial de limón producido en España. Contribución a la evaluación de organismos internacionales* [Tesis Doctoral, Universidad de Murcia].
- Álvarez, R. et al. (2016). Correlation between chromatographic profiling by HS-SP-ME and sensory quality of mandarin juices: effects of squeeze technology. Springer. En: International Congress on Engineering and Food. Food Process Engineering in a changing world. iCEFM. *Congress Proceedings*, Vol III, 2015-2016.
- Badui-Dergal, S. (2006). *Química de los alimentos*. 4ª. Ed. Pearson.
- Batista-Zamora, A. (2013). *Los cítricos en el Norte Grande Argentino. Un ejemplo de agroindustria de avanzada*. Universidad de Málaga.
- Belitz, H. y Grosch, W. (1999). *Química de los Alimentos*. Springer-Verlag GmbH.
- Bruzzone, A. (2005). Zumo concentrado congelado de naranja. Análisis de cadena alimentaria. *Revista Alimentos Argentinos*, 28.
- Cardón, M. (2015). *Línea de elaboración de zumo natural de cítricos en Lora del Río, Sevilla, España* [Tesis de Ingeniería, Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos].
- Castro-Vázquez, L., Alañón, M., Rodríguez-Robledo, V., Pérez-Coello, M., Hermosín-Gutiérrez, I., Días-Mairoto, M., Jordan, J., Galindo, M. & Arroyo-Jiménez, M. (2016). Bioactive flavonoids, antioxidant behavior and cytoprotective effects of dried grape fruit peels (*Citrus paradisi Macf.*). *Oxidative medicine and cellular Longevity*, 1, 1-12.
- Del Valle, E., Spivacow, F. y Negrin, A. (2013). Citrato y litiasis renal. *Medicina*, 73, 363-368.
- Devia-Pineda, J. (2012). *Procesos para producir pectinas cítricas*. <https://publicaciones.eafit.edu.co/index.php/revistauniversidadeafit/articulo/view918>. Consultado 29.04.2020.

- Escudero-Álvarez, E. y González-Sánchez, P. (2006). La fibra dietética. *Nutrición Hospitalaria*, 21(2), 61-72.
- Falcón-Paz, D. (2016). *Estudio técnico para la producción de licor de mandarina* [Tesis de Ingeniería, Universidad Nacional Mayor de San Marcos].
- Fernández, C. y Bacha, F. (2018). Materia prima. Hoja de cítricos, subproducto de poda, Citrus limon. *Revista NutriNews*. Info. Nutricionanimal.info/materia-prima-hoja-de-citricos-subproducto-poda-citrus-limon.
- García-Herrera, T. (2012). *Cadena productiva detallada*. Uv.mx/personal/tangarcia/files/2012/12/clase_1_cadenaproductiva.pdf.
- González-Rago, F., Rojo-Rubio, R., Ramírez-Abarca, O., Omaña-Silvestre, J., Matus-Gardea, J. y Rebollar-Rebollar, S. (2009). *Comercialización de productos derivados del limón mexicano (Citrus aurantifolia Swingle)*. Universidad Autónoma del Estado de México. Sociedad Mexicana de Administración Agropecuaria.
- González-Segnana, L. y Tullo-Arguello, L. (2019). *Guía Técnica. Cultivo de Cítricos*. JICA- Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de Asunción.
- Grigelmo-Miguel, N. y Martín-Belloso, O. (1999). Characterization of dietary fibre from Orange extraction. *Food Research International*, 31(5), 335-361.
- Heredia, A. (2008). *Naranja. Estudio agroindustrial en el Ecuador. Competitividad de la cadena de valor. Y perspectivas del mercado*. Econestad.
- Hill, A. (1965). *Botánica Económica*. Ediciones Omega.
- Jiménez-Vera, R., González-Cortés, N., Magaña-Contreras, A. y Corona-Cruz, A. (2012). La fibra de la naranja y la salud. *La Ciencia y el Hombre*, XXV(3).
- Kalfazade, N., Tulca, V., et al. (2008). Can lemon juice be an alternative to potassium citrate in the treatment of urinary calcium stones in patients with hypocitraturia. A prospective randomized study? *Urol. Res.*, (36), 313-317.
- Larrauri, J., Rodríguez, J., Fernández, M. y Borroto, B. (1994). Nota: fibra dietética obtenida a partir de los hollejos de cítricos y cáscaras de piñas. *Rev. Esp.Cienc. Tecnol. Aliment.*, 34(1), 102-107.
- Lemonconcentrate. es. (s.f.). *Productos de limón usos y propiedades*. Lemonconcentrate.es/wiki-productos-de-limon-usos-y-propiedades.
- Londoño, L., Montoya, P., Guerrero, M., Aristizabal, L. y Arango, A. (2006). Los jugos de cítricos inhiben la oxidación de lipoproteínas de baja densidad: relación

- entre actividad captadora de radicales libres y movilidad electroforética. *Revista Chilena de Nutrición*, 3(3).
- López, G., Ros, G., Rincón, F., Periago, M, Martínez, C. y Ortoño, J. (1997). Propiedades funcionales de la fibra dietética. Mecanismo de acción en el tracto gastrointestinal. *Archivo Latinoamericano de Nutrición (ALAN)*, 47(3), 203-207.
- Lorente, J., Valero, M., Ancos, B., Martí, N., García, B., López, N., Ramos, S., Landejo, B., Benar, J., Alberde, B. y Arturo, A. (2011). 5. Aspectos industriales. En: *El Libro del Zumo*. AESOZUMOS/AEAZN/TECNALIA/ECOSUR/Foodfor livespain.
- Mabberly, D. (1997). A classification for edible citrus (Rutaceae). *Telopea*, 7(2), 167-172.
- Moreno-Álvarez, M., Gutiérrez, G., Graterol, A. y Belén, D. (2002). Elaboración de un licor dulce acondicionado con cáscaras de mandarina. *Revista Científica de la Facultad de Ciencias Veterinarias*, 12(4).
- Murillo, G. (s.f.). *Ficha técnica de industrialización de naranja (citrus sinensis)*. Dirección de Mercadeo y Agroindustria. Área de Desarrollo de Producto.
- Naranjo-Logroño, I., Vinuesa-Veloz, A., Rodríguez-Lara, D., Vallejo-Andrade, K. y Revelo-Hidalgo, K. (2017). Uso de megadosis de vitamina C en la cicatrización y desinflamación de heridas quirúrgicas. *CSSN*, 8(2).
- Navarrete, C., Gil, J., Durango, D. y García, C. (2010). Extracción y caracterización del aceite esencial de mandarina obtenido de residuos industriales. *DYNA*, 77(162), 85-92.
- Nawirska, A. y Kwasniewska M. (2005). Dietary fiber fractions from fruits and vegetables processing wastee. *Food Chemistry*, 91, 221-225.
- Noguera-Romero, L., Corza-Ríos, L. y Vázquez-Lozano, P. (2014). *Utilización de un desecho de la producción de jugo de limón persa (Citrus latifolia) en la obtención de pectina cítrica*. XXVI Reunión Científica-Tecnológica Forestal y Agropecuaria Tabasco 2014 y III Simposio internacional en Producción Agroalimentaria Tropical, 6-7 noviembre. Villahermosa, Tabasco, México.
- Ordoñez-Gómez, E., Reátegui-Díaz, D. y Villanueva-Tiburcio, J. (2018). Polifenoles totales y capacidad antioxidante en cáscara y hojas de doce cítricos. *Scientia Agropecuaria*, 9(11), 113-121.

- Orejuela-Cachagro, Y. y Pando-Bravo, M. (2014). *Estudio de la producción de cítricos en la parroquia de Lita y La Carlina (Corredor Ibarra-San Lorenzo) en el período 2009-2012 y propuestas de medidas de mejoramiento* [Tesis de Ingeniería, Universidad Central del Ecuador].
- Ortuño-Sánchez, M. (2016). *Manual práctico de aceites esenciales, aromas y perfumes*. Aiyana Ediciones.
- Pássaro-Carvalho, C. y Londoño-Londoño, J. (2012). *Industrialización de cítricos y valor agregado*. Pdfs.semanticscholar.org/296c/2dec2407a01c93qcf4360b31.
- Pérez-Baena, J. et al. (2018). Usando hojas de limón contra heno de alfalfa como fuente de forraje. *Revista NutriNews*.
- Priego-Mendoza, N. (2007). *Obtención de fibra dietética a partir de sáculos de naranja aplicando un tratamiento con vapor* [Tesis de Ingeniería, Universidad Tecnológica de la Mixteca].
- Residuos.profesional. (2014). *Fibras dietéticas a partir de productos cítricos*. UPV-ASTI-Tecnalia.
- Rincón, A., Vásquez, A. y Padilla, F. (2005). Composición química y compuestos bioactivos de las harinas de cáscaras de naranja (*Citrus sinensis*), mandarina (*Citrus reticulata*) y toronja (*Citrus paradisi*) cultivadas en Venezuela. *Archivos latinoamericanos de Nutrición (ALAN)*, 55(3), 305-310.
- Roldán, D. y Salazar, M. (2002). *La cadena de cítricos en Colombia*. Documento de trabajo No. 16. Observatorio Agrocadenas Colombia. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural.
- Sáenz, C., Estévez, A. y Sanhueza, S. (2007). *Utilización de la industria de jugos de naranja como fuente de fibra dietética en la elaboración de alimentos*. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición (ALAN)*, 57(2).
- Sánchez-Pinedas de las Infantas M.T. (2003). *Proceso de elaboración de alimentos y bebidas*. Universidad de Córdoba. AMV Ediciones/ Mundi-Prensa.
- Schery, R. (1956). *Plantas útiles al hombre (Botánica Económica)*. Salvat Editores.
- Sendra, E., Lario, Y., García-Pérez, J., Fuentes, C., Sayás-Barberá, E., Fernández-López, J. y Pérez-Álvarez, J. (2004). Preparation of high powder from lemon juice by-products. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 5, 113-117.

- Solano-Robinzón, H. (2018). *Cadena comercial de naranja (Citrus sinensis) en el cantón ventanas, Provincia de Los Ríos* [Tesis de Ingeniería, Universidad de Guayaquil].
- Storti, M. y Bevilacqua, M. (2011). *Complejo Cítrico: Limón. Serie Producción Regional por Complejos Productivos*. Ministerio de Economía y Finanzas Públicas. Dirección de Información y Análisis Sectorial.
- Tapia, B. (2013). *Industrialización de Cítricos (Naranja y Mandarina)*. (Tesis de pregrado, Universidad Mayor de San Andrés).
- Taylor, M. (2011). *Utilidad de la vitamina C en el tratamiento de pacientes con insuficiencia renal crónica terminal* [Tesis Doctoral, Universidad Nacional de La Plata].
- Tenorio-Domínguez, N. (2016). Flavonoides extraídos de la cáscara de naranja tangelo (*Citrus reticulata* x *Citrus paradisi*) y su aplicación como antioxidante natural en el aceite vegetal Sacha inchi (*Plukenetia volubilis*). *Scientia Agropecuaria*, 74(2), 419-431.
- Ting, S. y Rouseff, R. (1986). *Citrus fruits and their products*. Marcel Dekker Inc.
- Zukovskij, P. (1950). *Cultivated plants and their wild relatives*. Commonwealth Agricultural Bureaux.

COCOTERO

Nombre científico: *Cocos nucifera*.

El cocotero (*Cocos nucifera*) es una planta de la familia de las arecáceas, que cuenta con una sola especie. Es decir, es una palmera monotípica. Su tronco robusto crece hasta unos 30 m de altura. En su base tiene un grosor de 50 cm. Su tamaño depende de las condiciones ecológicas, de la edad de la planta y de la variedad del cocotero. Sus hojas, o pencas, son largas, llegando a alcanzar desde 1,5 m hasta 5 m. La planta emite, en condiciones normales, entre 12 a 14 hojas al año, y la variedad de menor crecimiento hasta unas 18 hojas. Su fruto, una drupa o nuez, el coco, está cubierto de fibras, y puede llegar a pesar hasta 2,5 kg. El fruto está formado por una cáscara externa amarillenta, correosa o fibrosa (el exocarpo), de cuatro a cinco cm de espesor en forma de pelos fuertemente adherido a la nuez. Tiene, además, una capa intermedia fina (mesocarpio) y otra capa más dura (endocarpio), con tres orificios próximos, en disposición triangular. Su pulpa blanca es comestible, agradable, dulce, carnosa, nutritiva y jugosa. Su pulpa y su agua le han dado una gran importancia económica. En su cavidad se encuentra un líquido azucarado, el agua de coco, de unos 300 g.

Origen y difusión de la planta

El origen del cocotero es incierto, y se debate una región precisa, pues algunos, la mayoría de los etnobotánicos, lo consideran originario de las costas del Asia, y otros, los menos, de las de América. Lo seguro es que se encuentra distribuido ampliamente en las costas tropicales de todo el mundo. El nombre de coco le fue puesto por los navegantes portugueses que comerciaban con la India en el siglo XVI, en 1521, por las semejanzas del fruto con la cara: dos ojos y una boca abierta y la cabeza redonda, que asociaron con un personaje del folclore portugués.

Aspectos agronómicos

El cocotero es la palmera más importante y cultivada en el mundo, por la gran variedad de usos de las diferentes partes de la planta. Prospera en áreas situadas

entre 0 y 400 msnm, con suelos ligeros (de francos a arenosos), donde predominen altas temperaturas, un fotoperíodo estable y una humedad ambiental alta. La planta tolera suelos con elevada salinidad y algunos meses de sequía. La palmera de coco da su primera cosecha a partir de los seis años, pero tarda de 15 a 20 años para alcanzar la producción máxima. El fruto se desarrolla en la planta entre diez y doce meses. Y su volumen, peso y contenido de agua y pulpa del fruto varía de acuerdo con las variedades plantadas comercialmente.

Se han desarrollado muchos tipos de cocoteros que se han dividido en tres grupos, tomado en cuenta la altura de la planta: gigantes, enanos, híbridos. Dentro de cada grupo se cuenta con muchas variedades.

Los frutos de los cocoteros gigantes se dedican principalmente para el consumo como fruta fresca y como materia prima para la producción de aceite. Su contenido de agua es elevado, y su sabor es poco dulce. Florece desde los ocho años de plantado. Tiene una longevidad de 40 a 90 años. Produce una media de 50 a 80 frutos por planta al año. Las variedades más cultivadas en este grupo son el gigante de Malasia; el gigante de Renell, de Tahití, y el gigante del oeste africano, de Costa de marfil.

Los frutos de los cocoteros enanos son estimados por el contenido de agua dulce, para las bebidas envasadas. Su copra no es de alta calidad. La planta florece a los cuatro años de su siembra. Presenta una longevidad de 30 a 35 años. Tiene una productividad media de 150 a 240 frutos al año. Tiene el inconveniente de que su fruto es pequeña y que la planta es altamente susceptible a períodos prolongados de sequía. Aunque es resistente a la enfermedad conocida como amarillamiento letal. Las principales variedades cultivadas en este grupo son el amarillo de Malasia, el verde de Brasil, el naranja enano de la India.

Los cocoteros híbridos resultan del cruce entre cocoteros gigantes y enanos. Sus frutos van de medianos a grandes. Su agua tiene buen sabor y el rendimiento de copra es alto. Presenta una alta producción de frutos y es resistente al amarillamiento letal. La variedad más cultivada del grupo es el MAPAN Vic 14, que es un cruce entre el Alto de Panamá y el enano malasino.

Valor nutricional

100 g de pulpa comestible proporcionan 351 Kcal. Contiene 3,20 g de proteína, 36 de grasas, 3,7 g de carbohidratos. Su grasa está compuesta de ácidos grasos saturados (27,84 g), ácidos grasos monoinsaturados (2,14 g) y ácidos grasos poliinsaturados (0,55 g). Cuenta con 13,60 g de fibra. Contiene vitamina B1, B2, B3, B6, B9, C y E. Y minerales: potasio (440 mg), fósforo (94 mg), magnesio (52 mg), sodio (17 mg), calcio (13 mg) y hierro (2,1 mg).

En cuanto al valor nutricional del agua de coco, una bebida isotónica natural, proporciona, por cada 100 g, un valor energético de 20 Kcal, carbohidratos (5,5 g), proteína 0,1 g), lípidos (0,05 g), además de algunos minerales como potasio, cloro y sodio. En la literatura especializada se menciona que el agua de coco es una bebida que puede competir con las bebidas “deportivas”, que cuentan con una enorme demanda a nivel mundial, que representan anualmente cerca de 10.000 millones de dólares USA.

La pulpa seca o copra contiene entre 60 y 70% de grasas, mayormente ácidos grasos saturados. De ellas se obtiene aceite, con el que se elabora margarina y jabón. Su valor energético por 100 g de materia seca es de 660 Kcal. Contiene carbohidratos (20/24,40 g), proteína (6,88 g), vitamina B y minerales destacables como potasio, fósforo, selenio y cromo. El aceite de coco es considerado un alimento funcional, compuesto por ácidos de cadena media. Contiene de 80 a 90% de ácidos grasos saturados, mayormente ácido láurico, que destruye las paredes celulares de los virus, bacterias, protozoos y hongos. Y es muy recomendado a los afectados por el virus del VIH, el herpes simple, la hepatitis, y algunas bacterias patógenas, como *Helicobacter pilory* y *Staphylococcus aureus*, y levaduras, como *Candida albicans*.

Aspectos económicos

Los cinco mayores productores de coco en el mundo, en 2018, fueron Indonesia (con 18.300.000 t), Filipinas (15.353.200), India (11.930.000), Brasil (2.890.286), Sri Lanka (2.513.000) (FAOSTAT, 2019). La oferta mundial de coco está liderada por los países asiáticos, con la única excepción de Brasil. La producción mundial de coco alcanzó a 48.344.677 t, de los cuales Asia fue responsable del 84,3% del total. El 70% de la producción de coco de los tres países líderes (Indonesia, Filipinas e India) fue

aportada por pequeños productores en sus cultivos familiares de pequeña extensión.

Los principales países exportadores de coco fueron India, República Dominicana, Malasia y Sri Lanka. La inclusión de República Dominicana en el grupo de los grandes exportadores se debe a que ese país se especializó en la producción de crema de coco dulce, hasta convertirse en el mayor exportador mundial en ese producto, con ventas anuales superiores a los 15 millones de dólares.

Los principales importadores de coco fueron Malasia, China y Estados Unidos.

Los subproductos y sus usos alimentarios y medicinales

Los principales productos del coco son la pulpa, que se consume directamente o se deshidrata, para transformarla en copra. El principal producto exportado de esta planta es la copra sin procesar, seguido del agua de coco envasada. No obstante, hay otros usos de las distintas partes de la planta.

La madera del tronco se usa para la construcción.

Las hojas se utilizan para techar y hacer divisiones internas en las viviendas campesinas.

La savia de la planta se consume fresca o se deja fermentar para elaborar bebidas alcohólicas, como el llamado impropiaemente vino de coco.

Las fibras que rodean el fruto se emplean para fabricar cepillos, brochas, colchones y cuerdas.

El agua de coco, endospermo líquido, se consume popularmente como una bebida refrescante. Al extraerla del coco, el agua se conserva con dificultad, pero puede permanecer hasta ocho meses en el coco cerrado y conservar sus propiedades.

La pulpa se consume como fruta fresca o se deseca para obtener copra. El consumo de la pulpa es considerado un excelente diurético, emoliente, vermífugo, discretamente laxante. A partir de la pulpa se elabora un jarabe pectoral. La decocción del mesocarpo fibroso se emplea como purgante y antihelmíntico.

La copra de coco es el aceite de la parte sólida del coco, es decir, de la pulpa (endospermo), seca y reducida a trozos. Es materia primera para elaborar margarina y aceite por saponificación e hidrogenización. Se considera que la grasa contenida en la copra, mayormente ácidos grasos saturados, debe ser consumida

con moderación, porque aumenta el colesterol en sangre. La copra tierna presenta valores de lípidos menores (5,5 g), notablemente inferiores al de la copra madura (26,1 g).

Los productos del cocotero tienen muchas aplicaciones. Por esta razón se llama a la planta el “árbol de las maravillas” o el “árbol de los mil usos”. Los indonesios dicen que el cocotero tiene tantos usos como días tiene el año. Se habla de cerca de 360 usos de esta planta.

En la industria se usa para la extracción de aceites, para la fabricación de jabones, cosméticos, champús y detergentes. El hueso o concha que cubre la pulpa (y luego copra) se emplea para producir carbón y carbón activo, o combustible para calderas. De la pulpa rallada se obtiene el coco rallado y seco, de utilidad para espolvorear sobre productos de pastelería y panadería.

Del aceite, se obtiene harina que se emplea en la alimentación animal. Las hojas se emplean como forraje, teniendo en cuenta que no se debe cortar más del 20% del número de hojas (es decir, no más de cinco o seis por árbol y por año) para no disminuir la producción de frutos.

En la agricultura se utiliza el polvo derivado de la estopa para corregir los suelos arenosos y aumentar la retención de agua y mejorar la textura del suelo. Los productos residuales de la extracción de aceite se usan como abono orgánico. La fibra del coco se emplea como sustrato hortícola.

En la construcción popular se utiliza la madera del tronco para fabricar casas, puentes y cercas para separar parcelas. Las hojas se usan para techar viviendas. La corteza exterior para la construcción de muebles.

En la actividad de artesanía popular se usa las hojas de las palmas, y sus fibras, para fabricar canastas, bolsos, sombreros, alfombras y esteras. De la concha del coco se hacen botones, cucharas y diversos adornos, y también utensilios de cocina. La fibra del coco, que es resistente al agua de mar, se emplea para fabricar cables y aparejos de naves y otros utensilios como escobas, cepillos y brochas.

Para la alimentación humana se emplean la pulpa de coco, el agua de coco, la leche de coco, la crema de coco, el aceite de coco, el palmito o yema terminal (que se consume crudo o cocido, o como ingrediente de encurtidos). De las flores, las abejas hacen miel.

A las distintas partes de la planta se le atribuyen muchas aplicaciones medicinales. Se le emplea como antiséptico, astringente, bactericida, diurético. En algunos países se le usa como remedio contra el asma, la bronquitis, la tos, la fiebre, el estreñimiento, la disentería.

Aparte de esos usos específicos el paisaje costanero, con los cocoteros, ayuda a regular el microclima y contribuye a la protección de los suelos. Las palmeras en las costas embellecen el paisaje, y sirven de sombra a los visitantes de las playas. El cocotero se utiliza como ornamento en las calles y los parques urbanos. Los retoños y con las primeras hojas se venden como plantas de interior. La madera del tronco se usa como sustrato en macetas para plantas ornamentales, o como sustrato en algunos huertos caseros.

Aparte de los usos alimenticios y medicinales, el coco entero, la copra o el agua de coco, se utilizan con fines religiosos en algunos países asiáticos, y particularmente en la India, como parte de las ofrendas a la deidad Ganesha. La copra, por ejemplo, simboliza el arduo trabajo y la buena cosecha. Los rituales en base de copra ascienden al sabio hindú Vishvamitra, quien regaló la nuez del coco a los primeros pobladores para mejorar la visión y aumentar su bienestar general.

Procesamiento agroindustrial

Los dos productos industriales más importantes en el procesamiento del coco son la copra y el agua de coco.

La copra es la pulpa deshidratada de coco. La pulpa fresca contiene cerca de 50% de humedad. Para transformarla en copra hay que desecarla hasta, al menos, un 3% de humedad. De la copra se extrae un aceite muy usado en cosmética, tanto para la piel como para el cabello. Se usa también en la elaboración de jabones, glicerina, velas y biocombustible. El polvo o harina de coco se emplea en la alimentación animal.

Para hacer copra se extrae la pulpa del coco maduro, cortando el fruto con un machete de acero inoxidable desinfectado. Se retira el agua de coco y la pulpa, y se separan. Luego la pulpa se despedaza y seca. Los residuos que quedan se destinan a la alimentación animal. El secado se puede hacer al horno, al sol o al humo. El secado solar puede como mínimo unos cuatro días. La copra debe estar bien seca, para

evitar la acción de un hongo dañino, *Aspergillus flavus*. Después se somete la copra al prensado en caliente para triturlarla y extraer el aceite, con bajo punto de fusión, 23 °C. Ese aceite puede usarse en la cocina o la panadería o como materia prima en la industria cosmetológica o de la industria alimenticia, para producir margarina. El material residual es el pastel o torta de coco, que se usa en la alimentación de ganado bovino. Una nuez o fruto de coco produce cerca de 80 a 500 g de copra, de acuerdo con el tamaño del fruto, que depende, a su vez, de la variedad de la planta.

El agua de coco es un producto natural, que se encuentra en la cavidad del endospermo del fruto. Pero para ser envasada y distribuida comercialmente requiere de un tratamiento industrial.

Una vez extraída el agua de coco debe ser filtrada, y llevarse inmediatamente a un tanque de refrigeración, a 4 °C de temperatura, o ser congelada durante tres a cuatro horas. El agua de coco debe ser mantenida en la cadena de frío desde el lugar de su extracción hasta la planta de envasado. Es decir, conservarla a una temperatura entre 0 °C y 4 °C durante el transporte y la recepción en planta para garantizar su calidad y prolongar su duración. Cuando el agua de coco entra en contacto con el aire comienza a fermentarse, y pierde rápidamente sus propiedades organolépticas y nutritivas. Para evitar su contaminación con bacterias, las plantas embotelladoras esterilizan el producto, pasteurizándolo a altas temperaturas por breve tiempo, lo que destruye algunos de los nutrientes del agua de coco y gran parte de su sabor.

Presentamos a continuación una tabla comparativa del contenido en sales minerales tanto del agua de coco como de las bebidas “deportivas”, en mg/100 ml.

Componente	Bebidas deportivas	Agua de coco
Potasio	11,7	29,4
Sodio	41	25
Cloruro	39	118
Magnesio	7	10
Azúcares	6	5

Nota. CENTA/ MAG. Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal.

Las ventajas del agua de coco con respecto a las bebidas “deportivas” son notables. Otros investigadores presentan cifras más o menos parecidas, en las que

se incluyen otras sales minerales como calcio (1 mg en las bebidas deportivas, contra 60 mg para el agua de coco), fósforo (9 vs. 10) magnesio (3 vs. 10). En cuanto al contenido en carbohidratos, las bebidas “deportivas” aportan 5.800 contra 2.100 mgl del agua de coco.

La comercialización del agua de coco se dificulta porque es muy difícil conservarla en buenas condiciones organolépticas y nutricionales. En la década del 2000 la FAO financió una investigación académica, coordinada por la bioquímica Rosa Rolle (2007), en la que participaron varias instituciones de Jamaica: la Universidad de las Indias Occidentales, el Consejo de Industrias del Coco y el Consejo de Investigaciones Científicas. El objetivo de la investigación era el de idear una tecnología sencilla, al alcance de las PyMES, que permitiera la conservación del agua de coco embotellada durante un período entre diez días a tres semanas. Los resultados recomiendan la aplicación de la técnica de microfiltración, que produce una sustancia comercialmente estéril, pero que requiere inversiones y conocimientos que no están al alcance de los pequeños y medianos productores. Un procedimiento más sencillo y barato es el de la conservación en frío, que se inicia con el filtrado del agua de coco para eliminar las impurezas. Con este fin se seleccionan los cocos, preferiblemente de variedades híbridas, en especial MAPAN, que contienen más agua que otras variedades, en un buen estado de madurez y colectados en el árbol (si cae desde una altura de ocho meses, ya empieza a descomponerse). En este caso, con 9 meses de desarrollo, produce 1 litro de agua. En condiciones ideales, el agua debe ser extraída en un plazo no mayor de 24 horas tras la recolección. No olvidar que el coco es un fruto climatérico, que sigue respirando tras su cosecha, lo que se acrecienta en zonas muy calurosas. Los frutos se lavan con agua potable, y sumergirse en una solución con un 1 % de desinfectante durante 15 minutos como mínimo. Después se secan con aire. Se cortan con un machete de acero inoxidable desinfectando. Los residuos (concha y fibra) se retiran de la planta. El agua se vierte en un recipiente desinfectado, pasándolo por una malla de seda higienizada para filtrarlo, y a continuación se lleva a un tanque de refrigeración, a 4 °C, congelándolo durante tres a cuatro horas. El agua se embotella en botellas esterilizadas, y se protegen de la luz directa del sol. Durante el transporte hay que mantener la cadena del frío a 4 °C. Los investigadores recomiendan a los vendedores ambulantes de agua de coco mantener las botellas selladas en un carrito

cuya cavidad se mantiene fría con una mezcla de hielo y sal en los bordes, a una temperatura inferior o igual a 4 °C. El agua de coco embotellada dura en la nevera del hogar de ocho a diez días, y congelada hasta dos meses.

La leche de coco, una emulsión de agua de coco y pulpa fresca rallada, se conserva bien en la nevera de dos a tres días, y en el congelador hasta seis meses, aunque la congelación puede afectar parte de su sabor y textura.

Bibliografía

Audelo-Benítez, M. (2012). Diseño de maquinarias para el envasado de agua de coco.

Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas, 3(4).

Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal/ MAG. (s.f.). *Cultivo del cocotero*. CENTA/MAG.

FAOSTAT. (2019). *Database Results*. <http://www.fao.org>.

González-Sánchez, R. y Álvarez-Reyes, Y. (2008). Diagnóstico y plan estratégico de las cadenas agrícolas de coco y mango en el estado de Colima. *PORTES, revista mexicana de estudios sobre la Cuenca del Pacífico*, 1. [Revistasacademicas.uco.mx /index.php/portes/article /view/ 355](http://Revistasacademicas.uco.mx/index.php/portes/article/view/355).

Méndez-Mori, J. (1975). *Estudio técnico-económico para el establecimiento de una fábrica para la industrialización del coco* [Tesis de Ingeniería, Universidad Agraria La Molina].

Navarro, P., Tapia, M., Pérez, E. y Welti-Chores, J. (2007). Leche de coco: composición, tecnología y funcionalidad. Nuevas oportunidades para su conservación y uso. *Revista de Ciencia y Tecnología Agrollania*, 4.

Rolle, R. (2007). Buenas prácticas para la producción de agua de coco embotellada. Roma: FAO.

Statista. (2019). *Estadísticas*. [Statista.com/estadísticas/613440/principales-paises-productores-de-coco-en-el-mundo](https://www.statista.com/estadisticas/613440/principales-paises-productores-de-coco-en-el-mundo).

CUCURBITÁCEAS

Nombre científico: familia de las cucurbitáceas.

Las cucurbitáceas son plantas, en su mayoría originarias del Asia o del África, generalmente herbáceas y anuales, de hábito prostrado y rastrero, o trepador, con la ayuda de zarcillos en sus tallos. Poseen una sola hoja por nudo. En la axila de cada hoja hay una yema vegetativa, una flor y un zarcillo. El fruto es generalmente pepónide, que resulta usualmente tóxico y amargo inmaduro. Contiene cucurbitacina que le da el amargor y la toxicidad, y que se ha perdido en las variedades cultivadas. El fruto es de tamaño que varía de acuerdo con la especie: bayas (*Bryonia*), bayas modificadas (pepónides), y hasta capsular (*Momordica*). El fruto cuenta, de acuerdo con la especie, con numerosas semillas, anchas y aplanadas, hasta una sola semilla (en el caso de *Sechium edule*).

Hay más de 90 géneros y cerca de 700 especies de esta familia, algunas de gran importancia económica en el mundo por sus valores nutritivos y su consumo generalizado en las regiones productoras. Son valoradas por su alto rendimiento por hectárea y por su contenido rico en vitaminas y minerales, así como de algunas sustancias antioxidantes como licopeno.

Las cucurbitáceas se cultivan en regiones tropicales y subtropicales del mundo, con temperaturas no inferiores a los 15 °C. Son de gran importancia comercial, tanto para el consumo humano como animal, y se cultivan usualmente en unidades de producción pequeñas, de baja productividad y para abastecer a los mercados locales.

Las cucurbitáceas más conocidas son melón (*Cucumis melo*), sandía (*Citrullus lanatus*), pepino (*Cucumis sativus*), calabaza (*Cucurbita maxima*) y chayota (*Sechium edule*).

Breve descripción de la planta

En este capítulo trataremos sobre los principales usos agroindustriales del melón y la sandía, que son bastante similares en sus partes, propiedades y subproductos.

El melón es una planta herbácea anual, monoica, de tallos rastreros, originaria del Asia. Su fruto es una baya con un alto contenido en agua y rica en algunas vitaminas

y minerales. La forma del fruto varía de esférica a elipsoidal. Su cáscara es semidura, lisa, o rugosa o reticulada, de color blanco, gris, verdoso o amarillo.

La pulpa suave, carnosas, aromática, dulce, con muchas semillas en el centro, recubiertas de una sustancia pegajosa. Su cultivo dura, de acuerdo con la variedad plantada y de las características agroecológicas del lugar de cultivo, de 80 a 100 días.

La sandía, patilla o melón de agua, es una planta herbácea, anual y de tallos rastreros, originaria probablemente del África, cuyo fruto es un pepónide, grande, pesado, de cáscara dura, muy resistente al transporte y al almacenamiento, de forma casi esférica, con pulpa dulce, rosada o roja, de sabor dulce, con gran contenido de agua (en torno a un 90%), refrescante, con muchas semillas casi aplanadas. La pulpa es rica en sales minerales y en el antioxidante licopeno. Su cultivo dura, de acuerdo con la variedad y las condiciones del lugar de cultivo, entre 75 a 120 días.

Comercio mundial de la sandía y el melón

La cucurbitácea más importante en el comercio mundial es el melón, mucho más que la sandía.

Los países de mayor producción de sandía en el mundo son: China, Turquía, Irán, Estados Unidos y Egipto. Los mayores exportadores son Yemen, Somalia, Colombia, Armenia, Azerbaiyán y Ecuador. Los mayores importadores son Estados Unidos, Alemania, Canadá, Polonia, Singapur, Italia, China y Francia.

Los países de mayor producción de melón, especialmente de las variedades cantalupo y honey dew, las más apreciadas, son China, Turquía, Irán, Estados Unidos y España, mientras que los mayores exportadores son España, Guatemala, Brasil, Honduras y Estados Unidos. Los mayores importadores son Reino Unido, Alemania, Estados Unidos, Canadá y Rusia.

Valor nutricional de la sandía y el melón

La sandía y el melón son frutas de consumo recomendable por su elevado contenido de agua (casi 92 en la sandía y de 90% en el melón), lo que indica un bajo valor calorífico o energético de 32 Kcal para la sandía y de 35 para el melón. Ninguna de las dos frutas se destaca por sus contenidos en carbohidratos, fibra, proteína, fibra o cenizas, sino por su riqueza en algunos minerales como potasio, magnesio,

calcio, fósforo y hierro, con la particularidad de la enorme riqueza comparativa en potasio del melón (309 mg), en relación con la de la sandía (116 mg).

Ambas cucurbitáceas presentan un equilibrio del contenido de varias vitaminas, aunque a bajos niveles, salvo el caso de la vitamina C o ácido ascórbico, principalmente en el melón cantalupo (42,2 mg), más alto que el de la sandía (9,6 mg). Otra particularidad es el contenido en sustancias antioxidantes carotenoides, específicamente en licopeno, abundante en la sandía, y de carotenoides en el melón con pulpa anaranjada. El melón es notable por su abundancia en provitamina A (betacaroteno), que se transforma en retinol, con una importante actividad antioxidante. Su contenido en provitamina A es de 3.382 U.I., que corresponde al 113% del valor diario de consumo recomendable.

El consumo de la sandía y el melón es recomendable porque se trata de frutas refrescantes, mineralizantes, con alto contenido de agua, saciante y con bajo poder calórico. Se recomiendan en regímenes dietéticos de adelgazamiento, también porque son saciantes, diuréticas (limpia los riñones) y depurativas (desintoxica el organismo). Resultan de gran utilidad para los enfermos de la próstata, riñones y vías urinarias, o que retengan líquido y presenten dificultades para orinar.

Consumo

El melón y la sandía se consumen mayoritariamente como fruta en fresco, directamente, o como materia prima para la producción de zumos o jugos, y en algunos países para la elaboración de néctares, mermeladas y jaleas. La antes tan famosa combinación de melón con jamón serrano ya casi no se estila en los grandes restaurantes. Se prefiere entonces comer el melón o la sandía aislada, sola, sin acompañamientos, lejos de las comidas principales para beneficiarse de sus propiedades saciantes y refrescantes.

Esos hábitos de consumo, que no aprovechan las otras partes del fruto, suponen un gran desperdicio. Porque en la corteza y en la semilla hay elementos aprovechables, que pueden ser subproductos de la agroindustria, y que permitirían deshacerse más racionalmente, y con provecho económico, de partes que pueden convertirse en un problema de contaminación ambiental y de gestión de desechos de gran peso (por el transporte, el almacenamiento y la manipulación). De esas

partes considerados residuos en la industria procesadora de zumos, se pueden obtener harinas, aceites, cortezas deshidratadas y confitadas, alimento para animales, etc.

La forma más común de consumir la sandía y el melón es como fruta fresca, en la estación de verano o en las épocas en que recrudece el calor. De la pulpa se obtienen, como productos principales, la pulpa misma, el zumo y el néctar. De las otras partes, como la corteza y las semillas del fruto se obtienen subproductos que pueden ser de gran interés para los propósitos de garantizar la seguridad alimentaria, tanto de humanos como de animales, en muchas regiones deprimidas del mundo, y ser objeto de pequeños emprendimientos locales, de baja tecnología e inversión.

Producción en el Ecuador y Manabí

La sandía se produce mayormente en las provincias del Guayas, Manabí, Santa Elena, Esmeraldas, El Oro, Tungurahua y Galápagos. Se cultivan anualmente unas 20.000 h, probablemente, porque se carece de información actualizada.

En Manabí, donde se siembran unas 2.000 h, en monocultivos o en cultivos asociados en pequeñas unidades de producción agrícola. Los cantones con mayor superficie dedicada al cultivo y con mayor producción son Chone, Tosagua y Bahía de Caráquez.

El melón es producido en el Ecuador para el consumo interno y para la exportación, aunque aún son pequeños envíos, aprovechando la ventaja de oportunidades que le da exportar en los meses de noviembre a marzo, donde hay poca oferta disponible a nivel mundial. En el 2008 se exportaron 647 tm, aunque hay posibilidades de aumentar su oferta exportable. Se han realizado experiencias positivas de cultivo en sistema de invernadero en la Sierra, particularmente en el Valle de Tumbaco, a 2.332 msnm.

El mayor productor de melón en el Ecuador es la provincia del Guayas, que produce cerca del 70% de la producción nacional, seguida por la provincia de Manabí. El consumo interno de melón es relativamente bajo, porque no hay hábito de consumo de la fruta. Aparte de que el rubro se enfrenta a varios inconvenientes: una ineficiente comercialización por la existencia de muchos intermediarios, y con

grandes deficiencias en el transporte, la manipulación pos-cosecha y el almacenamiento.

En la provincia de Manabí se cultiva principalmente en La Sequita, ubicada en la parroquia Crucita, del cantón Portoviejo. Allí también se cultiva sandía.

Procesamiento agroindustrial de la sandía y el melón

La transformación agroindustrial de los dos frutos, sandía y melón, resulta, en la práctica, bastante similar. Nos dedicaremos, entonces, a la exposición del proceso en el fruto que presente el mayor número de investigaciones y de experiencias relacionadas. En este caso es la sandía. En la medida en la que haya algunas diferencias entre el procesamiento de la sandía y del melón, haremos la observación correspondiente.

La principal parte aprovechable de las plantas cucurbitáceas es el fruto. De la pulpa contenida en el fruto se obtiene zumo natural de la pulpa y zumo concentrado. Tomando como base el zumo se obtienen varios subproductos como néctar, jalea o confitura y mermelada.

La parte más voluminosa y pesada del fruto es la corteza, de la cual se obtienen algunos subproductos.

Y otra parte, de menor importancia, aunque también aprovechable industrialmente, son las semillas.

Procesamiento agroindustrial de la pulpa

De la pulpa de la fruta se extrae el zumo.

Según el Diccionario de la Real Academia Española (RAE) zumo es el líquido de hierbas, flores, frutas y otras cosas semejantes, que se saca exprimiéndolas o majándolas. En rigor, el zumo de fruta es el producto 100% natural obtenido exprimiendo la fruta. El jugo de fruta es zumo al que se añadió agua, o agua y azúcar, y se aplica de manera general a toda cosa provechosa, útil y sustancial.

Por ejemplo: jugo de carne, jugo gástrico, el jugo del negocio, etc. La confusión viene del uso popular de los términos: en algunas partes de habla hispana, como Colombia y Venezuela, por ejemplo, se dice jugo y no zumo. En España, y en otros países como Ecuador, se dice zumo y no jugo.

En la industria de frutas se dice zumo, del que se obtiene jugo o néctar.

De la pulpa de la S se extrae el zumo, pero también se pueden obtener fitonutrientes, carotenos con capacidad antioxidante. Uno de ellos es el licopeno, presente en las frutas de color amarillo intenso, naranja o rojo. El licopeno se halla en el tomate, la sandía, la guayaba, la naranja, el perejil, etc. Una de las frutas más publicitadas como la mayor fuente de licopeno es el tomate. Sin embargo, la pulpa e sandía tiene más licopeno que el tomate crudo El tomate tiene 3.362 Mg/100 g versus la sandía, que contiene 4.100 Mg/100 g.

Del zumo se extraen varios subproductos: jugo (el que hacemos en el hogar, añadiendo agua y azúcar), y en la agroindustria: néctar, jalea, mermelada, confitura, compota, pasta de fruta.

JUGO= ZUMO + AGUA + AZÚCAR (en el hogar)

JUGO= ZUMO + AGUA + AZÚCAR + ADITIVOS = NÉCTAR + AGUA

EVAPORADA (en la industria).

Estos conceptos se aplican a los productos derivados de los diferentes tipos de fruta.

El néctar es el zumo puro de fruta que se rebaja, o aligera, con agua, y se envasa. En los manuales se dice que es una bebida preparada a partir de la pulpa de fruta, natural o concentrada, agua filtrada y azúcar.

La jalea se elabora a partir del zumo que se obtiene de exprimir o triturar la pulpa, junto con la piel y las semillas. Ese jugo es mezclado con azúcar y pectina. Se añade usualmente jugo de limón para que la jalea mantenga la consistencia. A veces, depende del fabricante, la jalea puede contener algunos pequeños trozos de fruta. El aspecto de la jalea es medio brillante, poco espesa, un poco gelatinosa y tiende a no mantener la forma.

La mermelada es un producto elaborado con la pulpa íntegra cortada en pequeños trozos o triturada, y contiene como mínimo un 30% de la pulpa. Luego se le agrega azúcar y se pone a hervir. La relación entre pulpa y azúcar depende del tipo y la madurez de la fruta. Mientras más madura esté la fruta, contendrá más azúcar. Al llegar la mezcla a 104 °C, el ácido y la pectina en la fruta reaccionan con el azúcar, dando consistencia a la mezcla. La mermelada es más oscura y espesa que la jalea, y mantiene su forma.

En la tradición de los países europeos la mermelada es el resultado de macerar la fruta con azúcar durante horas. Y después triturarla y cocerla.

En la tradición culinaria anglosajona se llama confitura a la preparación de frutas no cítricas, mientras que la mermelada es la que se hace con frutas cítricas.

La confitura se prepara con la piel y la pulpa de la fruta entera o triturada cocida en almíbar, lo que la hace más dulzura. En este caso, el contenido mínimo de fruta es de 35%. La confitura se relaciona más bien con la técnica empleada en el proceso.

La compota es el producto obtenido tras cocer la fruta con poco azúcar, entre un 10 a un 15%. Es, por tanto, una mezcla poco azucarada.

La pasta de fruta es la pulpa de la fruta cocida con un 80% de azúcar por cada kilo de pulpa de la fruta empleada, hasta conseguir un producto de consistencia sólida. También le dicen bocadillo.

Zumo

La base para obtener todos esos subproductos es el zumo de la fruta.

Para extraer el zumo de S se siguen los siguientes pasos (suponiendo que procesamos, por ejemplo, 6 kg de fruta entera, en este caso de sandía):

1. Selección y pesado de la fruta: 6 kg de S e buena calidad.
2. Lavado y desinfectado: La sandía (S) es lavada y desinfectada, utilizando agua y una solución sanificante de 250 partes por millón (ppm). Es decir, 25 ml de cloro en un litro de agua. En el proceso entraron 6 kg de S y salieron 6 kg de S. Para el lavado se usó 1 lt de agua por cada kg de S. El agua entró y salió.
3. Pelado y despulpado: Se separa la pulpa de la corteza (que se pesa y se retira: 1,8 kg). Quedan 4,2 kg de pulpa, que se corta en pequeños trozos o dados de aprox. 3 cm.
4. Pesado de la pulpa: se verifica el peso de la pulpa: 4,2 kg.
5. Extracción de zumo: se extrae el zumo en el finisher, que da 3,024 kg. Hay una pérdida de residuos, que llaman "bagazo", de 1,17 kg.

Esos 3,024 Kg de zumo constituyen la base para continuar el proceso hacia la producción de néctar, jalea, confitura, mermelada, compota o pasta de fruta, siguiendo los procedimientos particulares para cada preparación.

Nota: El finisher (o filtro Paddle Finisher ZPF) es un artefacto que elimina la pulpa gruesa y, a la vez, afina el líquido mediante un sistema de paletas que funciona a gran velocidad, regulando la fase de extracción. Dispone de una malla metálica perforada para el filtrado.

Néctar

El néctar debe contener 15 °Brix, o 15% de azúcar. El contenido de pulpa por Kg de néctar, o relación entre pulpa y agua en un néctar, es parte del desarrollo de la fórmula de la marca de una empresa. Una vez obtenido el resultado, se somete a una desinfección, a una pasteurización, y al control de su pH (que debe ser inferior a 4,5) y de sus azúcares. Luego se deposita en envases de vidrio o de plástico, llenándolos a una temperatura no menor de 85 °C. Después se sellan herméticamente.

NÉCTAR DE SANDÍA= 60% ZUMO DE SANDÍA + 30% AGUA + 9% AZÚCAR +% GOMA XANTAN + 0,05% ESTABILIZANTE + 0.01% ÁCIDO CÍTRICO + 0,0055% SORBATO DE POTASIO.

Jalea

El proceso de elaboración de la jalea de S se inicia con el zumo extraído del finisher.

La jalea se elabora con el zumo filtrado, y luego se le agrega azúcar, agua, ácido cítrico y pectina.

Se mezcla pectina seca con $\frac{1}{4}$ de taza de azúcar en un envase. Se reserva el resto de azúcar.

1. Se mezcla el zumo de S con el 50% del azúcar.
2. Se coloca la mezcla en una olla de acero inoxidable, y se pone a hervir a fuego medio alto, agitando constantemente para evitar que se queme. En unos 10 m comienza la ebullición.
3. Se agrega el ácido cítrico, para regular el pH, a 3-3,5, °Brix 65-68, y lograr una buena gelificación.
4. Se hierva la mezcla a 90 °C. Se añade el azúcar restante, junto con la pectina y se sigue calentando.

5. Al tener la mezcla una consistencia pastosa, se le agrega el conservante sorbato de potasio, y se le somete a fuerte hervor durante 3 m.

El proceso consta, en resumen, de las operaciones de filtrado, mezclado, precocción, cocción a 90 °C, envasado, enfriado, almacenado.

Mermelada

La mermelada de S se elabora siguiendo las mismas operaciones de la jalea. Lo que cambia son algunas proporciones.

Repitamos el proceso con 1kg de zumo, extraído del finisher, y 0,50 kg de azúcar, lo que dará un total de 1,50 Kg. Esa relación se puede modificar, de acuerdo con la dulzura de la fruta. Por ejemplo, agregar solo 0,40 kg de azúcar.

Las operaciones son: recepción del zumo, mezclado, precocción, cocción a 90 °C, envasado, enfriado, y almacenado.

El zumo de S se mezcla con el azúcar (menos una pequeña cantidad que se reserva para mezclarla con la pectina)

El polvo de pectina es difícil de disolver en el agua, pues forma grumos. Entonces, se mezcla, en seco, la pectina con una pequeña cantidad de azúcar, que se había separado y que se había molido hasta obtener un polvo muy fino. Los dos polvos, el de azúcar y el de pectina, se mezclan bien y se reserva.

La mezcla del zumo con la mayor cantidad de azúcar se deposita en una olla de acero inoxidable para cocerla, hasta 70/80 °C. Casi al final de la cocción, se le añade la mezcla de pectina y azúcar que se había hecho. La cocción continúa hasta 90 °C, cuidando de que no debe hervir por más de 12 m porque puede decolorarse, concentrarse y tomar aroma de caramelo. En ese punto se le agregan los aditivos (ácido cítrico), para regular el pH (3/3,5) y conseguir una buena gelificación. El punto final se alcanza a una temperatura entre 106 y 108 °C, y que los sólidos solubles, medidos con un refractómetro, sean de 65/68 °B. Antes de finalizar el proceso se agrega el conservante (sorbato de potasio).

La mermelada ya lista se retira del fuego y se deja reposar durante 15 m, antes de quitarle la espuma.

Los frascos de vidrio, esterilizados al vapor, se llenan con la mezcla todavía caliente, dejando un pequeño espacio vacío, de ¼ de pulgada. Se dejan enfriar

completamente y se cierran bien con su tapa. Se ponen en una olla de agua hirviendo, a baño de María, durante 5 m. Se dejan enfriar y se almacenan en un lugar fresco y oscuro.

El proceso de cocción de la mermelada dura aproximadamente 45 m, incluyendo el tiempo del enfriamiento.

Para preparar 1,50 Kg (1 Kg zumo + $\frac{1}{2}$ Kg azúcar) se usan 11,89 g de pectina (grado 150. Es decir, 1 g de pectina gelifica 150 g de azúcar), 3 g de ácido cítrico, 0,44 g de sorbato de potasio. Se obtienen 0,892 g de mermelada de S, con un rendimiento de 59,47%.

En el proceso se utilizaron dos instrumentos: una balanza y un refractómetro, y un equipo conformado por: cocina industrial, olla de acero inoxidable, tinas y baldes, cuchillos, cucharas de madera, coladores y jarras graduadas.

Licor de sandía

Con el zumo de S se prepara también licor de S.

Licor= 58,47% de zumo de S + 35% de aguardiente + 5,84% de miel o jarabe + 0,60% de aditivos (esencia).

Se procede igual que en los casos anteriores, salvo que los trozos de pulpa se ponen a macerar en aguardiente de 7 a 10 días. Transcurrido ese lapso, el líquido se filtra, y se le agrega el jarabe o la miel. Si se opta por el jarabe, éste se prepara mezclando 450 g de azúcar en 300 ml de aguardiente, en caliente. Se le agrega la esencia, se mezcla bien la preparación. Y luego se pasteuriza. Después se envasa en frascos limpio y esterilizados y se almacena.

Procesamiento agroindustrial de la cáscara de sandía

La cáscara de la S contiene fitonutrientes con capacidad antioxidante. Uno de ellos, la citrulina, abunda en la corteza de la S.

La cáscara confitada se obtiene del procesamiento de la cáscara de la S.

Cáscara confitada de S = 50% de cáscara + 49% de jarabe + 0,05% de colorante + 0,05% de sorbato de potasio (conservante).

La cáscara confitada, la llaman también fruta confitada, es un producto obtenido después de varias etapas de ebullición y de prolongado reposo, con jarabes de

concentraciones cada vez mayores, que van desde 30% hasta 75%, procurando que el azúcar penetre de una manera profunda en los tejidos de la corteza.

El proceso de elaboración comprende varias etapas:

1. Recepción, selección.: lo que significa recibir la fruta de S, inspeccionarla, pesarla. Debe seleccionarse la cáscara de S frescas, sanas y maduras, con consistencia firme.
2. Lavarla y pelarla: lavar la pulpa con agua y una solución sanificante, pelarla y trocearla.
3. Cortar la cáscara: cortar la cáscara en trozos de 1 cm x 1 cm.
4. Macerarla en salmuera: la maceración se hace en un recipiente con salmuera, en una preparación de 1 litro por cada kilo de fruta picada. Para la salmuera se usa 3.000 g de sal en grano en 3 lt de agua potable, durante 48 horas. La maceración mejora la consistencia de los tejidos de la cáscara y facilita la penetración del azúcar presente en el jarabe para el confitado.
5. Se realiza la primera cocción, con jarabe de 70 °Brix con suficiente agua. Se deja reposar.
6. Se realiza la segunda cocción, con jarabe de 50 °Brix en 120 ml de agua, por 15 m. se deja reposar.
7. Se realiza la tercera cocción, con el resto del jarabe de 70° Brix por 15 m. Se deja reposar.
8. Escurrido y secado. Se emplea agua caliente a 60 °C para eliminar la miel que queda en la superficie de la cáscara. Se procede a escurrir. Se pone a secar cubierta por una malla fina en un lugar seco y ventilado durante dos días.
9. Una vez los trocitos secos, se depositan en bolsas plásticas de 1,5 y 10 kg, sellándolas luego de manera hermética.

De la cáscara de S también se puede producir etanol. Una sandía de unas 20 lbs de peso, podría producir, entre la pulpa y la corteza, 1,4 lbs de azúcar, suficiente para obtener siete décimos de una libra de etanol.

Procesamiento agroindustrial de las semillas de sandía

Las semillas de la S contienen aceite y son, además, ricas en proteína y vitamina B2. Una porción de 108 g de semillas de S, equivalentes al contenido de una taza,

tiene un poder calórico de 602 kcal, superior a las proporcionadas por el arroz integral, con 216 kcal. De ese total, la mitad corresponde a grasas (51 g). De ese total, 51 g, 11 g corresponden a grasas saturadas.

De cada unidad de S se obtienen, en promedio, entre 200 y 250 semillas, equivalentes a 40 g de semillas. Las semillas de la S son planas, de tamaño variable, que varía entre 5 a 10 mm de largo y de 3 a 5 mm de ancho. El color de la semilla puede ser crema, café, rojo, negro o moteado, según la variedad cultivada de S. La superficie de la semilla es lisa, excepto las semillas moteadas que son algo ásperas. En el interior de la semilla se encuentra el endospermo y el embrión con dos cotiledones.

Las semillas se emplean para la producción de snacks, anglicismo en América latina para designar comercialmente a los alimentos ligeros que se consumen entre comidas o para acompañar la ingesta de bebidas. Se le conocen en los distintos países, según los usos locales, como aperitivo, picada, botana, pasapalos, tentempié y hasta refrigerio, para satisfacer el hambre. El snack se compone, generalmente, de un 95 % de semilla, de un 5% de sal agregada y 0.01% de sorbato de potasio como conservante.

Para preparar semillas secas y saladas se procede de la siguiente manera: se lava la semilla con agua, se pone a secar al sol, durante un día. Luego se saliniza. Y se saltea en freidora, a una temperatura de 80 °C, durante 5 a 10 m. Después envasa en frascos limpios y secos, con una capacidad de 500 g, o en la capacidad que se desee.

Procesamiento agroindustrial del melón

El melón puede ser procesado industrialmente empleando procedimientos y maquinaria parecidas a las usadas en el caso de la sandía. Las características nutricionales y las propiedades fitoquímicas de ambas cucurbitáceas se parecen. Aunque divergen en algunos puntos.

El fruto del melón está compuesto, en promedio, por 30% de corteza, 30% de pulpa, 35% de zumo, y 5% de semillas.

El valor nutricional de la pulpa del melón por 100 g de materia comestible contiene 54,2 Kcal, 80 g de agua, 13,1 g de carbohidratos, 0,8 g de fibra, 320 mg de

potasio, 11,8 mg de magnesio, 15,8 mg de calcio, 0,4 mg de hierro, 32 mg de vitamina C, 2,7 mg de folatos, 3 mg de provitamina A.

Zumo de melón

El procedimiento de extracción del zumo de melón es igual al de la sandía. Se debe tener en cuenta que el melón, especialmente el de la variedad cantaloupe, es más apreciado por su riqueza en vitamina C y de betacarotenos (provitamina A, que se transforma en retinol), de gran actividad antioxidante. Los melones que presentan su cáscara reticulada son ricos en vitamina C, betacarotenos, vitamina C y en sacarosa.

Del zumo del melón se obtienen subproductos como néctar, jalea, confitura, mermelada, pasta de pulpa y licor, siguiendo procedimientos análogos a los de la sandía.

Corteza de melón

La corteza o cáscara del melón representa del 30 al 45% del peso del fruto, de acuerdo con la variedad, pues presentan diferentes espesores de corteza. Algunos análisis bromatológicos practicados a la cáscara de melón arrojan como resultado un 97,12% de humedad, 0,19% de proteína, 0,26% de grasas, 0,49% de ceniza y 0,26% de fibra.

De la corteza, tratada con iguales procedimientos a los empleados en la industrialización de la sandía, se obtiene una harina, que ha arrojado en los exámenes bromatológicos resultados positivos.

El proceso para obtener harina comprende varias etapas: 1) la selección de la fruta, 2) su limpieza y desinfección (dejándola reposar 10 m en una solución de agua con bicarbonato de sodio), 3) su corte, separando la corteza, que se divide en pequeños trozos, 4) el blanqueo de la corteza en agua hirviendo por 3 m, para que se ablande y conserve mejor, 5) el secado, en un horno que posea circulación de aire, a 105 °C por 24 h, para darle consistencia, 6) la deshidratación de las cortezas, eliminando completamente la humedad restante, 7) la pulverización de la corteza hasta obtener una harina fina, 8) el análisis bromatológico de la harina, identificando

sus componentes nutricionales, 9) el empaçado y sellado del producto en fundas al vacío, 10) el almacenamiento en un lugar fresco y seco.

De la cáscara del melón, en especial de las que presenten consistencia firme, se obtiene corteza confitada, llamadas también frutas confitadas. La práctica ha determinado que la mejor tecnología para la elaboración de confituras con cáscaras de melón es sometiendo las cáscaras a una cocción de 100 °C, durante 45 m en un jarabe que contenga un 60% de azúcar, y luego secando los trozos a una temperatura de 80 °C, durante 50 m, y 120 m en una estufa normal. El producto se envasa en fundas de polietileno de baja densidad, con cierre hermético. El rendimiento en este caso es de 40,5%. Para ese propósito es recomendable emplear secadores de bandeja, que estén insertos en una cámara de secado vertical, de unos 97 cm de altura con una profundidad y anchura de 80,47 cm. En este caso se usarán cinco bandejas, dejando un espacio de 12 cm entre bandejas, para evitar que haya demasiada transferencia de calor.

Semillas del melón

De las semillas del melón se puede producir aceite. Las semillas del melón poseen un alto contenido de aceite: 37,65%, más que las de la sandía (28,03%). Para la extracción de aceite de sus semillas se han hecho algunas experiencias. Una de ellas fue empleando Soxhlet para el proceso de extracción. La acidez libre de la semilla del melón es de 0,32 mg KOH/g, lo que indica una buena calidad del aceite. En este caso se trata de ácidos grasos insaturados, con buena digestibilidad, y apropiado para ser usado en la alimentación humana.

BIBLIOGRAFÍA

- Aguayo, E., Escalona, V. y Artés-Hernández, F. (2001). Industrialización del melón procesado fresco. *Revista Horticultura*, 155, 48-60.
- Álava-Rosales, L. (2011). *Elaboración de fruta confitada del epicarpio del melón mediante la elaboración de confituras* [Tesis de Ingeniería, UTE].
- Álvarez-Aguilar, B. y Trujillo-Blanco, A. (1994). *Estudios exploratorios sobre el potencial agroindustrial de las semillas de melón (Cucumis melo) y de sandía (Citrullus lanatus)* [Tesis de Ingeniería, Universidad de El Salvador].
- Cabañas, M. de la L., Lamothe, A., Álvarez, D. y Domínguez, Y. (2005). *Prácticas de Botánica Morfológica y Sistemática*.
- Cakebread, S. (1981). *Dulces elaborados con azúcar y chocolate*. Editorial Acribia.
- FAO. (2006). *Calendario de cultivos. América Latina y el Caribe*. FAO.
- García-Breijo, S. (s.f.). *Familia Cucurbitáceas*. Unidad Docente de Botánica. Universidad Politécnica de Valencia.
- Mataix-Verdú, J. y Barbancho-Cisneros, F. ((2007). *Hortalizas y verduras de la alimentación mediterránea*. Editorial Universidad de Almería/ Ayuntamiento de El Ejido.
- Naranjo-Salgado, A. (2012). *Evaluación económica y de calidad en diferentes híbridos de melón (Cucumis melo) del grupo cantaloupe en condiciones controladas en el Valle de Tumbaco* [Tesis de Ingeniería, Universidad de San Francisco de Quito].
- Puig-Rojas, N. y Tagle-Merchán, J. (2010). *Industrialización de la Citrillus vulgaris (sandía)* [Tesis de Ingeniería, Universidad de Guayaquil].
- Reché, J. (1988). *El Melón*. Editorial MundiPrensa. 3ª. ed.
- Rodríguez-Vergara, S. y Yáñez-Castro, R. (2012). *Estudio de factibilidad para la creación de una planta de producción industrial de jugos de frutas en el cantón Naranjito* [Tesis de Ingeniería, Universidad Estatal de Milagro].
- Sánchez-Carías, D. (2006). *Diagnóstico de la situación actual y perspectivas de la industria del melón (Cucumis melo) en Honduras* [Tesis de Ingeniería, Escuela Agrícola Panamericana].
- Schaafer, H., Hebl, C. y Renner, S. (2009). Gourds a float: a dated phylogeny reveals an Asian origin of the gourd family (Cucurbitaceae) and numerous oversea dispersal events. *Proceedings Biological Science*, 276, 843-851.

Tapia, R. (2011). *Estudio de factibilidad para la creación de una empresa productora y exportadora de jugo natural de sandía destinada al mercado colombiano, ubicada en el barrio de Carcelén, Quito* [Tesis de Ingeniería, Universidad Politécnica Salesiana].

Whitaker, T. y Davis, G. (1962). *Cucurbits. Botany, cultivation and utilization*. Leonard Hill.

Wolf, N. (s.f.). *Beneficios de la cáscara de sandía*.
<http://www.livestrong.com/es/beneficios-cáscara-sandía>.

Zapata, M., Cabrera, P., Bañon, S. y Roth, P. (1989). *El melón*. MundiPrensa.

MANGO

Nombre científico: *Mangifera indica*

El mango se encuentra entre los cuatro principales frutos tropicales comercializados a nivel mundial, junto con el banano, la piña y el aguacate (FAO, 2019). Hay dos grandes grupos de variedades de mango: los monoembriónicos, concentrados en la India, con solo un embrión por semilla, y los poliembriónicos, con centro en Indochina y Filipinas, con más de un embrión por semilla (Sergent, 1999). Ambos grupos se cultivan en todo el mundo, en zonas tropicales y subtropicales, creciendo entre 0 y 1.200 msnm, pero principalmente por debajo de los 600 msnm. La planta de mango se extiende entre los 30° LN y 30° LS. Las variedades más cultivadas a nivel mundial son Keith, Kent, Haden, y Tommy Atkins, aunque también destacan las variedades Smith, Ataulfo, Manila, Edward, Carrie, Amalie, Irwin Red, Zill y Sunset Adams. Asia es responsable de cerca del 80% de la producción mundial de mango. Los principales países productores son India, China, México y Tailandia. Brasil es también un importante productor y exportador de mango en América. Los mayores exportadores de mango son México, Países Bajos, Tailandia, India, Brasil y Perú. Los mayores importadores de mango a nivel mundial son Estados Unidos, Países Bajos (que lo reexporta), China (es también el mayor productor), Alemania, Reino Unido, Francia y Vietnam.

Origen y difusión

A los latinoamericanos nos cuesta entender que el mango no es originario del continente americano. Lo estamos viendo y degustando, y en abundancia, desde niños. Hay árboles de mango por todas partes: en los patios de las casas, en los potreros, y en los terrenos más recónditos sin que nadie los haya plantado. No obstante, la planta del mango es originaria probablemente de la región Indo-Birmana y del sureste de Asia, la isla de Borneo y Sumatra (Sergent, 1999). Para León (1968) y Mukherjee (1972) la planta, cultivada desde hace más de 4.000 años, comprende más de cuarenta especies del género, distribuidas desde la India y Ceilán hasta Filipinas. A África fue introducida desde el siglo I por los persas, y los portugueses hicieron reintroducciones en el siglo XVI a África occidental. Los portugueses la llevaron a Brasil desde el siglo XVII, y desde allí se dispersó por

América del Sur. A México fue introducida desde Filipinas por la ruta del Galeón de Manila. Y desde allí continuó su viaje por América Central y el Caribe. Hacia 1833 fue introducida al estado de Florida, específicamente a Miami, donde se establecieron plantaciones experimentales. Se han registrado más de 1.000 variedades de mango, contándose solamente en la India más de 500 variedades.

Descripción de la planta

El mango (*Mangifera indica*) es una especie arbórea perteneciente a la familia de las Anacardiáceas, de hasta 30 m de altura, con tronco grueso provisto de corteza con látex resinoso. Su fruta es en forma de drupa, oblonga o redondeada, de una longitud que varía desde 4 cm hasta 25 cm, y presenta distintos colores, dependiendo de la variedad, que van desde el verde, verde amarillento en su madurez, con tintos morados o rojos. El peso del fruto oscila entre 50 g a más de 2 kg. La pulpa es de color amarillo o anaranjado, de textura suave, jugosa, de sabor dulce al madurar, pues en estado verde su sabor es medianamente ácido y astringente, atractivo para el consumo popular.

Manejo agronómico de la planta

La planta de mango requiere de abundante luz solar y precipitación pluvial, bien distribuida, entre 400 y 3.600 mm al año, aunque resiste una prolongada sequía de hasta ocho meses. Las condiciones ideales de humedad relativa están entre 40 y 60%, y de temperatura entre 24 y 27 °C. Prospera en suelos limosos y arenosos, ligeramente ácidos y alcalinos, con un pH de 5,5 a 7,5. Se propaga por semilla o asexualmente, por injerto.

Tras la siembra, la primera cosecha se produce entre los dos a los cuatro años, dependiendo de la variedad y de las condiciones del lugar de plantación. La planta puede vivir hasta más de 1.000 años, y es muy resistente inclusive a las quemas. Su fruto es climatérico, ya que sigue madurando después de haber sido cosechado (Sergent, 1999; Rodríguez, 2016).

Al cosechar la fruta debe tenerse cuidado de no derramar el látex que contiene, dejándole un pedúnculo de hasta unos 5 cm. El látex, al derramarse, causa pérdida

de agua, reduciendo el peso del fruto, y produce manchas negras en la cáscara, haciéndola propensa a la infección con hongos.

La enfermedad de antracnosis, causada por el hongo *Colletotrichum gloeosporoides*, produce severos daños en la planta, principalmente en el desarrollo de las hojas, las ramas y los frutos. Esos daños se manifiestan en todos los estadios fenológicos del árbol, disminuyendo su productividad hasta en un 90%, o, en los casos más leves, afeando la apariencia del fruto, lo que reduce su atractivo para la comercialización. El uso excesivo de fungicidas químicos se ha convertido en un factor de contaminación ambiental, creando resistencia de los patógenos y la presencia de residuos tóxicos en el fruto. Por tal razón en algunas plantaciones se ha optado por la alternativa del control biológico.

Los mangos destinados a la exportación reciben tratamiento para preservar la fruta y aumentar su durabilidad. El más conocido es el de sumergir la fruta durante unos minutos en agua caliente para matar los hongos que causan la antracnosis, y luego se dejan enfriar lentamente a temperatura ambiente. También los frutos se tratan con radiación para eliminar los huevos y larvas de la mosca de la fruta.

En los países productores gran parte de la fruta producida se consume internamente, como fruta fresca o se industrializa domésticamente, y la otra parte, una menor cantidad, se exporta. En México, por ejemplo, el mayor productor de América, y uno de los cinco mayores productores de mango del mundo, destina del 84 al 88% de la producción al consumo interno, y apenas exporta entre un 12 a 16%. Pero lo que llama la atención es que apenas un 13% de lo que se queda en el país es industrializada. De tal manera que solo se agrega valor a solo una porción muy pequeña de la producción nacional de mango. Esa situación se repite aún más gravemente en los otros países latinoamericanos.

Partes de la planta, productos y subproductos

El principal producto de la planta del mango es el fruto, conocido como mango, una drupa que es recubierto por una piel o corteza (exocarpio), que contiene la pulpa (mesocarpio) y una sola semilla (endocarpio), con su embrión, formada por el hueso y la almendra. El fruto completo puede llegar a pesar, dependiendo de la variedad, entre 150 g y 2 kg. El fruto de las variedades Haden y Tommy Atkins, las

de menor tamaño entre las más comercializadas, pesa entre 250 y 550 g, la T. Atkins, y de 270 a 430 g, la Haden. Entre las mayores se encuentra la Keith (480 a 820 g) y la Kent (de 480 a 650).

La pulpa equivale a cerca del 60% del peso del fruto en base húmeda (Heredia 2011). Su peso depende, en realidad, de la variedad de mango. En la variedad Tommy Atkins la pulpa representa el 83% del peso del fruto, y en la Haden equivale a un 72% (Sergent, 1999).

La cáscara representa, dependiendo de la variedad de mango, entre el 15 al 18% del peso total del fruto.

La semilla o hueso equivale entre el 13 y el 29% del peso total del fruto (Sumaya-Martínez, 2012).

Al inventariar las partes del mango que son considerados residuos, los investigadores han caído en la cuenta de que se generan grandes pérdidas. Heredia (2011), registró residuos que alcanzan hasta un 40% del peso total del fruto en base húmeda, tales como semilla (32%) y cáscara (8%). y se libera una gran cantidad de desperdicios que se convierten en agentes contaminantes del ambiente, y que pueden ser transformados en subproductos que agregan valor, y aprovechados para extraer pectinas y aceites (Álvarez, 2004; Heredia, 2011; Guerrero-Rivera y Campos-Campos, 2014).

Entre los principales subproductos del mango está el mango en almíbar, la mermelada de mango, el mango deshidratado, la jale o ate de mango, el néctar de mango, el chutney de mango, el mango en vinagre, la salsa de mango, el mango en polvo, el aceite de la semilla de mango, la pasta o bocadillo de mango.

Usos de las partes de la planta

El fruto se consume por lo general en fresco, crudo, al madurar, o aún verde, espolvoreado con sal. En algunas partes como México, lo sazonan con chile.

La pulpa se usa para elaborar dulces, conservas, jugos, néctares, mermeladas, jaleas, rebanadas en almíbar, salsas, mango en polvo (Sumaya-Martínez et al., 2012; Guerrero-Chanduví et al., 2013). En algunos países como India, Pakistán y Palestina, donde constituye la fruta nacional, se utiliza en diversidad de maneras, para elaborar salsas, como chutney, y como ingrediente en varios platos. O se emplean los mangos

verdes como materia prima en la elaboración de la bebida *aam panna*. También se puede elaborar rebanadas o trocitos de pulpa deshidratada, y encurtidos de mango (González-Madera, Salas- Castillo y Rangel-Luzuriaga, 2009).

La cáscara o piel es rica en pectina y moléculas bioactivas, que servirán para elaborar un suplemento funcional o nutraceutico. Hay investigaciones sobre la cáscara para la producción de biogás y algunos compuestos bioactivos para la industria farmacéutica o la industria alimentaria, como polifenoles, carotenoides, fibra dietética, pectinas y enzimas (Johnson et al., 1991; García, 2003; Ajila et al., 2008; Sumaya- Martínez et al., 2012; Sumaya-Martínez et al., 2019; Sánchez-Camargo et al., 2020).

Con la cáscara y la semilla se puede elaborar harina para la alimentación animal, en especial rumiantes (Sanon y Kanwe, 2010; Barrera-Manrique y Cujía-Mendinueta, 2017). La semilla contiene grasa y almidón. De ella se puede extraer aceite vegetal y harina. La semilla contiene la mayoría de los aminoácidos esenciales, en especial lisina, leucina y valina. A partir de ella se puede obtener aceite comestible, por su perfil de ácidos grasos parecido al de la manteca de cacao, a la que pudiera sustituir en parte. El rendimiento de la semilla en aceite, tras prensarla, puede alcanzar hasta un 31%, usando como solvente hexano (Álvarez, 2004). De la semilla es posible obtener también antioxidantes naturales como compuestos fenólicos (ácido gálico, elágico y galatos) y fosfolípidos (Correa, 1999; Tapia et al., 2013; Guerrero-Rivera y Campos-Campos 2014; Rubiano, Ciro y Aristázabal, 2019). También se pueden obtener abono orgánico, tras someterlo a técnicas de compostaje (Issa-Lanza, 2020).

La semilla del mango está formada por la parte dura o hueso y la almendra, contenida en su interior. De la almendra de la semilla del mango, que representa más de la mitad del peso de la semilla, se puede obtener, por su contenido de proteína, aislados proteicos (generalmente hechos a partir de semillas de soya), que pueden adicionarse a los alimentos para aumentar sus características funcionales, nutricionales y económicas (Guatemala-Morales et al., 2007; Chaparro-Acuña et al., 2015). Ballesteros-Vivas et al. (2019) han realizado investigaciones sobre los usos de la almendra de semilla para extraer compuestos bioquímicos.

De la semilla se puede obtener harinas, utilizable para la elaboración de pan y galletas, mezclada con harina de trigo. Esa harina puede usarse también, sola o

mezclada, como forraje para la alimentación animal (Barrera-Manrique y Cujía-Mendinueta, 2017), o como ingrediente en la elaboración de jabones, cosméticos y medicamentos. A la semilla pulverizada se le atribuyen propiedades medicinales contra el asma y la diarrea.

Composición bioquímica del fruto

La pulpa del mango contiene una buena cantidad de antioxidantes. La pulpa posee, en comparación con otras frutas como la uva, la guayaba y la piña, una (mayor actividad antioxidante y una más alta concentración de compuestos fenólicos totales (Kukoski et al., 2005). Robles- Sánchez et al. (2009) reportan, por su parte, que el consumo regular de mango reduce el estrés oxidativo y los niveles de triglicéridos en plasma.

La cáscara del mango contiene compuestos bioactivos, como pectina, polifenoles, carotenoides, enzimas y mangiferina. Se ha reportado que la cáscara del mango contiene pectina de alta calidad, por su gran concentración en ácido galacturónico y su grado de esterificación. (Sudhakar y Maini, 2000). Posee, además, un excelente equilibrio entre fibra dietética soluble (29%) e insoluble (27%) (García, 2003; Ajila et al., 2008; Sánchez-Camargo et al., 2020). La mangiferina es una sustancia extraída de diversas partes de la planta de mango (hojas, corteza, y de la cáscara del fruto), que tiene propiedades antioxidantes, antimicrobianas, antidiabética, hipocolesterolémicas, y supuestamente anticancerígenas (Imran et al., 2017).

La semilla o hueso contiene ácidos grasos poliinsaturados y compuestos fenólicos con actividad antioxidante y antiinflamatoria (Engels et al., 2009).

Los extractos antioxidantes de la cáscara o del hueso del fruto tienen potencialidades de utilización en la industria alimentaria, así como en las industrias farmacológica y de la cosmética.

Usos alimenticios y medicinales del mango

La producción de mango en los países en desarrollo se destina principalmente al consumo en fresco. Las condiciones en las que se realiza la producción, muchas veces no controladas, ocasiona grandes pérdidas del fruto. Su producción se concentra en unos pocos meses, y se incurre con frecuencia en sobreproducción, lo

que reduce los precios y desestimula al productor que tiene siembras comerciales. Una gran parte de la producción ocurre fuera de plantaciones, en los patios de las casas o en potreros, donde los frutos terminan pudriéndose, siendo un factor de riesgo en la contaminación ambiental, como criadero de hongos y de insectos. Por esa razón en varios países, como México, se han creado programas de asistencia al productor, transfiriéndoles paquetes sencillos de tecnología y de bajo costo. Un modelo de esos programas de asistencia es el sistema SIMORELOS, financiado por el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT), que orienta a pequeñas y medianas empresas agrícolas y agroindustrias, con miras al aumento del valor agregado a la fruta en toda la cadena de valor del producto.

El mango tiene muchos usos potenciales medicinales. La mayoría no ha sido debidamente comprobada, pero la riqueza de sus componentes bioquímicos ha estimulado muchas investigaciones científicas que inducen a pensar que su consumo proporciona sus grandes beneficios para la salud de las personas.

Sus contenidos en carotenoides, ácido ascórbico, terpenoides y polifenoles son potenciales elementos para prevenir varios tipos de cáncer. Su betacaroteno es un excelente antioxidante. La fibra y la mangiferina reducen los niveles de azúcar en sangre, y puede ayudar a combatir la diabetes I. A su contenido en vitamina E le atribuyen propiedades afrodisíacas. Su fibra contribuye a limpiar el colon y a facilitar la digestión. Su vitamina A, junto con sus betacarotenos, reduce el riesgo de degeneración macular y mejora la salud ocular. Su vitamina B6 y el hierro mejora la salud cerebral. Su contenido en vitamina C y zinc contribuye a mejorar la salud del sistema inmune. (Engels et al., 2009; Medrano et al., 2014; Buelvas-Salgado et al., 2017; Ballesteros-Vivas, 2020).

Valor nutricional del mango

La pulpa del mango tiene un contenido en agua de un 83,46%, y es, por tanto, relativamente baja en calorías (60 kcal). Los especialistas lo consideran apropiado para facilitar el metabolismo de los hidratos de carbono, de fácil digestión.

Sus valores nutricionales son: grasas totales (0,39 g), hidratos de carbono (15 g), particularmente azúcares (14 g), proteína (0,82 g). Sus principales vitaminas son A (12 mg), C (36,40) y B9 (ácido fólico), aunque contiene, además, vitaminas B1, B2,

B3, B5, B6 y K. Es rica en minerales, en especial potasio (168 mg) y magnesio, aunque también contiene manganeso, calcio, hierro, fósforo yodo, selenio y zinc (Álvarez, 2004; Guerrero-Rivera y Campos-Campos, 2014; Medrano et al., 2014).

Procesamiento del mango

Las etapas comprendidas entre la producción del fruto hasta su consumo final se conocen como cadena de valor del producto. En este caso del mango. En ese recorrido, representado por eslabones, hay etapas frágiles o débiles, imputables muchas veces al escaso conocimiento que tienen los productores, transportistas, almacenadores y transformadores sobre el manejo del producto. En estudios realizados en México se detectaron grandes debilidades en las etapas de producción (en especial por la floración y la enfermedad de la antracnosis) y de industrialización (por los residuos generados en el proceso (Buelvas-Salgado et al., 2017).

En la industrialización del mango se genera una gran cantidad de residuos. En un caso concreto, el de México, uno de los mayores productores y exportadores de mango del mundo, solo un 16% de la producción nacional fue industrializada internamente, para un total de 314.000 t al año, generándose un 50% en residuos, en especial semilla, cáscara y fibra pulposa (Ajila et al., 2010).

La fruta fresca (en este caso, el mango criollo, de hilacha o Magdalena River, en Colombia) es recibida en la planta de la fábrica y son separados los componentes del fruto: la cáscara (11,1%), la pulpa (48,9%) y la semilla (40%) (Guerrero-Rivera y Campos-Campos, 2014).

La mayor generación de residuos en la industrialización del mango se produce en la operación del despulpado, en la que se ha registrado hasta un 50% de desperdicios, en particular de cáscara, semilla, restos de pulpa y fibra. En muy pocos casos esos residuos se utilizan para la producción de biocombustible, mientras se investiga su uso en raciones para la alimentación del ganado, la preparación de pectina y fibra dietética y producción de grasas y harina (Santos-Villalobos et al., 2011). Sin duda que estos residuos pueden convertirse en opciones para el desarrollo de emprendimientos para pequeños y medianos productores de mango organizados asociativamente (Fiallos-Mejía, 2014).

La mayoría de los procedimientos aplicados al procesamiento de la pulpa de mango son sencillos, y fáciles de replicar a nivel de pequeños productores (Rodríguez, 2016). Es el caso del mango en almíbar, la mermelada de mango, el mango deshidratado, chutney de mango, mango en vinagre y salsa de mango.

El mango en almíbar se hace con las rebanadas de pulpa de mangos maduros, empleando jarabe como medio líquido, y agregando conservantes y acidulantes, como ácido cítrico. El jarabe se hace con agua, azúcar, benzoato de sodio, ácido ascórbico y ácido cítrico. Otra forma es hacerlo con rebanadas de mango pintón o verde.

La mermelada de mango se elabora con la mezcla de jugo con pulpa, sin cáscara, empleando edulcorantes nutritivos, agua y con, o sin, el agregado de aditivos permitidos, como pectina, acidulantes, conservantes, colorantes y suavizantes, si es necesario. De ordinario se hace con porciones iguales de azúcar blanca y pulpa de mango en trozos pequeños. Por ejemplo, un kilo de cada componente. Se suele cocer la pulpa con agua hasta reblandecerla, y luego se le va agregando el azúcar para homogeneizarla (hasta los 60 ° Brix), y un pH de 3 a 3,5. Luego se envasa, pasteuriza y almacena en lugar fresco y seco. El contenido energético es de 334 Kcal.

El mango deshidratado se hace con rebanadas de mangos maduros, que se someten a deshidratación sobre bandejas o charolas metálicas, a una temperatura de 60 ° C, durante unas cinco horas, hasta alcanzar una deshidratación de 14% para impedir el desarrollo de microorganismos e inhibir parcialmente las fracciones enzimáticas del pardeamiento y los cambios de color. 344 Kcal.

El chutney de mango es una salsa que tiene casi el espesor de una mermelada o jalea, de sabor agridulce, generalmente picante, que se elabora cocinando pulpa de mango maduro, especias (como clavo de olor, comino, guayabita), que se combinan con azúcar y vinagre. En algunos casos a la pulpa madura se le añade vinagre blanco, azúcar, pimienta roja, chile en polvo, comino, sal. 223 Kcal. Una versión más sencilla es el mango en vinagre, hecho con pulpa de mango maduro macerado en vinagre, azúcar y especias. 223 Kcal. Otra versión parecida es la salsa de mango, hecha a partir de la mezcla y/o molienda y suspensión de pulpa de mango con chile, vinagre y especias. 166 Kcal.

Bibliografía

- Ajila, C., Leelavathi, K. y Prasada-Rao, U. (2008). Improvement of dietary fiber content and antioxidant properties in soft dough biscuits with the incorporation of mango peel powder. *Journal of Cereal Science* 48(2), 319-326.
- Álvarez, C. (2004). *Obtención, caracterización y optimización del proceso de extracción del aceite de la semilla de mango* [Tesis de Ingeniería, Universidad Nacional Autónoma de México].
- Ballesteros-Vivas, D., Álvarez-Rivera, G., Morantes, S., Sánchez-Camargo, A. del P., Ibáñez, E., Parada-Alfonso, F. & Cifuentes, A. (2019). An integrated approach for the valorization of mango seed kernel: Efficient extraction solvent selection, phytochemical profiling and antiproliferative activity assessment. *Food Research International*, 126. 108616.
- Barrera-Manrique, A. y Cujía-Mendinueta, K. (2017). Ensilado de mango y lactosuero: una alternativa de alimentación en vacas lecheras. *Revista Micro-Ciencia. Investigación, Desarrollo e Innovación*, 6, 26-37.
- Buelvas-Salgado, G., Mejía-Córdoba, C., Castro-Riascos, H. y Avendaño-Bustamante, M. (2017). *Alternativas agroindustriales del mango criollo*. SENA. Complejo Tecnológico Turístico y Agroindustrial del Occidente Antioqueño.
- Chaparro-Acuña, S., Lara-Sandoval, A., Sandoval-Amador, A., Sosa-Suarique, S., Martínez-Zambrano, J. y Gil-González, J. (2015). Caracterización funcional de la almendra de las semillas del mango (*Mangifera indica* L.). *Ciencia en desarrollo*, 6(1).
- Correa-Ochoa, J. (1999). *Determinación del conjunto de parámetros adecuados a la extracción de aceite de la semilla de mango a partir de datos experimentales a nivel del laboratorio* [Tesis de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala].
- Engels, C., Knodler, M., Zhao, Y., Carle, R., Ganzle, M. & Schieber, A. (2009). Activity of gallotannins isolated from mango (*Mangifera indica* L.) kernels. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 57(17), 7712-7718.
- FAO. (2020). *Análisis del mercado de las principales frutas tropicales 2019*. FAO.
- Fiallos-Mejía, S. (2014). *Opciones de procesamiento de mango para los pequeños productores del municipio de Comayagua (Honduras)* [Tesis de Ingeniería, Universidad Nacional Autónoma de Honduras].

- García, J. (2003). *Características físico-química y funcional de los residuos de mango criollo (Mangifera indica) y su incorporación en galletas* [Tesis de Ingeniería, Universidad Tecnológica de la Mixteca].
- González-Madera, M. de L., Salas-Castillo, M. y Rangel-Luzuriaga, E. (2009). *Proyecto de análisis para la introducción y comercialización de mango encurtido en la ciudad de Guayaquil* [Tesis de Ingeniería, Escuela Superior Politécnica del Litoral].
- Guerrero-Chanduví, D., Farfán-Balcázar, R., Garrido-Ruiz, F., Ipanaqué-Ventura, J., Yovera-Zapata, L. y Yovera-Mendoza, E. (2013). *Modelos internacionales de competencias profesionales*. Universidad de Piura.
- Guerrero-Rivera, A. y Campos-Campos, M. (2019). *Estimación técnica del proceso de transformación del mango (Mangifera indica L.) y aprovechamiento de sus subproductos en los municipios del Chicotal, Espinal y Gualanday del Tolima* [Tesis de Ingeniería, Universidad Nacional Abierta y a Distancia].
- Guatemala-Morales, G., Fernández-Flores, O., Pérez-Martínez, F., Medina-Rendón, E., Virgen-Navarro, L., García-Fajardo, J. y Arriola-Guevara, E. (2007). *Caracterización Agrocadena del Mango*. Ministerio de Agricultura y Ganadería.
- Imran, M., Arshad M., Bitt, Bott, M., Kwon, J-Ho., Arshad, M. & Sultan, M. (2017). Mangeliferin: a natural miracle bioactive compound against lifestyle related disorders. *Lipid in Health and Disease*, 16.
- Issa-Lanza, C. (2020). *Optimización del tiempo de secado durante el proceso de obtención de abono orgánico para suelos a partir de residuos de mango aplicando la herramienta de calidad causa efecto* [Tesis de Ingeniería, Universidad Nacional Abierta y a Distancia].
- Johnson, G., Cooke, A., Mead, A. & Well, I. (1999). Steam and Kot of mango in Australia, causes and control. *Acta Horticulturae*, 291, 288-295.
- Kukoski, E., Asuero, A., Troncoso, A., Mancini-Filho, J. y Fett, R. (2005). Aplicación de diversos métodos químicos para detectar actividades antioxidants en pulpas de frutos. *Cient. Tecol. Aliment.*, 25(4), 726-732.
- León, J. (1968). *Fundamentos botánicos de los cultivos tropicales*. IICA-OEA.
- Medrano et al. (2014). *Mango: Industrial aspects, nutritional, functional value and health effects*. <https://www.Ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/25561099>.

- Mukherjee, S. (1972). Origin of mango (*Mangifera indica*). *Economic Botany*, 26(3), 260-264.
- Robles-Sánchez, R., Rojas-Grau, M., Odriozola-Serrano, L., González-Aguilar, G. & Martín-Belloso, O. (2009). Effect of minimally processing in bioactive compounds and antioxidant activity of fresh cut “Kent” mango (*Mangifera indica* L.). *Postharvest Biology and Technology*, 51(3), 384-390.
- Rodríguez, S. (2016). *Introducción a la tecnología del mango*. CIATEJ. ciatej.mx/jspui/bitstream/1023/t388.Libro%Mango.pdf.
- Rubiano, K., Ciro, H. y Aristazábal, I. (2019). Aprovechamiento de los subproductos del mango como fuente de compuestos bioactivos, para la elaboración de rollos comestibles. *Revista UDCA. Actualidad y Divulgación Científica*, 18.
- Sánchez-Camargo, A. del P., Ballesteros-Vivas, D., Buelvas-Puello, L., Martínez-Correa, H., Parada-Alfonso, F., Cifuentes A. & Gutiérrez, L. (2020). Microwave assisted extraction of phenolic compounds with antioxidant and anti-proliferative activity from supercritical CO₂ pre-extracted mango peel as valorization strategy. *LWT*, 110414. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.110414>.
- Santos-Villalobos, S., de Fotter, S., Délano-Frier, J., Gómez-Lim, M., Guzmán-Ortiz, D., Sánchez-García, P. y Peña-Cabriales, J. (2011). Puntos críticos en el manejo industrial del mango: floración, antracnosis, y residuos industriales. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 2(2).
- Sergent, E. (1999). *El cultivo del mango (Mangifera indica L): botánica, manejo y comercialización*. UCV. CDCHT.
- Sudhakar, D. y Maini, S. (2000). Isolation and characterization of mango peels pectins. *Journal of Food Process Preservation*, 24, 209-227.
- Sumaya-Martínez, M., Sánchez-Herrera, L., Torres-García, G. y García-Paredes, J. (2012). Red de valor del mango y sus desechos con base en las propiedades nutricionales y funcionales. *Revista Mexicana de Agronegocios*, XVI(30).
- Sumaya-Martínez, M., Medina-Carrillo, R., González-Ocegueda, E., Jiménez-Ruiz, E., Balois-Morales, R., Sánchez-Herrera, M. y López-Nahuatt, G. (2019). Subproductos del despulpado del mango (*Mangifera indica* L.): actividad antioxidante y compuestos bioactivos de tres cultivares de mango. *Revista Bio Ciencias*, 6.

Tapia, H., Pérez, B., Cavazos, J. y Moreu, Y. (2013). La obtención de aceite de semilla de mango manila como una alternativa para aprovechar subproductos agroindustriales en regiones tropicales. *Revista Mexicana de Agro Negocios*, 32(1), 258-266.

MANÍ

Nombre científico: *Arachis hypogaea*

Nombres comunes o vernáculos: maní, cacahuete, cacahuete, amendoim.

Descripción de la planta y el fruto

El maní es una planta fibrosa, de fruto comestible, originaria de América del Sur, probablemente del sur de Bolivia y Brasil, donde se han encontrado plantas silvestres. Al parecer el maní es un híbrido de dos plantas silvestres: *Arachis duramensis* y *A. ipaensis*. Tal hibridación puede haber ocurrido por polinización natural o antrópica en la región sub-andina del sur de Bolivia en tiempos remotos. Se han encontrado indicios del consumo del maní de hace unos 3.500 años, representado en piezas de cerámica, como jarras y vasijas, que tenían la forma del fruto, e incluso algunas evidencias arqueológicas que se remontan a cerca de 8.000 años. El maní se introdujo en Mesoamérica hacia el siglo I a.C. Se le llamaba *talcacáhuatl*, que significa cacao de tierra en la lengua náhuatl. Los españoles lo conocieron por primera vez en las islas del Caribe, con el nombre de *maní*, de la lengua taína, de los indígenas de la región.

El maní es una legumbre (cuya semilla viene en una vaina), de la familia de las fabáceas. Es una hierba anual, erecta, con tallo ascendente, de 30 a 80 cm de alto, y hasta más, con tallo ramificado pubescente, de color amarillento. Las hojas aparecen como una serie de pequeñas piezas foliares o folios ovalados. Sus flores son hermafroditas, lo que le permite fecundarse a sí misma, sin tener cerca a otra planta de la misma especie. La flor es de color amarillo, de 8 a 10 mm de largo. El fruto es una legumbre, una cápsula indehiscente, fibrosa, de 4 a 6 cm de largo, considerada un fruto seco, por ser una cáscara leñosa sin pulpa. El fruto se desarrolla bajo tierra, y presenta una forma oblonga, con paredes gruesas, reticulares y veteadas. La cáscara del fruto es coriácea, de color pardo o crema. La cáscara es fibrosa, redondeada, de geometría cóncava, con un espesor de 0,5 a 1 mm, formada por celulosa, lignina, glucosa. Una planta produce de 15 a 25 vainas. Cada vaina contiene de 2 a 5 semillas o granos, dependiendo de la variedad. La semilla o grano, de unos 5 a 10 mm de diámetro, está recubierta por un tegumento o piel de color rojizo

oscuro. Esa piel se le quita para el consumo, pero contiene antioxidantes polifenólicos como el resveratrol.

La planta es de cultivo anual, de preferencia en suelos cálidos, húmedos y bien drenados. Hay cultivares de alto rendimiento, como la variedad INIAP 380 que tienen un ciclo completo de 90 a 125 días, dependiendo de la variedad sembrada. La INIAP 381, la de mayor rendimiento, de 2.000 a 3.000 Kg por ha., tiene un ciclo de 90 a 100 días. La planta es resistente a la sequía. Sus principales enfermedades son la viruela de maní, que produce defoliación y debilitamiento de los tallos, y enfermedades producidas por hongos. Ciertas especies de hongos del género *Aspergillus* contaminan a la semilla con toxinas llamadas aflatoxinas, que son sustancias tenidas por cancerígenas y que limitan su mercado internacional.

Comercio mundial del maní

La producción mundial de maní se concentra en unos cinco países productores, entre los que destacan China, India, Nigeria, Estados Unidos, México, Argentina. Algunos de esos países son grandes productores, aunque son también grandes consumidores, o son grandes procesadores industriales del grano. Estados Unidos, por ejemplo, consume internamente el 80% de su producción, e importa para abastecer a su industria. México es un gran productor, pero importa maní para procesarlo industrialmente y reexportarlo con nuevo valor agregado.

Los principales países exportadores son Argentina, China, Estados Unidos, India, Países Bajos. En América Latina sobresalen Argentina, Brasil y Nicaragua.

Los principales países importadores de maní son los países Bajos, Alemania, México, Reino Unido, Rusia, Canadá, España, Italia, Polonia, Japón, Indonesia, Singapur y Hong Kong.

La cadena de producción del maní está formada por cuatro partes: la producción, la agroindustria, la comercialización y el consumo. El producto está vinculado al consumo interno del grano poco procesado artesanalmente y a la industria nacional, o se relaciona con el mercado externo, tanto con la exportación del grano no procesado o con la industria exportadora de productos finales con maní, con valor agregado (IICA-JICA-MAG, 2004).

Valor nutricional y propiedades medicinales del maní

El maní es un gran alimento, de alto valor nutricional, con una gran versatilidad en las preparaciones culinarias, apreciado por su bajo precio relativo en comparación con otros frutos secos y otras fuentes de proteína, y es muy reconocido por sus propiedades medicinales, como fluidificante y antiolesterolémico.

De manera resumida, de acuerdo con tablas de composición de alimentos de varios países, se puede señalar que el grano tiene, en 100 g de materia comestible, un elevado poder calórico (de 567 a 590 Kcal), y altos niveles de grasas totales (49,24 g), principalmente de grasas monoinsaturadas y poliinsaturadas; 27,1% de proteínas; 16,9% de carbohidratos y 8% de fibra. Es rico en algunas vitaminas, como la E y del complejo B, y en algunos minerales como magnesio, calcio, hierro, fósforo y zinc.

El maní es apreciado no solo por su valor nutricional, sino también por sus propiedades medicinales, gracias a la presencia de algunos de sus componentes como fosfolípidos de tipo lecitina, útiles para formar estructuras celulares. Es componente, además, del surfactante pulmonar, una sustancia que impide la disminución del volumen pulmonar en la espiración en el acto de respirar. Y contiene también antioxidantes y fitoquímicos.

Consumo del maní y de sus subproductos en la alimentación humana

La semilla o grano de maní se consume de varias formas: cocido o tostado: hervido, con o sin sal; seco tostado; tostado en seco y salado; tostado con miel. Se consume generalmente como un snack o una golosina. Se le consume directamente, pelado o con cáscara, tras ser hervido. Es común el consumo de maní como ingrediente de turrone, o de tabletas de chocolate con maní, o como maní azucarado garrapiñado, en turrone o pralinés. Es muy extendido de servirlo como acompañamiento en el consumo de cerveza en los bares, y especialmente como maní salado.

El maní interviene como aceite para freír en la cocina o como ingrediente en la elaboración de muchas preparaciones culinarias tradicionales en todo el mundo. En Brasil se elabora la pacoquinha, que es un dulce hecho con pasta de maní, almidón de yuca o mandioca y azúcar. En todas las islas del Caribe son muy populares los

maníes salados o dulces, empaquetados en cucuruchos, que hasta inspiraron una canción, El Manisero, escrita por Moisés Simons. En México, gran consumidor de maní, se elabora un famoso dulce, llamado palanqueta o pepitoria, que lleva maníes y miel. En Perú el maní interviene en muchas preparaciones culinarias, como las patitas con maní.

En el Ecuador, y especialmente en la región de la costa, el uso del maní en la cocina es casi infaltable, no solo actualmente, sino como integrante de la dieta tradicional indígena desde hace miles de años. El maní es uno de los productos emblemáticos de la cocina manabita. La mayoría de la gente lo relaciona con unos pocos platos: viche, corviche, maní quebrado, mantequilla de maní y sal prieta, pero interviene como ingrediente en numerosas preparaciones de la gastronomía regional: alfeñique, bola, bolón de maní, bolón de plátano con maní, caldo de maní, ceviche con maní, colonche de maní, corviche, corviche de maní, cazuela de maní, cazuela de pescado o de mariscos, carne con maní, guatita, greñoso, hallaca, hornado de pata, menestra de maní verde, menestra de verde con maní, majada, pescado con maní, pollo con maní, sango con maní, sopa de arroz con maní, troliche, turrón con maní, turrón de maní con coco, tonga, torta de maní, viche.

El consumo del maní tiene particularmente dos problemas. El primero es su condición de alimento alergógeno, como algunos otros, causante de alergia que pueden llegar a ser tan severa que produzca anafilaxia, con riesgo de muerte, al descender la presión arterial y estrecharse la garganta, ocasionando asfixia. La segunda es que el desarrollo de ciertos hongos de la familia *Aspergillus* (*A. flavus* y *A. parasiticus*) puede producir aflatoxinas, que, en casos severos, produce cáncer y tumores. Las aflatoxinas son sustancias químicas tóxicas que no son exclusivas del maní, sino que son propias de productos que han tenido un mal manejo postcosecha. La presencia de las aflatoxinas en el maní ha entorpecido las exportaciones del maní hacia países con estrictos controles de sanidad. Este problema se agrava con el defectuoso almacenamiento de los granos en la producción de alimentos balanceados para animales. Para evitarlo o reducirlo se emplea un “secuestrante” de micotoxinas, y en particular de aflatoxinas. Pero es necesario, para reducir el riesgo, almacenar los granos en un lugar seco, higiénico y ventilado para minimizar el riesgo de que estos agentes patógenos contaminen el alimento (Jouany, 2007; Schwarzer, 2002).

Producción del maní en el Ecuador, y en Manabí

En el Ecuador hay aproximadamente 20.000 hectáreas sembradas con maní, de las cuales una 9.000 ha se localizan en Manabí, y otras 7.500 ha en la provincia de Loja. Otras provincias productoras son Guayas, El Oro, Esmeraldas y Pichincha, aunque de menor importancia que las dos primeras. La provincia de Manabí es la mayor productora en el Ecuador, con unas 18.000 Tm al año, seguida muy de lejos por Loja que produce unas 2.100 Tm. El mayor consumo per cápita de Maní en el Ecuador se presenta en Loja y Manabí. Hay, sin embargo, un cierto déficit de oferta, porque la producción nacional no siempre logra satisfacer cabalmente las necesidades de maní para abastecer la industria de aceites, grasas vegetales y confitería (Ullaury, Guamán y Álava, 2004; Mieles-Bravo y Moreira-Moreira, 2018).

En la provincia de Manabí los mayores productores son los cantones de Portoviejo, Chone, Tosagua, Rocafuerte y 24 de Mayo, y otros cantones más, de menor producción, como Jipijapa y Santa Ana, servidos todos los cantones por las represas de Poza Honda y la Esperanza. En la parroquia Abdón Calderón, del cantón Portoviejo, funciona un centro de acopio dirigido por la Asociación de los productores y de los GAP. En el cantón Portoviejo funcionaban en 2009 treinta microempresas procesadoras de maní, que lo secan, descascaran, tuestan y muelen hasta convertir las semillas en varios subproductos: crema de maní, salprietá, maní quebrado (Ayala-Tejada, 2009).

En Manabí se cultivan principalmente tres variedades de maní: INIAP 380 o Charapotó criollo, INIAP 382 o Caramelo, e INIAP 381 o Rosita. La variedad más cultivada es INIAP 380.

Procesamiento agroindustrial del fruto y de otras partes de la planta del maní

Tras la cosecha del maní, el producto va a varios destinos: el mercado interno, y principalmente a la industria nacional (para la producción de aceite, harina y confitería), y para el mercado externo (exportaciones como maní en grano o productos terminados con maní). Una parte muy pequeña se queda en el autoconsumo para los productores y su familia, y para los pequeños emprendimientos artesanales con maní.

El proceso agroindustrial casi siempre comienza, en las plantas procesadoras, con: 1) la recepción del grano a puerta de fábrica. 2) la limpieza del grano, usando una máquina limpiadora, que elimina las materias extrañas (tierra, piedras, palos, etc.). 3) la operación de descascarado, empleando descascarador o desvainadora, provista de mallas que quiebran los espesores de los granos del maní y los descascara, sin dañar el grano. Herrera-Carrillo y Silva (2015) señalan que el proceso se realiza con una máquina de discos por fricción o por rodillos recubiertos de caucho vulcanizado. 4) la clasificación y selección: el maní descascarado pasa por unas zarandas gravimétricas con orificios, por donde ingresan los granos a una mesa de gravitación provista con un sistema de ventilación, que sopla al maní para eliminarle la basura. Luego pasa a un clasificador de calibre de diferentes tamaños (38-40/ 40-50/50-60/60-70 y split). Esta máquina electrónica rechaza sobre una banda a los granos defectuosos (quebrado, manchado, etc.), separando los granos de calidad de los otros. Para ratificar la calidad, los granos pasan por una banda de limpieza manual, realizada por obreras capacitadas, que eliminan los granos defectuosos que no fueron detectados por la máquina clasificadora. 5) el empaque en sacos y almacenamiento en depósitos adecuados (IICA-JICA-MAG, 2004).

Una parte de la planta del maní se encuentra visible, y se conoce como la parte aérea de la planta: el tallo, las hojas y las flores. La otra parte se encuentra bajo tierra: las raíces y el fruto, que, a su vez, consta de las semillas y de la cáscara.

En esta sección trataremos sobre los procesos, artesanales e industriales, y los distintos subproductos obtenidos, refiriéndonos ordenadamente a cada uno de los elementos que comprende la planta de maní, empezando por el producto principal: el grano o semilla.

El fruto del maní es la parte más utilizada de la planta para la alimentación humana en muchas formas, en particular en usos culinarios. Pero las otras partes de la planta, como el follaje y las vainas o cáscaras, se pueden emplear para distintos usos. Por ejemplo, en algunos países se comen las hojas jóvenes como verduras. Es generalizado el uso del aceite de maní de buena calidad para freír o para aderezar ensaladas, mientras que el aceite de maní de baja calidad se usa en la fabricación de jabones, lubricantes y aceites para la conservación de maderas.

El grano del maní es procesado, artesanal o industrialmente, para producir muchos derivados: harina, crema o mantequilla de maní, aceite, dulces, turrónes,

bocadillos. Con la torta procesada de maní se produce harina, para enriquecer con proteínas algunos alimentos.

Los residuos, que comprenden la cáscara del fruto y las partes aéreas de la planta o “rastrojo”, una vez cosechado el fruto, tiene muchos usos: en la alimentación animal, e incluso en la alimentación humana en algunos países, y como ingrediente en la producción de materiales para la combustión o para la industria de la construcción.

Procesamiento artesanal e industrial de la semilla o grano y subproductos

Los usos principales del maní se relacionan con la alimentación humana. El maní es un alimento popular en el mundo entero, como una golosina que se ofrece en diferentes formas hervido o tostado, con o sin sal, y a veces con dulce.

En grano, molido o en pasta interviene en la preparación de numerosos platos de la culinaria mundial.

La harina de maní se hace tostando las semillas de maní, y luego moliéndolas finamente. La textura depende del grado de tostado elegido. Contiene, en 100g de materia seca, 327 Kcal, 52,20 g de proteína, 0,55 g de grasa, 34,7 g de carbohidratos y 15,8 g de fibra. Se utiliza en la industria para acentuar el sabor de algunos alimentos y en polvos instantáneos para preparar bebidas. Se usa también en salsas, sopas, cremas, etc.

La leche de maní es una bebida muy nutritiva y digerible, que se prepara con agua y semillas de maní. Previamente se pone a remojar las semillas en agua, se cuecen y trituran, se deja enfriar la mezcla. Luego se cuela y endulza, si es el caso.

Uno de los usos más conocidos que se obtienen de la semilla es la mantequilla de maní. La mantequilla de maní es un producto alimenticio de consistencia cremosa que se hace a base de la mezcla de granos tostados y limpios, sin cáscara ni la cubierta roja, con la adición de sal, grasa hidrogenada y azúcares. El proceso consiste en descascarar el maní crudo, tostar y blanquear el maní, mezclarlo con los otros ingredientes (grasa vegetal, azúcar, antioxidantes y saborizantes), molerlos en dos clases de molienda fina y depositar en recipientes herméticos de vidrio o de estaño. La conservación se hace en el tratamiento con calor durante el proceso de tostado y escaldado, y en el bajo contenido de humedad en el producto final. El empaque

brinda una protección adicional al producto. Para el procesamiento se emplea un equipo de bajo presupuesto: un descascarador, una canasta aventadora, una balanza, un termómetro, un reloj, estufa, recipientes para calentamiento y algunos otros pequeños utensilios. El diagrama de flujo del proceso es como sigue: 1) recepción del maní crudo; 2) selección y limpieza del grano; 3) tostarlo en tostadora, a 140-150 °C durante 45-60 m; 4) enfriamiento, hasta la temperatura ambiente; 5) descascarado y limpieza de cáscara y cubierta; 6) escaldado (en agua hirviendo, de 3 a 5 m); 7) mezclado (con 83-85 % de maní, 12% de azúcar, 0.15-0.25% de sal, y 2,5% de grasa hidrogenada o lecitina); 8) molienda, en molino de discos; 9) envasado herméticamente; 10) pasteurizado (a 95 °C por 10 m, desde que comienza a hervir el agua); 11) enfriamiento; 12) almacenamiento en lugares ventilados, secos y alejados de la luz. Si se almacena en refrigeración, de 3 a 4 °C, la mantequilla de maní permanece estable a la rancidez por más de dos años. En ese proceso los puntos críticos son la calidad de la materia prima principal y de los otros ingredientes, el tiempo y temperatura de tostado y escaldado, la formulación de las dosis y el buen llenado y etiquetado (PRODAR, s.f.).

El aceite de maní constituye uno de los subproductos principales del maní. Cerca del 40% de la producción mundial de maní se destina a la producción de aceite. El aceite se elabora cocinando los maníes fraccionados en recipientes especiales o mediante la extracción a presión hidráulica. El aceite es un líquido refinado, incoloro o amarillento, con sabor suave y ligero olor a nuez. Se prepara por prensado o cocción de los granos sin cáscara. Para el procesado, bien sea por cocción o extracción, se emplea una prensa hidráulica. Es un proceso simple. Las semillas molidas se mezclan con agua caliente y se pone a hervir la mezcla hasta que el aceite suba a la superficie, y se recoge. La pasta resultante se amasa a mano o a máquina hasta que el aceite se separe en forma de emulsión. Se usa generalmente para aderezar ensaladas o para freír alimentos. Su composición grasa es muy nutritiva: 17 g de ácidos grasos saturados, 46 g de ácidos grasos monoinsaturados, 32 g de ácidos grasos poliinsaturados, y 40 mg de vitamina E.

La torta procesada de maní se hace como un paso previo a la elaboración de la mantequilla de maní. Se hace extrayendo completamente el aceite de las semillas de maní. Lo que queda es la torta procesada de maní, de color marrón o amarillento, con un 43% de proteína y rica en vitamina E, y se emplea para la alimentación animal

La torta procesada se muele para producir harina de maní, que sirve para el enriquecimiento proteínico de alimentos, especialmente en dietas formuladas para personas de escasos recursos, en particular en los programas de nutrición para atender a grupos vulnerables de la sociedad.

La pasta de maní es un excelente alimento suplementario tanto para el consumo humano como para la alimentación animal, en especial para el ganado, porque contiene de 40 a 50% de proteínas, de 6 a 20% de grasa, cistina y vitamina del complejo. La pasta es un subproducto en la elaboración de aceite. Con tal fin se pulveriza, se pone a remojar durante un día en agua. Se elimina el aceite de la superficie, se lava varias veces. Se somete a vapor. Y luego se le comprime para formar moldes cuadrados o rectangulares. A la pasta obtenida se le incorpora micelio de *Rhizopus*, agregando a la mezcla harina de arroz. El resultado es una sustancia pastosa de color blanco o blanco grisáceo. Se deja que los hongos actúen durante varios días en la pasta, colocándola en un lugar sombreado. Cuando la pasta de maní esté lista, para la alimentación humana, se corta en trozos que se fríen o se cocinan para elaborar sopas, resultando un alimento nutritivo, económico y de fácil digestión.

Los brotes de las semillas pueden utilizarse en la alimentación humana como cualquier otra legumbre, por su riqueza proteínica y de calcio. Los brotes o germinados de maní son fáciles de obtener. Más que germinar es activar. Se siembran en hoyos de dos cm de profundidad una o dos semillas de maní, se cubren suavemente con tierra sin presionar y se riega con cuidado. Al cabo de ocho a diez días se habrá activado y se podrá realizar el primer corte de los brotes para el consumo moderado, sin abusar, porque puede provocar trastornos digestivos.

Procesamiento artesanal e industrial de la cáscara y subproductos

La cáscara de maní es un residuo que es cada vez más estudiado en sus diversas aplicaciones industriales. La cáscara de maní presenta una superficie externa rugosa, delgada y frágil. Por debajo de ella se localiza una malla de estructura más fibrosa que actúa como material de soporte de esta primera cepa. Tradicionalmente se le ha utilizado como combustible en calderas, pero tiene el inconveniente de que despide mucho humo y ceniza. Luego comenzó a utilizarse, molida, como parte

integrante de la mezcla de alimentos para cerdos, pero se trataba de un suplemento de bajo valor proteico e indigesto, aunque se continúa utilizando en pequeñas proporciones porque permite administrar el balance de los componentes de los otros alimentos presentes en la mezcla.

La cáscara de maní contiene 34% de lignina, 42,6% de celulosa, 3% de extractos y 2,9% de cenizas. Presenta un poder calorífico de 4.533 Kcal/Kg. Una humedad de 10,4% y una densidad aparente $DA(Kg)/m^3 = 49,26$ (Jiménez et al., 2019).

Desde hace varias décadas se han realizado varios trabajos de investigación y tesis de grado en las universidades argentinas, localizadas en la provincia de Córdoba, la mayor productora de maní en Argentina, en relación con la utilización de la cáscara molida de maní en la elaboración de aglomerados para paneles (Medina, 1989).

La cáscara se emplea en algunos países, como Argentina, para el desarrollo de nuevos materiales de construcción, en especial como agregado en mezclas con cemento (Gatani, Arguello y Sesín, 2010). Cada vez más, en países con grandes volúmenes de residuos vegetales, se les utiliza para producir materiales de construcción para mejorarla capacidad estructural de las capas, reduciendo costos de construcción y disminuyendo el impacto ambiental. Se han hecho experimentos satisfactorios con un ligante suelo-cal-cenizas de cáscaras de maní, para incluirlos en capas de base y de sub-base, con una adición del 15 % de cenizas de maní en el total (Quintana-Crespo et al., 2016).

Las cáscaras de maní se emplean también para producir a) carbón activado (Ravera et al. 2005), b) paneles ligados con resina polimérica (Gatani et al., 2010; León-Obando y Andrade-Ojedis, 2019; Barbirato et al., 2014; Guler, Copur y Tascioglu, 2008; Jiménez et al., 2019), c) como combustible de calderas industriales. En ese caso se producen muchas cenizas como residuo, entre un 2 y un 5% del peso de las cáscaras utilizadas como biocombustible (Nisamaneenate, Atong y Sornkade, 2015; Jiménez et al., 2019). Esa ceniza también se usa como relleno sanitario (Kreiker et al., 2012), d) como alimento de ganado y para camada de aves (Quintana-Crespo et al., 2016; Keller, 2009; Granero et al., 2013). El uso de residuos de frutas y plantas lo usaban los romanos como ligantes puzolánicos en sus construcciones en el 300 a.C. Empleaban morteros en base a cal y cenizas volcánicas consolidadas que traían del sitio de Puzzoli, y las llamaban pozzuolanas, de donde viene el nombre de

puzolanas. Modernamente esas mezclas se emplean en obras de ingeniería que no precisan de altas resistencias estructurales, como las capas estructurales de caminos (Quintana-Crespo et al., 2016).

La cáscara de maní se utiliza también como elemento para el compost, fertilizante y complemento en la alimentación de ganado vacuno, equino y porcino (Jiménez et al., 2019).

Procesamiento artesanal e industrial de los rastrojos de la planta

Se conoce como “rastrojos” las partes aéreas de la planta, es decir, los residuos de la planta, una vez que ha sido obtenido el producto principal, que es el fruto, con su semilla y la cáscara. Con las partes verdes (las hojas y tallo) y los materiales residuales no comercializados, como granos defectuosos, se obtienen varios subproductos que se aplican a la alimentación animal. La composición química del rastrojo de la planta contiene 87% de Materia Grasa, 11,8% de Proteína Bruta, 23,9% de Fibra Bruta, 1,55% de calcio, 10,6 de Energía Metabolizable (Mj)/ Kg de MS (Cáceres et al., 2005, FAO; 2006; Henrichsen, 2001; Suttie, 2003). Los resultados de la composición aportados por Leyva (s.f.), son casi similares: MS 96%, PB 13,3, F.B. 23,6%, EM 9,17.

En la práctica, es preferible emplear en estas fórmulas alimentarias la variedad de maní forrajero.

El rastrojo del maní se utiliza para elaborar, una vez molidas y mezcladas los residuos, una harina que se emplea para la alimentación animal, en la cunicultura, para la cría de conejos (Leyva).

Para usar la planta de maní como forraje, heno, pastura o ensilado, debe haberse cosechado antes de la floración.

Los otros usos industriales

Las diferentes partes de la planta de maní tienen otros usos industriales como ingrediente en la elaboración de pinturas, barnices, jabones, nitroglicerina y combustibles. Por ejemplo, el aceite de maní tiene calidad de secante, no pegajoso, por la presencia de ácidos grasos insaturados definidos (ácidos linoleico y linolénico). Lo que lo hace apto para la fabricación de pinturas y barnices. El aceite

de maní, se emplea también en la preparación de inyecciones por vía intramuscular (Gennaro, 2003, p. 479).

Bibliografía

- Aguiar, S., Vargas, J., Chicaiza, E., Díaz, L., Uvidia, H., Escobar, J. y Caicedo, W. (2017). Composición química de subproductos de la agroindustria de confites: una alternativa para la alimentación de cerdos, 122-129, En: Alemán-Pérez, R., Reyes-Morán, H., Bravo-Medina, C. (eds.). REIMA (Red Iberoamericana de Medio Ambiente). *Libro de Memorias. Simposio internacional sobre Manejo Sostenible de Tierras y Seguridad Alimentaria. Ecuador*. Universidad Estatal Amazónica.
- Ayala-Tejada, C. (2009). *Estudio de prefactibilidad para la producción y comercialización de maní (Arachis hypogaea L.) en el cantón Jipijapa, provincia de Manabí* [Tesis de Ingeniería, Universidad San Francisco de Quito].
- Barbirato, G., Fiorelli, J., Banero, N., Agnolon-Pallone, E., Rocco-Lahr, F., Cristóforo, A. y Savastano, H. (2014). Painel aglomerado híbrido de casca de amendoim reforçado com partículas de madeira itaúba. *Revista Ciência Florestal*, 24(3), 685-697.
- Cabrera, Y. y Efemenco, I. (2017). Análisis competitivo del complejo agroalimentario del maní en la provincia de La Pampa. *Semiárida, Revista de la Universidad Nacional de La Pampa*, 27(2).
- Cáceres, O., Ojeda, F., Santana, H., Milera, M., Remy, V., Larela, L., Mesa, A., Pereiro, M. y Rosete, A. (2005). Tabla de valor nutritivo y requerimientos para el ganado bovino. *Revista Pastos y Forrajes*, 32(2).
- Escobar, S. (1997). *Rendimientos y estabilidad de variedades experimentales y comerciales (Arachis hipogaea)*. V Congreso de la Sociedad Colombiana de Fitomejoramiento y Producción de Cultivos. Santa Marta, Colombia.
- FAO. (2006). *Legumbres, nueces y semillas oleaginosas. Nutrición humana en el mundo en desarrollo*. FAO.
- Gatani, M., Arguello, R. y Sesín, S. (2010). Materiales compuestos de cáscaras de maní y cemento. Influencia de los diferentes tratamientos químicos sobre las propiedades mecánicas. *Materiales de Construcción*, 60(298), 137-147.

- Gatani, M., Arguello, R. y Sesín, S. (2010b). Effects of chemical treatment on the mechanical properties of peanut shells and cement blends. *Materiales de Construcción*, 60(298), 137-147.
- Gatani, M. y Arguello, R. (2007). Nuevos materiales de construcción sustentable con cáscaras de maní. Ensayos de comportamiento mecánico con variación de granulometría del agregado. *Proc. del IV Encuentro Nacional e II Encuentro Latinoamericano sobre Edificacoes e Comunidades Sustentáveis*, 926-935.
- Gennaro, A. (Ed.). (2003). *Remington Farmacia*. Tomo 1. Médica Panamericana. 20ava. Edición.
- Guler, C., Copur, Y. y Tascioglu, C. (2008). The manufacture of particleboards using mixture of peanut hull (*Arachis hypogaea* L) and european Black pine (*Pinus nigra* Arnold) wood chips. *Journal Bioresource Technology*, 99, 2893-2897.
- Herrera-Carrillo, A. y Silva-Hinojosa, A. (2015). *Diseño de un desvainador de maní con capacidad de 600 Kg/hora* [Tesis de Ingeniería, Escuela Politécnica Nacional].
- Hinrichsen, J. (2001). *Reporte especial de oleaginosas*. Departamento de Capacitación. Bolsa de Comercio del Rosario.
- IICA-JICA- MAG. (2004). *Cadena agroindustrial del maní*. IICA-JICA- MAG
- Jiménez, P., da Silva, D., Umlandt, M. y Gatani, M. (2019). Caracterización de cáscara de maní procedente de Córdoba, Argentina. *Revista Argentina de Ingeniería*, 7, 13.
- Keller, M. (2009). Maní. *Alimentos Argentinos*, 46, 40-44.
- Kreiker, J., Sablé, L., Quintana, E. y Gatani, M. (2012). *Caracterización química y morfológica de cenizas de cáscaras de maní para promover su uso como aditivo puzolánico para cemento*. VII Congreso Nacional Ambiental. San Juan.
- León-Obando, M. y Andrade-Ojedis, E. (2019). *Prototipo de placas decorativas basado en mortero tradicional y fibra de cáscara de maní para revestimiento de paredes interiores de vivienda* [Tesis de Ingeniería, Universidad Laica Vicente Rocafuerte].
- Medina, J. y Ambrogi, A. (1989). Cáscara de maní en la elaboración de aglomerados. *Quebracho*, 2, 47-53.
- Mieles-Bravo, K. y Moreira-Moreira, D. (2018). *Alternativas de comercialización del maní obtenido en las fincas del cantón Jipijapa, Provincia de Manabí, para el*

fortalecimiento de su oferta en el mercado extranjero en el período 2015-2018
[Tesis de Ingeniería, ULEAM].

Nisamaneenate, J., Atong, D. & Sornkade, P. (2015). Fuel gas production from peanut Shell waste using a modular downdraft gasifier with the termal integrated unit vibron sricharoenchaikul. *Renewable Energy*, 79, 45-50.

PRODAR. (s.f.). *Manual de procesos agroindustriales. Proyecto de capacitación para el fomento de la agroindustria rural*. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura.

Quintana-Crespo, E., Kreiker, J., Gatani, M. y Sable, L. (2016). Utilización de residuos agroindustriales en ligantes puzolánicos para uso vial. *Revista de la Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 3(2).

Revera, M., Pérez, J. y Alonso, R., (2005). 1. ARO45644 - Procedimiento para obtener carbón activado y la instalación para llevarlo a cabo. <https://patentscope.wipo.int/search/es/detail.jsf?docId=AR5314578>

Sánchez, J., Soria, S., Leonard, F., Jácome, A., Andino, A. y Andrade-Yucailla, V. (2017). Utilización de guayaba y maní forrajero en la etapa de crecimiento ceba de cerdos en la Amazonía ecuatoriana, 137-140. En: Alemán-Pérez, R., Reyes-Morán, H., Bravo-Medina, C. (eds.). REIMA (Red Iberoamericana de Medio Ambiente). *Libro de Memorias. Simposio internacional sobre Manejo Sostenible de Tierras y Seguridad Alimentaria. Ecuador*. Universidad Estatal Amazónica.

Suttie, J. (2003). *Conservación de heno y paja para pequeños productores y en condiciones pastoriles*. Dirección de Producción y Protección Ambiental No. 29. FAO.

Suttie, J. (2003b). *Residuos secos de los cultivos*. Dirección de Producción y Protección Ambiental. FAO.

Ullaury, J., Guamán, R. y Álava, J. (2004). Guía del cultivo del maní para las zonas de Loja y El Oro. *Boletín Divulgativo INIAP*, 314. INIAP. Estación Experimental Boliche.

PIÑA

Nombre científico: *Ananas comosus*

El nombre científico de la planta es *Ananas comosus*, que viene, de ananá, el nombre del fruto en lengua guaraní. El género es *Ananas* y *comosus* la especie, en latín, que significa peludo o que la planta tiene muchas hojas.

Los dos nombres comunes más conocidos son piña, ananá o ananás. El nombre de piña es una derivación del nombre del fruto del árbol de pino, conífera. Proviene del latín pinea, y este de pinus (pino). Por su parte ananá o ananás es de origen guaraní, de naná naná, “perfume de los perfumes”, por la condición aromática del fruto.

Origen y difusión de la piña

El centro primario de origen de la piña es América del Sur. Probablemente su origen se localiza en la zona limítrofe, en el sur, en Brasil, Paraguay y Argentina, en la cuenca del Plata. Desde allí la planta se difundió hacia el curso superior del Río Amazonas, a Venezuela y a las Guayanas. Y luego a Europa, llevada al regreso de los viajes de descubrimiento del Nuevo Mundo.

Descripción botánica de la planta

Planta de la familia de las bromeliáceas. Es un cultivo tropical que se adapta a varios tipos de suelos, siempre que sean sueltos y tengan buen drenaje. Requiere de suelos con un pH entre 5 y 5,5, y es muy sensible a los suelos inundados. Por lo general asciende hasta los 800 m.s.n.m, con un régimen pluviométrico entre 1.000 y 1.500 mm anuales.

La piña es una planta vivaz, terrestre, con una roseta basal de hojas rígidas, imbricadas, con los bordes espinosos de puntas cortas, con una disposición cóncava para acopiar el agua de lluvia a la roseta. El tallo es rojizo, visible después de un tiempo, que crece hasta una longitud de 1 a 1,5 m. de las axilas salen pequeños retoños que se retiran y usan para la reproducción. Las flores, hermafroditas, permanecen un mes o un poco más. El fruto es una baya que se fusiona tempranamente para formar un sincarpio o inflorescencia, grande y de forma

ovoide. Una inflorescencia formada por 100 a 200 flores fusionadas entre sí y con un tallo central. La piña no es un fruto verdadero, pues no se produce sexualmente. La cáscara está constituida por los sépalos y brácteas de la flor. La pulpa es amarilla de sabor entre dulce y ácido, muy fragante, debido al butirato de etilo.

Para el cultivo se utilizan los retoños o hijos del tallo central, en especial de la parte basal. Con el mismo propósito se usan también las yemas del tallo distal. O la corona de brácteas de la fruta.

Manejo agronómico de la planta

La piña se adapta a muchos suelos. La densidad de siembra, que depende de la variedad y del uso final de la fruta, va de 37.500 a 50.000 plantas por hectárea, plantadas en línea, con una separación de 40 a 45 cm por hileras. Por lo general las plantaciones cuyos frutos van a la industria son más densas, y pueden alcanzar hasta 80.000 plantas. Una hectárea sembrada de piña roja de 12.000 a 18.000 frutos.

Cada planta produce una sola piña, compuesta sobre su vástago central. El fruto alcanza su madurez entre los 14 y 22 meses tras la siembra, dependiendo de las variedades. El fruto puede llegar a pesar de 0,5 a 2 kg. Las plantas se renuevan cada dos ciclos de cosecha para evitar la baja del rendimiento (UNCTAD, 2015).

Las condiciones de cultivo y de cosecha de la piña varían de acuerdo con el uso final del producto. La piña fresca para exportación requiere de un grado de maduración menor que la que va al procesamiento industrial. Aparte de que la exportación, en gran parte en barco refrigerado, requiere de un tiempo de transporte. Eso influye sobre la densidad de siembra del cultivo. La densidad de siembra debe ser menor, porque su aspecto físico es muy importante en la comercialización y la presentación en anaquel. El tamaño del fruto es importante para la producción de piña en rodajas, prefiriéndose de un peso de 900 a 1.400 g, lo que no es tan relevante para la piña dedicada a la producción de jugo o de mermelada.

El fruto de la piña no es climatérico, y debe cosecharse ya maduro. Una vez cortado, comienza su deterioro hasta la pudrición. Es muy perecible. Para conservarlo es necesario almacenar la fruta entre 7 a 13 °C, y a una humedad de 85 a 90 °C. Así se conserva entre 2 a 4 semanas.

Valor nutricional de la fruta de piña

El fruto de la piña es importante por su contenido, en 100 g de pulpa comestible de fibra (1,2 a 1,5 g), vitamina C (12 a 20 mg), y otras vitaminas como B9 o folato, A y E. Es rico, además, en minerales como potasio (250 mg), magnesio (114 a 198 mg), calcio (20,3 mg) y fósforo (11 mg) y otros, en menor cantidad, como yodo. Es bajo en proteína (0,4 a 0,5 g), carbohidratos (11,5 g) y lípidos (0,2 g). Su contenido en agua es elevado (85,8%), lo que hace que su valor calórico o energético sea relativamente bajo: de 45 a 55 Kcal por 100 g de pulpa comestible.

Producción y comercialización de la piña en el Ecuador

Ecuador es uno de los productores medianos de piña a nivel mundial. En el país se cultivaba mayormente, según cifras del 2003, en las provincias de Guayas (aprox. 39%), Pichincha (25%), Manabí (17%) y Esmeraldas (11%). El cultivo de piña se concentra en la región de la Costa, con un 67% de la producción nacional. El crecimiento de la producción del rubro ha sido muy notable, pasando de 48.500 tm en 2000, a 113.500 tm en 2003 (cuando en el mundo se produjeron 14,9 millones de tm). Un crecimiento resultante de la expansión de la superficie cultivada y del aumento de los rendimientos físicos (de 13 a 22 tm/ ha en los dos años mencionados). La producción nacional se destina al mercado interno, mayormente para el consumo fresco, atendido con la variedad Cayena, introducida al país en 1991, y con destino a la exportación y al consumo como fruta fresca, con la variedad Golden Sweet. En 2003 el consumo interno aparente de piña en el Ecuador fue 64.000 tm en 2003. La exportación de piña ecuatoriana tuvo un valor de US\$ 22 millones, que correspondió al 19% del valor exportado de frutas no tradicionales (UTEPI, 2006).

La piña en el Ecuador es cultivada por pequeños y medianos productores campesinos y por grandes empresas transnacionales (Dole, Del Monte y Chiquita, s.f.), que la exportan como fruta fresca. Los subproductos del procesamiento de la piña producidos en el país son muy escasos y poco competitivos en el mercado interno. Los mayoristas, que surten a las grandes cadenas de supermercados, importan la piña en rodajas enlatada principalmente de Chile y Tailandia. Sin

embargo, operan en el país al menos dos empresas que se ocupan de producir jugo de piña.

Producción y comercio exterior mundial

La piña es una de las frutas exóticas, cultivadas en países tropicales, que, a escala mundial, ha tenido un excepcional crecimiento sostenido en la demanda mundial, desde el final de la II Guerra Mundial y el desarrollo del transporte refrigerado marítimo, gracias a la excelencia de su fruto, su aroma, la disponibilidad permanente de la fruta en los mercados de los países desarrollados, el equilibrio dulzor-acidez y la versatilidad de sus usos culinarios e industriales (Uriza-Ávila, 2005). Ocupó la posición onceava entre las frutas más cultivadas a escala mundial, con cerca de 25 millones de t m. en 2013. La gran demanda se origina en Estados Unidos, Europa y Japón, que son grandes consumidores per cápita de piña: Estados Unidos y Europa, de 2 kg/p/año, y Japón (1,3 kg/p/año). No obstante, a pesar del crecimiento de la demanda y de la oferta mundiales, ha habido pocos cambios entre los actores que componen la lista de los países productores, cuya producción está controlada, en gran parte, por grandes empresas multinacionales, en particular Del Monte y Dole. Los grandes productores mundiales de piña son desde hace más de una década casi los mismos, pero se intercambian posiciones, de acuerdo con las políticas gubernamentales de estímulo para la producción y exportación (zona franca, exención de impuestos, etc.) en relación con el fruto, la adopción de nuevas variedades más productivas o más resistentes a las enfermedades y la fuerte incidencia de alguna plaga o enfermedad, generalmente fungosa, que afectó al cultivo en el país productor.

Para los años 2010 y 2015 el mayor productor mundial de piña era Tailandia. Entonces, algunos países del Asia representaban el 53% de la producción mundial. En 2015 los cinco mayores productores eran Tailandia, Costa Rica, Brasil, Filipinas e Indonesia. En esos años ya Costa Rica incursionaba, además, en el nicho de producción de piña orgánica, junto con Ghana y la isla caribeña de Dominica, como estrategia de expansión en un mercado muy competitivo en la exportación de fruta fresca. En cuanto a la exportación, Costa Rica fue el mayor exportador de piñas en el mundo en el 2016, con el 11% del volumen total exportado.

Es importante anotar que de la producción mundial de piña de 24,8 millones de tm en el 2015, solo la cantidad de 3 millones estaba destinada al comercio como fruta fresca. La razón es que varios grandes productores de piña, como India y China, dedican gran parte de su producción a la satisfacción de las necesidades del autoconsumo. Del total de la producción mundial en 2015, la parte usada para la exportación como fruta fresca y para la transformación agroindustrial fue de 9,5 millones de tm, lo que representó un 38,3% del total producido.

Las variedades de piña más cultivadas a nivel mundial son la Cayena Lisa, del grupo Cayena (Euville, Hilo, Rothfield), así como la Champaca F-153 y la Hawaiana. Otras variedades pertenecen al grupo Queen (Golden Sweet o MD2, Pernambuco y Back Piplay) o al grupo Spanish (Española, Blood, Puerto Rico). De todas ellas, la más cultivadas son la Cayena Lisa (preferida para productos enlatados, por su alto contenido de ácido y azúcares) y la Golden Sweet o MD2 (para fruta de mesa o consumo fresco, por su sabor dulce y su color dorado). Sin embargo, esas variedades, en especial la Cayena lisa, a pesar de su elevado rendimiento, no está exenta de problemas. Uno de ellos es su extrema sensibilidad a la mancha negra y a la *Phytophthora*. La variedad MD2, de forma cilíndrica, simétrica y uniforme, con su pericarpio de color amarillo-naranja, y su pulpa amarillo intenso, es muy valorada por su firmeza, dulzura y bajo contenido de acidez (Chan et al., 2003).

La producción de piña se comercializa en gran parte como fruta fresca en las propias regiones productoras de Asia, tanto del este como del sur, América Latina y África subsahariana. La producción mundial de la piña fresca que se comercializa en los mercados internacionales está controlada por dos grandes empresas: Dole y Del Monte. Esas empresas poseen plantaciones y procesadoras en varios países: Del Monte, en Filipinas, Estados Unidos y Costa Rica, y Dole, en Tailandia. En su intervención controlan toda la cadena productiva de la piña, e incluso poseen sus propios medios de transporte (UNCTAD, 2015).

Subproductos de la piña

El producto principal de la planta de la piña es su fruto. Un pequeño componente de una planta, cuyo cultivo se caracteriza por un elevado rendimiento. Transportar el producto, y sus desechos, supone altos costos de transporte. Por tal razón se busca

optimizar los subproductos generados en su transformación en el propio sitio de su producción.

De la pulpa se obtiene zumo clarificado y zumo turbio, yogur, mermeladas, jaleas, helados, y conservas de rodajas o trozos, al igual que piña deshidratada y confitada. E incluso se elaboran algunos cócteles como la piña colada. Del jugo fermentado se produce una bebida alcohólica que llaman “vino de piña”, y un vinagre muy apreciado y aromático. Los purés de piña congelados se usan como base para la fabricación de helados y yogur. De la pulpa también se extrae fibra dietética.

De la cáscara se produce en México una bebida fermentada llamada tepache.

De las hojas de piña se emplean en la preparación de fórmulas para la alimentación del ganado, y para la industria papelera y la confección de jarcias o fibras.

De la cáscara y de las hojas de la piña se obtiene fibra dietética (Mayorga-Gross, 2013).

Las tortas derivadas de la industria se usan para la producción de abono verde y compost, y para la alimentación del ganado. Las tortas fermentadas se emplean para la producción de biogás.

Del tallo, de la cáscara y del corazón se obtiene una enzima proteolítica denominada bromelina, con amplio uso en la industria farmacéutica.

La bromelina es un fermento digestivo, antiinflamatorio, ayuda a metabolizar los alimentos (Ketnawa et al., 2011). Actúa como un diurético, ligeramente antiséptico, desintoxicante, antiácido y vermífugo. Se experimenta sobre su uso para el tratamiento de la artritis reumatoide, la ciática, la arteriosclerosis, el control de la obesidad. La bromelina se usa en decocción para aliviar las infecciones de la laringe y la faringe. La bromelina tiene acción de anticoagulante plaquetario. Se ha encontrado que la bromelina produce autofagia en las células del carcinoma mamario, estimulando el proceso celular de apoptosis (Bhuik et al., 2010).

Conservación

El fruto de la piña no es, estrictamente, climatérico. Una vez retirado el fruto de la planta comienza su proceso de senescencia, y una semana después se deteriora, pudriéndose. Para prolongar su vida útil, se almacena a una temperatura de 20 °C y

con una humedad relativa de unos 85%, para mantenerlo en buenas condiciones unos 18 días. El peso de la fruta va reduciéndose en la medida en que la fruta madura. Transcurrido 18 días, el fruto ha perdido un 12% de su peso inicial, debido a la transpiración y respiración del fruto. En esas condiciones es considerado un fruto climatérico de baja respiración, en un punto intermedio entre los patrones de comportamiento climatérico y no climatérico.

Durante su maduración el fruto aumenta su acidez. Su contenido de ácido crece de un 0,46% en el día 6, a un 0,71% en el día 18. Mientras que el pH decrece de 4,03, en el día 5, al 3,83, en el día 18.

Procesamiento agroindustrial de la piña

La piña fue cultivada por primera en Europa a finales del siglo XVII. En el siglo XIX ya se había difundido en todo el mundo. Al principio, llevado por los navegantes y comerciantes portugueses a Asia y África, comercializándose como fruta fresca, hasta que a finales del siglo XIX e inicios del siglo XX comenzó a procesarse en Hawai, cuando J.D. Dole produjo rodajas de piña enlatadas con procedimientos manuales. En 1911 Dole automatizó el proceso aplicando una máquina diseñada por G. Ginaca para pelar la fruta y cortarla en rodajas (UTEPI, 2006).

Las grandes empresas (Dole, Del Monte y otras pocas) controlan toda la cadena productiva de la piña a nivel mundial, discriminando sus inversiones de acuerdo con algunos criterios, entre los que destaca la inseguridad jurídica y política del país y los costos de los factores nacionales. En el Ecuador las empresas transnacionales han invertido solo en la etapa de exportación de fruta fresca, adquiriendo el producto a los productores nacionales. No lo han hecho en la industria procesadora porque implica mayores riesgos: el nivel de oferta de la materia prima no es suficientemente grande, los costos de instalación son altos y elevados los lapsos de amortización de las inversiones, aparte de factores relacionados con la estabilidad política nacional. Para diversificar sus riesgos, las grandes empresas dividen sus procesos productivos en varios países, según los incentivos, mayormente fiscales, que reciban.

La tecnología empleada para el procesamiento industrial de la piña es relativamente sencilla. En la práctica casi todas las maquinarias empleadas siguen

el mismo procedimiento: pelar, descorazonar, cortar y exprimir. La eficiencia del proceso depende del tipo de elaboración al que se someta la fruta, si es manual o mecanizada, y de la gama de subproductos deseados. Del procedimiento empleado depende también el rendimiento en fábrica de la fruta y la producción de desechos o descartes. Si se elaboran rodajas, trozos, cubos, pulpa o mermelada, el rendimiento puede ser de un 85 %, y el desecho de un 15% restante (UTEPI, 2006). Estas cifras difieren de las aportadas por otros investigadores (Quijandría et al., 1997), que el enlatado de piña puede generar un 80 % de desechos del peso total de la fruta, al desechar la corona, la cáscara, las puntas, el corazón y los ojos. De tal manera que el porcentaje de pulpa aprovechable por una planta industrial de enlatados de piña puede oscilar entre 36,4% para piñas pequeñas, de hasta 1,5 kg de peso, y el 41,9% para piñas grandes, mayores de 1,5 Kg hasta 3,2 kg de promedio (Alfaro y Rodríguez, 1992; Quijandría et al., 1997).

Los desechos agroindustriales del procesamiento de la piña son un recurso abundante y renovable, con escaso valor agregado y aprovechamiento limitado. Muchas partes de las plantas no son de ordinario aprovechadas. Es el caso de las hojas, la corona, la cáscara, los ojos, el tallo y el corazón del fruto, que son, por lo general, fuentes ricas en material celulósico, con potencial en la elaboración de productos útiles, como la fibra dietética, y con la agregación de valor (Ortega y Rodríguez, 2019). Una buena estrategia es utilizar esas partes “desechadas”, agregándole valor, creando empleos y diversificando los ingresos obtenidos de la transformación del rubro (Larrauri, Rupérez y Saura-Calixto, 1997; Fernández et al., 2006; Amzad y Mizanur, 2011; Ackom y Tano-Debrah, 2012; Boumphrey, 2013; Mayorga-Gross, 2013).

El procesamiento inicial de la piña comprende algunas operaciones básicas, a partir del fruto cosechado y acarreado hasta la planta transformadora, o el área de acondicionamiento para la exportación como fruta fresca: 1) Descarga del fruto, 2) Pesado, 3) lavado y desinfección, generalmente con agua con cloro, 4) Selección del fruto, atendiendo al tamaño, peso y aspecto. Esta operación se realiza manualmente, para garantizar un mejor control de calidad, 5) Encerado y aplicación con fungicida (cuando debe ser almacenada hasta su transformación), para mejorar la apariencia de la fruta y retardar su cambio de color.

Cuando la piña es destinada a la producción de rodajas en una planta procesadora se realizan las siguientes operaciones: 1) Se separa la corona de hojas, 2) La fruta es lavada y calibrada, empleando rodillos giratorios, 3) Una máquina corta uno de sus extremos y lo separa, 4) Se pela el fruto, retirando la cáscara y el corazón, separándolo de la pulpa. Se cortan las rodajas, de 8 a 12 cm de espesor. 5) Se envasan en lata, manual o automáticamente, acompañado del líquido de conservación. 6) Esterilización del envase (Rees, Bettison y Ducar-Maluenda, 1994; Guevara-Pérez y Cancino-Chávez, 2015).

Diagrama de flujo para la elaboración de la piña en conserva o en almíbar (De acuerdo con la norma Codex Stan 42-1981) (Blanco, 1992).

OPERACIÓN	SALIDA	OBSERVACIONES
Recepción		Sin el penacho o corona
Lavado	Agua de lavado	Con chorros de agua clorada (2 ppm)
Selección	Fruta de rechazo	Fruta con 2/3 maduración, por mayor acidez.
Pelado	Cáscara y corazón	Cáscara se usa para pulpa, vinagre o almíbar.
Troceado		En rodajas o en cubos de 2 cm de lado.
Preparación jarabe		2 kg azúcar y 5 L agua: 30/35 Brix a 90°C.
Cocción de trozos		80/85 °C durante 5 min.
Lavado de envases		Con agua y jabón. Esterilizados en agua 5 min.
Adición de jarabe		70 o 60% fruta y 30 o 40% almíbar.
Llenado de frascos		Llenado hasta el borde del frasco.
Reposo del frasco sin tapar		Reposar 5 min para eliminar burbujas de aire.
Tapado hermético del envase		
Esterilización comercial		95° C durante 15 min. Agua tapando el frasco. Colocar en el fondo de la olla manta doblada.
Enfriamiento		Agua tibia 40 °C al inicio, y luego agua fría.
Etiquetado y embalaje		
Almacenamiento en bodega		En cajas y en lugar ventilado y fresco.

Del procesamiento de la piña para extraer el zumo, y en general de la mayoría de las frutas, se pueden obtener tres tipos de subproductos diferenciados: a) el puré o pulpa de fruta, que es susceptible de fermentación, obtenido tamizando la parte comestible de las frutas enteras o peladas, sin eliminar el zumo; b) el zumo turbio

(cloudy), que contiene partículas en suspensión que no llegan a precipitar. Esta condición es asociada por el consumidor con un producto natural y saludable; c) el zumo clarificado, claro, transparente, obtenido mediante un proceso de clarificación y filtrado del zumo turbio. Para procesar, por lo general, el zumo turbio, se prensa el triturado para obtener el jugo, una vez que el líquido se haya estabilizado enzimáticamente. Para reducir el contenido en pulpa a niveles aceptables, entre 1 y 3%, se centrifuga el zumo. Antes de proceder al proceso de pasteurización y envasado aséptico, se desairea para evitar la degradación del aroma y el color. El ácido ascórbico, vitamina C, se agrega como antioxidante para conservar el color (Mayorga-Gross, 2013).

Para elaborar jugo de piña: 1) Se recibe y, inspecciona la fruta, haciendo una primera selección, 2) Se cepilla y lava la fruta; 3) Se eliminan las partes dañadas y enmohecidas, 4) A partir de la pulpa adherida a la cáscara, 5) Se separa la pulpa de la cáscara y el corazón, y se retira bien los restos de la pulpa adherida a la cáscara. 6) Trituración de los trozos de la fruta, mediante la centrifugación (un exprimidor con rodillos provistos de clavos). Tras esa operación se obtiene jugo y jugo turbio. El jugo se “desairea” y pasteuriza, y se embotella a 90 °C (UTEPI, 2006).

Una relación más detallada para la elaboración del jugo o zumo de piña indica que tras la trituración de los trozos de pulpa, o molturación, queda una masa. Esa masa se calienta a 60° C para degradar la estructura fibrosa y facilitar la extracción del zumo. Ese zumo, o zumo bruto, contiene muchas partículas sólidas en suspensión, entre el 5 y el 30%, que deben ser eliminadas. Con se fin se somete a un proceso de tamizado, en algunos casos el segundo tamizado, y clarificación, evitando la aireación, para que no pierda el aroma ni el color (Lorente et al., 2011).

En la producción directa de zumo se realiza un tratamiento térmico que varía entre 86 y 96 ° C, en relación con el sistema de llenado empleado (caliente o frío), para luego almacenarlo en bidones.

Para elaborar el concentrado de piña se emplea el jugo turbio, que se despulpa eliminándole hasta un 50% del agua contenida inicialmente. El concentrado resultante se esteriliza a 105 ° C (UTEPI, 2006).

Relaciones: De 100 kg de piña se pueden producir 15 kg de rodajas, 5 kg de tidbits y 25 kg de zumo. El rendimiento es relativamente bajo: 25% en jugo, 15% en rodajas

y 5% en tidbits (“trocititos o pedacitos”). En total, un 35% del peso total (UTEPI, 2006).

Desde hace unos pocos años está creciendo en los países desarrollados el consumo de la piña, particularmente la variedad MD2 o Golden Sweet, “mínimamente procesada”. Se trata de un procesamiento mínimo, que implica selección, lavado, pelado, higienización, centrifugación y empaque al vacío. El problema de esta presentación es que tiene una vida útil de solo 5 a 7 días, refrigerada de 1 a 7 °C, porque muestra una rápida degradación fisiológica y microbiana (Escobar et al., 2014; Pan et al., 2015). Experimentos realizados por Buitriago et al. (2018) encontraron que el tipo de corte y de envase afectan la calidad de la piña envasada. Según ellos, la forma más adecuada de conservación fue la de la piña MD2 cortada en cuartos de rodaja y envasada al vacío, alcanzando, en esa condición, hasta 12 días de almacenamiento sin presentar cambios en su vida útil.

Impacto ambiental y social del cultivo y la transformación industrial

La modalidad de cultivo de la piña, y de cualquier otro tipo de rubro agrícola, es un factor importante a tener en cuenta para evaluar sus impactos ambientales a lo largo de toda la cadena productiva, cuando se trata de la siembra en grandes extensiones. Empezando por el acondicionamiento del terreno para la siembra, que conlleva la deforestación de la vegetación, lo que causa alteraciones del biotipo original, empobreciendo el suelo y causando erosión. A esa acción se agregan otras como el uso del agua para el riego del cultivo, y para el lavado de la fruta en la industria de envasado, el uso frecuente de plaguicidas y fungicidas y la contaminación del suelo y del aire provocado por la disposición de los desechos de la planta a todo lo largo del proceso. Comúnmente el valor agregado de la piña es muy escaso. No se aprovechan las hojas de la planta, ni la corona, la cáscara, el corazón y el tallo del fruto, que son fuentes ricas en material celulósico (Ortega y Rodríguez, 2019).

Esos impactos no son solo ambientales, sino que también interesan a otras esferas, como los impactos sociales, que afectan a la población trabajadora implicada directamente en el cultivo de la piña, y a la población que habita las áreas cercanas a los campos de cultivo de la piña que, por su modalidad de monocultivo o de

plantación, traen graves problemas de contaminación para la agricultura de las áreas inmediatas y la salud de los pobladores por el uso intensivo de plaguicidas tóxicos para la salud humana y animal (UNCTAD, 2015).

Un caso de estudio de los impactos ambientales: el cultivo de la piña en Costa Rica

La manera tradicional del cultivo de la piña en pequeñas parcelas, en sistemas de policultivo, y con uso intensivo de mano de obra en las labores de siembra, cosecha y procesamiento, trae beneficios ambientales y sociales. Con esta modalidad de cultivo se imita en cierta medida la diversidad de los ecosistemas naturales, evitando grandes efectos sobre la composición del suelo, su comportamiento y su desgaste. Ese sistema representa, sin embargo, mayores costos económicos y un menor rendimiento que los sistemas de monocultivo, que obtienen economías de escala. No obstante, hay una mayor biodiversidad y sustentabilidad ambiental. Y también una mayor sustentabilidad social, por la democratización del empleo, el aumento del bienestar social comunitario y un mejor uso de los recursos naturales. El crecimiento económico es menos rápido y menor la acumulación de capital en el tiempo, pero se protege al ambiente, la distribución de los beneficios económicos es más equitativa, sin concentrarse en las grandes empresas que invierten grandes capitales, para multiplicar desmedidamente sus ganancias por el control que ejercen sobre toda la cadena productiva, local e internacionalmente.

El monocultivo o sistema de plantación (empleado para la producción, por ejemplo, de caña de azúcar y de soya, en grandes áreas), en cambio, es un poco más intensivo en el uso del factor capital en relación con la mano de obra, reemplazándola por maquinaria, y es más eficiente en la uniformidad de la cosecha y el control de plagas y enfermedades. Pero el cultivo se hace más vulnerable, por la uniformidad genética y obliga al empleo de un paquete tecnológico (de grandes dosis de fertilizantes químicos y de plaguicidas) para garantizar los altos rendimientos. La mayor vulnerabilidad del cultivo y el uso creciente de paquetes tecnológicos intensivos reduce la diversidad biológica, empobrece y desgasta al suelo, propiciando la erosión, impidiendo el reciclaje natural del suelo. Hay una

mayor productividad y producción, pero, también menor biodiversidad y sustentabilidad ambiental (UNCTAD, 2015).

Esa disyuntiva entre las dos modalidades de cultivo, y sus efectos ambientales y sociales, obliga en el caso del cultivo de la piña a confrontar dos situaciones distintas: el cultivo tradicional y el cultivo moderno de la piña en Costa Rica. Un cultivo que, en apenas unas dos décadas, convirtió a ese país en el segundo mayor productor y el primer mayor exportador de piña en el mundo. Ese ascenso en el mercado mundial piñero ha tenido, sin embargo, enormes costos para el país.

Las grandes empresas transnacionales agroalimentarias controlan, en varios países de América Latina, toda la cadena productiva del producto. Es el caso de los cultivos de piña en la región del Caribe y Pacífico sur de Costa Rica. Esas empresas aplican, de manera general, un sistema de relacionamiento con los productores que se repite de país a país, por el cual eluden las grandes responsabilidades ambientales, que quedan a cargo del productor local del rubro. Una empresa transnacional como Pineapple Development Corporation (PINDECO), subsidiaria de la transnacional Del Monte, aplica el sistema “satellite farming”, un arreglo en el cual PINDECO aporta la tecnología y la maquinaria a utilizar, y los campesinos la tierra y el trabajo (Quijandría, Berrocal y Pratt, 1997). La tecnología es importada y adoptada (y no adaptada), y los productores deben aplicarla, incluyendo un uso intensivo de plaguicidas que contaminan el suelo, aire y el agua, y ponen en peligro su salud personal, para gozar del “beneficio” de la adquisición de la piña producida que la empresa destinará a la exportación. La empresa fija, además, el precio de adquisición del producto, y prohíbe la sindicalización de sus trabajadores y de los productores. Acuña (2006), señaló que los pequeños productores pasaron de “propietarios a proletarios”. PINDECO ha sido acusada en repetidas ocasiones de violar normativas jurídicas ambientales, forestales, de conservación de la vida silvestre y de la salud (González-Acuña, 2004; Bergen-Aravena, 2005; Bonatti et al., 2005; Cuadrado-Quesada y Castro-Vargas, 2009). El cultivo de la piña en esas condiciones produce una enorme cantidad de “desechos”, cuyo manejo ocasiona grandes costos. Hernández-Chaverri y Prado-Barragán (2018) señalan que 43.000 hectáreas de cultivo producen una biomasa de rastrojos de piña de 640.000 ton /año de base seca, con costos asociados que varían entre 1.000 a 2.500 US dólares por kilo.

La manera en que se maneja el cultivo de la piña en países como Costa Rica (uno de los más importantes países productores y exportadores de piña en el mundo) es establecida en gran medida por PINDECO, de acuerdo con sus intereses empresariales. Esa empresa controla más el 50 % del cultivo de la piña en Costa Rica. Y la tecnología que se aplica produce fuertes impactos ambientales por la erosión que ocasiona, la compactación del suelo, el deterioro de la actividad microbiológica del suelo y la práctica del monocultivo que hace más vulnerable los cultivos al ataque de plagas y enfermedades.

Bibliografía

- Ackom, N. y Tano-Debrah, K. (2012). Processing pineapple Pulp into dietary fiber supplement. *African Journal of food, Agriculture, Nutrition and Development*, 12(6), 6824-6834.
- Acuña, G. (2006). Producción de piña en el Caribe y Pacífico sur de Costa Rica. *Revista Ambientico*, 158.
- Alfaro, R. y Rodríguez, J. (1992). *Impacto ambiental de los desechos agroindustriales (Café, Piña y Palma Africana)*. Informe Anual 1992. Universidad Nacional.
- Amzad, H. y Mizanur, R. (2011). Total phenolics, flavonoids and antioxidant activity of tropical fruit pineapple. *Food Research International*, 44, 672-676.
- Bartholomew, D., Paull, R. y Rohrbach, K. (eds). (2003). *The pineapple: botany, production and uses*. CABi Publishing. Doi: 10.1079/978085/995038.0033.
- Bergen-Aravena, J. (2005). *La expansión piñera en Costa Rica. La realidad de los perdedores de la agroindustria exportadora de la piña*. COECO Ceiba- Amigos de la Tierra.
- Bhui, K., Tyagi, S., Prakash, B. y Shukla, Y. (2010). Pineapple bromelain induces autophagy, facilitating apoptotic response in mammary carcinoma cells. *Biofactors* 336(6), 478-482.
- Blanco, M. (1992). *Procesamiento de frutas, hortalizas y especias en pequeña escala, Alternativas tecnológicas para la pequeña agroindustria*.
- Bonatti, J., Borge, C., Herrera, B. y Paaby, P. (2005). *Efectos ecológicos del cultivo de la piña en la cuenca media del río General-Térraba de Costa Rica*. Informe Técnico No. 4. Elaborado por SEDER para TNC.

- Boumphrey, S. (2013). *Economic and consumer insight: food and drink companies embrace sustainability*. <https://blog.euromonitor.com/2013/08/food-and-drink-companies-embrace-sustainability>.
- Buitriago-Dueñas, E., Dussán-Sarría, S., Rivera-Ochoa, M. y Ordóñez-Santos, L. (2018). Efecto del tipo de corte y tipo de envase en la conservación de piña (*Ananas comosus* L. Merr.) "Oromiel" mínimamente procesada. *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas*, 12(2), 308-318.
- Cuadrado-Quesada, G. y Castro-Vargas, S. (2009). *Costa Rica: la expansión del monocultivo de piña en detrimento de los derechos humanos*. Food First Information and Action Network.
- Escobar, A., Márquez, C., Restrepo, C. y Pérez, I. (2014). Aplicación de tecnología de barreras para la conservación de mezclas de vegetales mínimamente procesadas. *Rev. Fac. Nac. Agron Medellín*, 67(1) 7238-7245.
- Fernández, M., Falco, A., García, M. y Zelgueira, O. (2006). Obtención de un concentrado de fibra de piña (*Ananas comosus* L.). *Ciencia y Tecnología de Alimentos*, 16(2), 56-61.
- González-Acuña, G. (2004). *Diagnóstico de la situación y condiciones de la agroindustria piñera en Costa Rica*. ASEPROLCA.
- Guevara-Pérez, A. y Cancino-Chávez, K. (2015). *Elaboración de fruta en almíbar*. Universidad Nacional Agraria-La Molina. Facultad de industrias Alimentarias. CICTAAL.
- Hernández-Chaverri, R. y Prado-Barragán, L. (2018). Impactos y oportunidades de biorrefinería de los desechos agrícolas del cultivo de la piña (*Ananas comosus*) en Costa Rica. *Cuadernos de Investigación UNED*, 10(2), 465-468.
- Ketnawa, S., Chaiwut, P. & Rawdkuen, S. (2011). Extraction of bromelain from pineapples peels. *Food Science Technology International*, 17(4), 395-402.
- Larrauri, A., Rubepérez, P. & Saura-Calixto, F. (1997). Pineapple shells as a source of dietary fiber with associated polyphenols. *J. Agric. Food Chem.*, 45, 4028-4031.
- Lorente, J., Valero, M., Ancos, B., de Martí, N., García, S., Landejo, B. y Esturo, A. (2011). Procesos Industriales, 79-116. En: Lorente J. et al. *El Libro del Zumo*. Editorial Agrícola Española.

- Mayorga-Gross, A. (2013). *Desarrollo de fibra dietética a partir de un subproducto industrial de piña y su aplicación en un producto alimenticio* [Tesis de Ingeniería, Universidad de Costa Rica].
- Ortega, G. y Rodríguez, A. (2019). Síntesis de acetato en celulosa y rayón a partir de residuos agroindustriales del cultivo y el procesamiento de piña. *Revista Teinnova*, 3, 22-28.
- Pan, Y., Zhu, J. y Li, S. (2015). Effects of pure oxygen and reduced oxygen modified atmosphere packaging on the quality and microbial characteristics of fresh-cut pineapple. *FRUITS*, 70(2), 101-108.
- Quijandría, G., Berrocal, J. y Pratt, L. (1997). *La industria de la piña en Costa Rica: análisis de sostenibilidad*. Centro Latinoamericano para la Competitividad y el Desarrollo Sostenible (CLACDS).
- Rees, J., Bettison, J. y Ducar-Maluenda, P. (1994). *Procesado térmico y envasado de los alimentos*. Editorial Acribia.
- Rodríguez, A. (2006). Pequeños productores exportando piña orgánica. *Revista Ambientico*, 158.
- Rodríguez, M. (2013). Información sobre proveedores de piña en la empresa proveedora. *Comunicación electrónica*.
- SEPSA. (1995). *Perfil de la actividad piñera (Ananas Comosus L.) en Costa Rica*. Ministerio de Agricultura y Ganadería.
- UNCTAD. (2005). *Productos básicos*. UNCTAD.
- Unidad Técnica de Estudios para la Industria (UTEPI). (2006). *Piña. Estudio Agroindustrial en el Ecuador. Competitividad de la cadena de valor y perspectivas de mercado*. Ministerio de Comercio Exterior del Ecuador.
- Uriza-Ávila, D. (2005). Foreward and preface. *Acta Horti*. 666. Doi:10.176604Acta hort.2005.666.0.

MUSÁCEAS: PLÁTANO Y BANANO

Nombres comunes del plátano: plátano, verde, plátano macho.

Nombre científico del plátano: *Musa acuminata*, *M. balbisiana*

Descripción de la planta y el fruto

El plátano es una planta herbácea, perenne, porque de la base de la planta surge un brote llamado “hijo”, retoño, brote, vástago, que reemplaza a la planta “madre” al crecer.

Es una planta de la familia de las Musáceas, originaria de la región indomalaya, que comprende gran parte de Asia del sur y sudeste. Llevada a la cuenca del mar Mediterráneo en el siglo VII, fue introducida en las islas Canarias en el siglo XV, y llevada a América en el siglo XVI, hacia 1516. La planta ha sido ampliamente difundida y cultivada en todos los climas tropicales y subtropicales del mundo.

La planta y el fruto que conocemos es el resultado de cruces y mutaciones naturales de una o dos especies silvestres: *Musa acuminata*, conocida como genoma A, y *Musa balbisiana*, genoma B. De la combinación de estos genomas se obtuvieron cultivares diploides (AA y BB), triploides (AAA, AAB y ABB) y tetraploides (AAAB, AABB, AB BB). Los cultivares con mayor proporción del genoma A producen frutos más dulces que los de B, y se consumen mayormente en fresco. Se conocen como bananos, o guineos en Ecuador. Los del genoma B tienen mayores cantidades de almidón en el fruto maduro, y necesitan ser cocinados para su consumo. Se conocen como plátano o plátano macho, o “verde” en Ecuador.

Los procesamientos agroindustriales potenciales del plátano en la provincia de Manabí

En este libro se trata sobre subproductos agroindustriales.

Desde esta óptica se considera, de manera simplificada, que la planta consta de cuatro partes, que corresponden a las materias primas principales y secundarias del plátano, que pueden ser procesadas en la agroindustria manabita: el pseudo tallo, las hojas, el racimo con los frutos y el raquis o pinzote.

El plátano se cultiva en más de 130 países. Es el cuarto cultivo en importancia a escala mundial (detrás del trigo, el maíz y el arroz), y constituye una gran

oportunidad de los países productores para crear empleos y obtener divisas en el mercado internacional del producto.

El principal producto de la planta es el fruto, que viene en un racimo, constituido por “manos”, formado por “dedos” o frutos individuales.

El fruto, con un peso aproximado para la variedad Harton de 265 g por unidad, es muy valorado como un alimento de alto valor energético (de 88 a 95 K/cal por 100 g), nutritivo (especialmente rico en carbohidratos, provitamina A, vitamina C y ácido fólico, en minerales como potasio, fósforo, magnesio, calcio, y alto en fibra dietética), de fácil digestión (cuando se cuece es recomendable para tratar diversas patologías gastrointestinales. Crudo, por su almidón, es de difícil digestión), y de bajo costo relativo para el consumidor. Todo esto lo convierte en un producto esencial para la seguridad alimentaria mundial, sobre todo para la población con menores recursos económicos y déficits de salud y educación. Al ser una planta de fácil cultivo, hace posible su siembra en parcelas de policultivo en pequeñas unidades de producción de auto subsistencia. Lo que es muy importante para la sobrevivencia de muchas familias campesinas en países pobres y densamente poblados.

De la planta del plátano solo se aprovechaba, en 2018, el 12%, dejando el 88% restante como residuos que se acumulan y se descomponen, tanto en el momento de la cosecha, en la comercialización y en el almacenamiento. Esos residuos se convierten en graves problemas fitosanitarios, atrayendo insectos y roedores, generando una aguda contaminación ambiental en los grandes países productores. A esos desperdicios se agregan grandes volúmenes de residuos y subproductos provenientes de la agroindustria, tales como cáscaras, semillas, porciones carnosas de frutas y vegetales deterioradas o desechadas, que pueden alcanzar hasta un 60 a 70% de las materias primas crudas utilizadas por la agroindustria, después de haber extraído el componente económicamente importante en el proceso. Esos residuos y subproductos no usados producen pérdidas económicas por sus efectos medioambientales, que se transmiten al estado de salud de la población en general. El aprovechamiento de estos subproductos es a veces difícil, pero a fin de cuenta constituyen una fuente barata de recursos y/o sustratos para la fabricación de productos bacteriológicos como antioxidantes, enzimas, etc.

Esos residuos pueden, sin embargo, ser objeto de apropiados procesamientos agroindustriales que generen empleos e ingresos, dinamicen las economías locales, sean fuentes de emprendimiento y disminuyan la contaminación al medio ambiente.

De la planta, además del fruto (la materia prima principal), se pueden procesar también las partes secundarias (pseudotallo y rizoma, hojas, raquis o pinzotes), para desarrollar emprendimientos de baja o media tecnología artesanal o industrial, de baja inversión de capital y de fácil y rápida capacitación de los productores, para crear nuevas oportunidades, generar empleos e ingresos, mientras se agregan valor a las distintas partes de la planta.

El plátano en Ecuador, y en la provincia de Manabí

El plátano es un cultivo importante para un país como Ecuador, y para una provincia para Manabí. Distingamos entre plátano y banano, que, en la práctica, operan como dos rubros de diferente comportamiento en la producción y en la exportación mundial.

Los cinco mayores productores de plátano en el mundo fueron, para 2016, Camerún, Ghana, Uganda, Colombia y Nigeria. Pero, por presentar altos índices de consumo per cápita del rubro, la mayor parte de la producción se destina al consumo interno en los países productores, y se dedica relativamente poco para la exportación. En suma, solo se exporta del 15 al 20% de la producción mundial de plátano. Ecuador está entre los cinco principales países exportadores de plátano del mundo junto con Laos, Guatemala, Colombia y España. En el caso del banano, los mayores productores del mundo son India, China, Filipinas, Indonesia y Tailandia.

Ecuador es, sin ser uno de los mayores productores de plátano en el mundo, es el mayor exportador, con una oferta del 24,6% de la oferta exportable mundial de banano. Incluso en América, los mayores productores de plátano son Colombia (38,1%), Perú (21,6%), República Dominicana (6,9%) y Ecuador (6,4%).

Esa importancia del plátano en la economía nacional arroja como resultado que, cuando se inventarían los trabajos de titulación que se presentan en el área agrícola en las universidades suramericanas, se encuentra con que el mayor número procede de universidades colombianas. Algo de eso debería también ocurrir en las universidades que tienen sede en la provincia de Manabí.

Hay mucho que investigar en Manabí en relación con el rubro plátano: empezando con estudios sobre la cadena productiva y de valor del plátano en Manabí, la genética de la planta y nuevos cultivares más productivos y resistentes a plagas y enfermedades, problemas del manejo agronómico (cultivares, densidad de siembra, niveles de fertilización, plagas y enfermedades, etc.), valores nutricionales y composición química de los subproductos, campañas nutricionales con el plátano para reducir la incidencia de la desnutrición crónica infantil y la diabetes, la digestibilidad de los subproductos en personas vulnerables, los problemas de comercialización post cosecha, los aspectos socioeconómicos y de organización de los productores, la seguridad alimentaria y el rol del plátano, pequeños emprendimientos agroindustriales, aspectos medioambientales del cultivo, análisis de rentabilidad del plátano en monocultivo y en policultivo, recopilación de recetas y folclore relacionados con el plátano, diccionarios del plátano, etc., pero sobre todo, en nuestro campo, las posibilidades agroindustriales relacionadas con las partes utilizables de la planta, que es el propósito de este libro: señalar algunas posibilidades en el área de la actividad agroindustrial en Manabí.

En el caso de la producción nacional y exportación de plátano (“verde”) en Ecuador, la provincia de Manabí está en el primer lugar. Y dentro de la provincia, el cantón de mayor producción es El Carmen. A Manabí le siguen las provincias Los Ríos y Santo Domingo de los Tsáchilas. Las tres provincias son llamadas el triángulo platanero.

El 80% del plátano producido en El Carmen se destina a la exportación para Estados Unidos y Europa, por la vía de los intermediarios en la comercialización. El 20% restante va al mercado interno, y se distribuye principalmente en Quito, Guayaquil y Portoviejo. La variedad más cultivada en el cantón es barraganete, con el fruto de mayor tamaño, que se estima mayormente a la exportación, mientras que la variedad dominico es la más consumida localmente. En el cantón El Carmen había en 2018 unas 50.000 ha sembradas, que ocupaban a unos 20.000 productores.

Partes de la planta procesables industrialmente

Aparte del fruto, se procesan en el mundo cuatro otras partes de la planta: 1) El pseudo tallo y el rizoma o cormo; 2) las hojas, 3) el racimo con frutos, y 4) el raquis o pinzote.

El producto principal es el fruto, de gran importancia nutricional, energética, dietética y económica, y presenta numerosos usos alimentarios, medicinales, artesanales, etc.

El pseudo o seudo tallo, que brota de la base del rizoma o cormo, parte subterránea, está compuesto por vainas foliares superpuestas alrededor del falso tallo. Es un bulbo con capacidad de rebrote cada año. De allí se extrae la fibra, empleada en muchos usos (alimentación animal, industrial, etc.).

Las hojas, que constituyen el principal órgano fotosintético de la planta, son muy largas y llamativas ya desarrolladas, de forma oblonga, lisas, de textura tierna y de base redondeada, con una nervadura central, o pecíolo, que divide el limbo en dos láminas medias. Las hojas alcanzan de 2 a 4 m de largo, y de 0,5 a 0,9 m de ancho. Presentan un color verde brillante en el haz, y un poco más atenuado en el envés. Las hojas tienen muchos usos, desde envoltura para cocinar y servir alimentos tradicionales, y como mantel en comidas populares, hasta para elaborar alimentos para cerdos y rumiantes.

El racimo es una estructura compleja que sostiene al conjunto de frutos dispuestos a lo largo del raquis o pinzote. Los frutos individuales, o dedos, se agrupan en manos. Esos frutos son el resultado de la inflorescencia contenida inicialmente en la estructura, y que está soportada en el tallo floral, que es el verdadero tallo de la planta, donde hay fibras de una gran resistencia para poder soportar el peso de un racimo, que es, de acuerdo con la variedad, de unos 30 a 50 kg.

El raquis o pizonte es el tallo que sostiene la inflorescencia. Va desde el primer fruto del racimo hasta las yemas masculinas, contenidas en la bráctea, que son hojas modificadas, y en las que termina el racimo.

Usos agroindustriales potenciales de las partes de la planta del banano

En una publicación de Pro-Ecuador (2011), referida al banano, no al plátano, se mencionan trece usos posibles solamente para la pulpa de banano, y que pueden ser tema para propuestas de investigación. A saber: banano en almíbar y en rodaja deshidratadas, sin freír; pulpa de banano congelada; banano deshidratado en hojuelas; banano pasa (higo); banano liofilizado; bebidas alcohólicas y etanol a partir del banano; harina y polvo de banano; jaleas, mermeladas, compotas y bocadillos de banano; jugos, néctares y bebidas con banano; puré de banano; rodajas y frutas de banano; vinagre de banano; pulpa de banano.

En este caso, relacionado con el procesamiento agroindustrial del fruto del plátano y de otras partes de la planta, se dividirá la exposición en dos partes: 1) las posibilidades agroindustriales con el fruto, y 2) las posibilidades agroindustriales de aprovechamiento del pseudo tallo, las hojas y el pinzote o raquis.

Posibilidades agroindustriales con el fruto

El producto principal de la planta de plátano es el fruto, que tiene muchos usos, consumido después de cocción.

El más importante uso es el alimentario. En especial consumido tras su cocción, como alimento energético, de bajo precio relativo, y aportador de carbohidratos, ya que del 60 al 80 % del fruto contiene almidón, que se transforma en azúcares. Y, en general, como alimento nutritivo, aportador especialmente de ciertas vitaminas (A,C, ácido fólico) y minerales (potasio, magnesio, fósforo, calcio) y de fibra. Utilizando al plátano como ingrediente se elaboran muchas comidas tradicionales en América Latina y en algunos países africanos y asiáticos.

Otro uso es el medicinal. Su consumo se recomienda para combatir artritis, úlceras, gota, reductor de los ácidos retenidos en el cuerpo (ácidos úrico, fosfórico y sulfúrico). Se recomienda para controlar el colesterol, reducir la ansiedad y facilitar el sueño. En varias publicaciones recomiendan el consumo de plátano verde para regular los niveles de glucosa y combatir la diabetes tipo 2. Por su riqueza en potasio, contrarresta el efecto de retención de líquidos producidos por el sodio, y para eliminar el exceso de agua con el fin de reducir la presión arterial.

Los principales subproductos agroindustriales del fruto:

Como harina o fécula. El proceso comienza sometiendo al vapor el fruto entero para evitar el pardeamiento. Después se le quita la cascara, corta y deshidrata con un proceso llamado “escaldado”, que consiste en inactivar las enzimas (que afecta el color, el sabor y el contenido vitamínico del producto), cocinando brevemente los alimentos en agua o un líquido. El escaldado aumenta la solubilidad de la harina y disminuye su viscosidad. La harina debe ser muy fina al tacto. Para su manejo y almacenamiento se le agrega cerca de un 1% de sustancias desecadoras, como carbonato de calcio. Con la harina se preparan pudines, panes, atoles, helados, malteadas, etc.

Como ingrediente de jaleas, mermeladas y jarabes. Se hace a partir de la pulpa de frutos maduros. En este caso, la pulpa es macerada y combinada con almíbar o azúcar. Para evitar su oscurecimiento se le agrega jugo de limón. La mermelada se prepara adicionando azúcar o almíbar concentrado a la pulpa de plátano maduro, y se pone a cocer a fuego bajo mientras se mezcla. En algunos casos se agregan pectinasas para mejorar la calidad. Las pectinas se aplican normalmente en la industria alimentaria. En especial para optimizar los procesos de filtrado y de clarificación de jugos, o de mostos, en el caso de los vinos.

Como ingrediente de golosinas, en especial de los llamados comercialmente chips, que son hojuelas preparadas a base de rodajas secas y fritas hechas con la pulpa del fruto verde.

Como materia prima para elaborar bebidas alcohólicas. En este caso se usan frutos maduros y sanos. Se lavan previamente para eliminar los microorganismos que arruinan a la fermentación alcohólica. La pulpa triturada, o machacada, se mezcla con agua y levadura previamente preparada. La fermentación se realiza en un recipiente cerrado, eliminando el dióxido de carbono producido durante la fermentación. El proceso hecho artesanalmente demora unos veinte días, pero se realiza en muy pocos días realizado industrialmente. En este caso, se adicionan enzimas que hidrolizan el almidón de la pulpa. Luego la mezcla se calienta o pasteuriza para detener la fermentación y evitar la degradación del etanol. Después se filtra y se envasa en un recipiente apropiado. Otra forma de usar la pulpa cocida y molida es como ingrediente único para preparar chicha fermentada en muchas

comunidades indígenas nativas, en particular en las regiones de la cuenca amazónica.

Como materia prima para elaborar vinagre. En este caso se utilizan frutos maduros. Se realiza primero una fermentación alcohólica, y se deja hasta que el alcohol se transforme en ácido acético, dejándolo unos veinte días. Transcurrido el plazo, se abre el envase y se recupera el líquido. Se diluye para disminuir la concentración del alcohol y se traslada a un recipiente con mayor capacidad, porque se necesita oxígeno para generar ácido acético, donde se fermenta. El proceso lleva unos dos meses, al cabo del cual el producto ha adquirido buen aroma y cuerpo.

Como materia prima para la producción de almidón, un elemento muy importante como compuesto biológico y parte de la dieta humana y animal, en la obtención de la energía necesaria. El almidón sirve de base en la industria textil, en la industria del papel, en la fabricación de adhesivos biodegradables o biopegamentos. El almidón se emplea, además, en la fabricación de los recubrimientos de las tabletas producidas por la industria farmacéutica. El almidón es muy útil en muchas industrias. El almidón es un polímero obtenido principalmente de cereales, tubérculos y musáceas. Pero su aplicación depende de la calidad de sus propiedades físico-químicas, tales como viscosidad, gelificación, esponjamiento y firmeza.

Posibilidades agroindustriales con la cáscara, el pseudo tallo, las hojas y el pinzote

De la cáscara del fruto se produce una harina que puede incluirse hasta en una proporción del 10% en la dieta de cerdos, que estén el rango de 10 a 20 kg, sin que se afecte el comportamiento productivo de los animales. Del almidón de cáscara de plátano mezclado con aceite de cáscara de mandarina se obtiene una película biodegradable con características de plastificante.

Del pseudo tallo se obtienen fibras. Esas fibras, por su flexibilidad y resistencia, son muy utilizadas:

a) en la elaboración de artesanías, como sombreros, abanicos, bolsos, carteras, esteras y hasta elementos para confeccionar cuadros artísticos haciendo collages con los distintos tonos de la fibra seca;

b) para elaborar celulosa y papel, que es uno de los usos industriales más conocidos de las fibras del plátano. La celulosa se obtiene a partir de los pseudo tallos y pinzotes, cortados en piezas pequeñas. La celulosa que contienen se extrae calentándolas en álcalis, como el hidróxido de sodio. Esa mezcla “cocida” se lava con agua para neutralizar el pH, y luego se muele para obtener una pasta, de la que la celulosa, masa gelatinosa, se separa por filtración. Esa celulosa se aplica como una película delgada sobre una superficie plana que, al secarse, constituye el papel. Ese papel artesanal es muy apreciado en la decoración interior de hogares, para la elaboración de obras artísticas, para elaborar las funditas o bolsa del té y de elegantes tarjetas de invitación a eventos. Las fibras más largas producen un papel más resistente que sirve, incluso, para elaborar cartones.

c) para reforzar materiales compactos aglomerados usados en varias aplicaciones industriales;

d) para elaborar prendas de vestir, como se hace en Filipinas, incluso vestido y ajuar de novias.

e) otros usos como para elaborar filtros de agua residuales y como sustrato para el crecimiento bacteriano en la bio- regulación de ambientes contaminados.

Las fibras son resistentes, pero de una textura relativamente suave, que disminuye el desgaste en los equipos y tiene propiedades de aislante térmico y acústico, aparte de que son naturales, biodegradables, renovables y de bajo costo.

Para obtener la fibra, se corta el tallo en partes, y se extienden en el suelo para su secado al sol de dos a tres días, limpiándolas luego. Hay fibras de diversa resistencia. Las más fuertes se emplean para confeccionar cuerdas para atar barcos al muelle, con la ventaja adicional de que flotan en el agua y son menos pesadas. Las fibras menos fuertes se utilizan en la elaboración de artesanías y de pasta para papel.

La hoja del plátano se emplea, después de soasarla para darle flexibilidad, como envoltura para cocinar las mezclas de ingredientes en la cocción de muchas preparaciones culinarias tradicionales. En esos casos, la hoja les da un sabor, un aroma y un color muy particular a la preparación. La hoja sirve, además de envoltura, como plato para comer la preparación en la que fue cocinada, y hasta se emplea como mantel en la presentación de banquetes populares o comidas criollas festivas. En las zonas rurales, las hojas se usan en el almacenamiento y transporte de algunos alimentos, como la panela, queso, etc.

Los seudo tallos, pizontes y hojas de la planta se emplean para elaborar harinas aptas para la alimentación animal, tanto de cerdos como de rumiantes. Esas partes se deshidratan y muelen para preparar una harina, aunque las propiedades nutricionales de este producto son bajas, por tener muy pocas proteínas, a pesar de ser una fuente rica en almidón (carbohidratos) y energía. En este caso para elevar su valor nutricional, se mezcla con harinas o pastas de soya, sorgo, o de ambas.

Los seudo tallos, pizontes y hojas constituyen biomasa, que se usa para producir bioenergía. Es decir, biocombustibles como etanol y biogás metano. La biomasa es todo material orgánico, procedente de seres vivos, que se aprovecha por procedimientos biológicos o mecánicos para generar calor, o algún tipo de energía, como la eléctrica. El bioetanol se obtiene por acción bacteriana en recipientes cerrados. El biogás metano se produce mediante la fermentación alcohólica de los azúcares obtenidos de la hidrólisis de la celulosa y la hemicelulosa. Para la generación de biocarburantes pueden usarse también los frutos maduros, y para la del metano los frutos descompuestos o podridos. En el racimo del plátano, por ejemplo, que representa menos de una quinta parte del peso total de la planta, se pierde una gran cantidad de biomasa.

Los raquis o pizontes se utilizan para la fabricación de hormigón. Es el caso de un proyecto de tesis de grado presentado por un estudiante de la Universidad Católica de Guayaquil en 2016, y que fue puesto en práctica por la bananera orgánica de la Corporación San Miguel de Brasil, en el cantón Pasaje, de la provincia de El Oro. El raquis se seca, hasta extraerle el 70% de humedad con la ayuda de un rodillo artesanal, y el resto se seca tendiéndolo al sol, de 2 a 6 días. Ya seco, se le extrae la fibra para emplearla en hormigón de nivelación, en reemplazo de fibras sintéticas para evitar la retracción y fisuras en el hormigón. Otro subproducto del proceso es contribuir a la estabilización de los taludes.

El Banano o Guineo. Algunas consideraciones sobre el desarrollo del cultivo del banano en el Ecuador, y sus posibilidades agroindustriales

Ecuador es el principal exportador de banana o guineo en el mundo, representando el 26% del total de las exportaciones. Las variedades más cultivadas y comercializadas son Cavendish, orito o baby banana y banano rojo.

El 90% de la producción nacional de banana en el Ecuador procede de la zona costera y de los valles cálidos de Los Ríos, Esmeraldas, Cañar y Loja.

Los principales mercados de exportación del banano ecuatoriano son Rusia y la Unión Europea. La producción de banano en la costa la hacen mayormente pequeños productores, que están ligados por contrato a grandes comercializadores internacional.

La importancia ecuatoriana en la exportación es notable desde la década de 1970. Ahora se exporta semanalmente un promedio de 5 millones de cajas, que se cultivan en cerca de 230.000 hectáreas.

Las exportaciones de banano del Ecuador se ubicaron en el 2020 en 380.498 millones de cajas (de 18,14 kg), una producción mayor que en los años anteriores, desde 2016. Durante 2020 el 26,5% de las exportaciones se dirigieron a la Unión Europea, seguida de Rusia, con el 20,10%, el Medio Oriente, con el 15,62%, Estados Unidos con el 9,70%, el Asia Oriental, con un 7,01%, y el Cono Sur, con 6,79%.

El mayor exportador de banano del Ecuador es la compañía UBESA (Dole), con el 10,63%; REYBANC PAC, con el 7,01%; FRUTADELI, con el 5,12%, COMERSUR Ltd., CON EL 4,4%; UGZULASA SA, y SABROSTAR, con un 2,63%.

El 82% de las exportaciones se transporta en contenedores, y el resto del producto se vende al granel.

El banano ecuatoriano se exporta desde tres puertos: el de Guayaquil, en Guayas, un 68,95%; el de Bolívar, en El Oro, un 21,58%, y el de Posorja, en Guayas, un 9,47%.

La mayor producción de banana del Ecuador se localiza en la costa sur, que forma parte de la llanura aluvial del litoral, que ha sido el centro tradicional de las exportaciones de cacao, café, arroz, etc.

La gran producción exportable de banano ecuatoriano comenzó en 1934 cuando llegó al país la United Fruit Company, que estaba relocalizando sus plantaciones bananeras de América Central en territorio sudamericano. La UF adquirió a hacienda Tenguel, ubicada en la llanura costera, al sur de la provincia del Guayas, y próxima a la provincia El Oro. La UF insertó al Ecuador en el escenario global del banano, estableciendo un modelo monoexportador del banano. La UF actuó como un enclave de intermediación para la exportación del banano ecuatoriano a Estados Unidos. Aplicaba contratos a pequeños y medianos productores, a los que les trasladaba los riesgos. Lo cual ha sido la práctica establecida en el sector, con las

grandes exportadoras. En 1948 se registró el primer boom bananero. En 1962 la hacienda Tenguel fue invadida por campesinos sin tierra y por trabajadores de la hacienda. Pero ya en el 2013 el escenario ya estaba consolidado: tres provincias de la costa sur (Guayas, Los Ríos y El Oro) representaban el 92 % de la superficie plantada de banano en el Ecuador, con el predominio de plantaciones menores de las 20 ha. Ahora el mercado bananero está controlado por Chiquita Brands (UF), Dole (Standard Fruit), Del Monte y por grandes empresas nacionales o de capital mixto.

El banano y el plátano pertenecen a la misma familia, las musáceas, y presentan algunas similitudes, como sus requerimientos de suelos fértiles y profundos y grandes cantidades de agua. Tener en cuenta que el contenido en agua del banano equivale al 85-88% del peso del fruto y que tiene una naturaleza herbácea. También presenta algunas diferencias. La más importante, aparte de su genotipo, es que el banano es un fruto, o *fala baya*, que se consume en fresco, cruda, mientras que el plátano, de pulpa más firme y farinácea, requiere de una cocción previa al consumo. Esas características se reflejan en algún grado en sus posibilidades de aprovechamiento y en su procesamiento agroindustrial. De todas maneras, se aprovecha la pulpa del fruto, su seudotallo, sus largas hojas, su raquis.

La pulpa del fruto ofrece numerosas posibilidades de aprovechamiento. Con ella, parte de comerla en fresco solo pelándola, se obtienen preparados deshidratados, congelados, liofilizados, en hojuelas, banana pasa, alcoholes, bioetanol, vinagre, hainaa y polvo d banano, jalea, mermelada, compota, bocadillos, jugos, néctares, helaos (algunos famosos como el banana split), batidos, merengadas, purés de banano, tortas, dulces, gelatinas. La pulpa tiene además relevancia como alimento, por su riqueza en carbohidratos (cerca de 24 g), en fibra alimentaria (2,6 g), aunque sea bajo en grasas (0,33 g) y proteína (1,09 g). Su gran virtud radica en su elevado contenido de vitaminas del complejo B (B1, B3, B5, B6 e incluso B9 o ácido fólico) y, sobre todo, en minerales como el potasio (400 mg) y magnesio (27 mg).

Hay recientes estudios japoneses, gran consumidor de banano, que señalan que las manchas oscuras que aparecen en la cáscara de la banana madura produce una sustancia llamada factor de necrosis tumoral, que presenta, al parecer, capacidad para combatir la multiplicación de las células anormales en los casos de enfermedades cancerígenas. El consumo de banana estimula producción de

dopamina, con efecto vasoconstrictor, asociado a enfermedades cardiovasculares. Y estimula, además, la secreción de serotonina, conocida como la hormona de la felicidad, por elevar el buen ánimo. El potasio que contiene regula la hipertensión y coadyuva al buen funcionamiento del corazón.

Las hojas del banano poseen, como soporte de la estructura, fuertes fibras vegetales, que soportan el peso del racimo, que llega hasta 50 kg, son utilizadas en procesos artesanales ligados a la confección de fibras para cuerdas, esteras, esterillas, e incluso de fibras empleadas en utensilios para la pesca artesanal. En la culinaria latinoamericana y africana las hojas del banano, así como del plátano, se emplean como envoltorio para muchos alimentos que se cuecen, o que simplemente se transportan y conservan frescos. Un ejemplo son los bollos, las hallacas, las tongas, o para envolver quesos, mantequilla, dulces, etc.

El seudo tallo se emplea, secado y en tiras, para variados usos artesanales. Un ejemplo es la elaboración de relleno mullido de almohadones y cojines. Lavado y secado se emplea para fabricar esteras y esterillas. En Filipinas confeccionan una tela, llamada agna, para confeccionar ropa masculina y femenina. En Sri Lanka para fabricar alfombras y alpargatas. La materia lavada, secada y machacada se usa para producir papel artesanal.

La fibra y el seudotallo del banano han sido utilizados en actividades de artesanía popular ligadas a la dinamización de comunidades rurales deprimidas. Varios investigadores brasileños han aplicado en enfoque holístico de la multifuncionalidad (que toma en cuenta aspectos más allá de los puramente económicos, como son los sociales, culturales y ambientales) en experiencias realizadas en el Vale do Ribeira, que es el mayor productor de banano del estado de Sao Paulo, y el segundo de Brasil. En el Vale se produce, tras cada cosecha, entre 180 y 200 ton de residuos vegetales (hojas, seudotallo y bagazo) por ha. Y por año, creando problemas fitosanitarios y de contaminación en la región. El programa de intervención asistencial en el Val se hizo en comunidades negras rurales brasileñas, llamadas quilombos. El propósito es darles cursos de artesanía con esas partes de la planta del banano, consideradas desechos, para crear una oferta artesanal con cursos sencillos y cortos y de baja inversión, vinculado al turismo y a la gastronomía y que ofrezca cierta viabilidad para una adecuada implementación del proyecto. Ese

ejemplo puede ser seguido y adaptado a las condiciones de la costa ecuatoriana, y en especial a la provincia de Manabí.

La flor se macera para producir medicamentos populares. En emplasto, para tratar úlceras sobre la piel, y en decocción, para combatir la disentería y la bronquitis.

La savia de la planta se emplea como apósito, para cubrir la herida, actuando como una barrera contra la infección, calmando el dolor y absorbiendo el exudado producido y ayudando a la cicatrización. Se utiliza popularmente como febrífugo, para calmar las hemorroides y las molestias producidas por las picaduras de insectos.

La cáscara, además de la pulpa, contiene principios activos que actúan como fungicida e insecticida natural. El conocimiento popular recomienda el frotamiento de la parte interior de la cáscara de una banana madura contra la zona afectada por la picadura de mosquitos, para calmar la picazón.

En la industria química farmacológica la banana es empleada para la producción de serotonina. La banana es la única fruta que contiene, a la vez y en cantidades adecuadas, el aminoácido triptófano y la vitamina B6 que, al combinar, producen serotonina, que mejora el estado de ánimo de la persona. Y atenúa los efectos de la resaca.

La preparación de los gajos de banano para la exportación

Es interesante conocer cuáles son los procedimientos que se cumplen para exportar los bananos, una vez que se ha producido la cosecha y se han retirados los racimos.

Un racimo, con un peso promedio de 40 a 45 kg, está formado por un conjunto de manos, que tienen, en total, entre 300 a 400 frutos o dedos.

Las manos se separan del racimo, empleando una herramienta llamada desmanadora. Las manos se colocan luego en un tanque de desmane.

Luego las manos se dividen en gajos más pequeños, que llaman cluster, usando una herramienta llamada gurbia. Y los gajos desprendidos van al tanque de desleche para sellarlos, y evitar que sigan emanando látex, o leche.

Luego, tras 15 m en el tanque de desleche, los gajos se seleccionan, se pesan y se colocan en cajas, unos 19,1 kg en cada caja, que, por el transporte, pierde peso y se reducen a 18,14 Kg, que es el peso de la caja en el comercio exterior.

Los gajos se desinfectan con fungicida o insecticida para evitar enfermedades post cosecha. Las cajas se cierran y se colocan en paletas, que soportan 48 cajas, para ser introducidas en el medio de transporte empleado para llevarlas a su destino.

Referencias recomendadas para ampliar la información básica

- Afonso, A. (2014). *Caracterización de la dieta alimentaria de la población rural campesina de Manabí*. Gobierno Provincial de Manabí.
- Aguilar, S., Vargas, J., Chicaiza, E., Díaz, L., Uvidia, H., Escobar, J. y Caicedo, W. (2017). Composición química de subproductos de la agroindustria de confites: una alternativa para la alimentación de cerdos. 122-129. En: Alemán-Pérez, R., Reyes-Morán, H. y Bravo-Medina, C. (Eds.). *Libro de Memorias. Simposio Internacional sobre Manejo Sustentable de Tierras y Seguridad Alimentaria. Ecuador*. Universidad Estatal Amazónica, Puyo, Pastaza
- Akerman, R. & Pieter van Dank, D. (2008). Development and application of a decision support tool for reduction of product losses in the food-processing industry. *Journal of Cleaner Production*, 16, 335-342.
- Ayala, J., Rosas, C., Vega, V. & González, A. (2010). Antioxidant enrichment and antimicrobial protection of fresh-out using their own by-products: Looking for integral exploitation. *Journal of Food Science*, 25(8), 175-181.
- Beltrán, C., Sánchez, A. y Ortiz, M. (2018). El fortalecimiento de la comercialización del plátano mediante formas asociativas. Caso de estudio: el cantón El Carmen, provincia de Manabí. *Revista Caribeña de Ciencias Sociales*. [www.eumed.net/rev\(caribe/2018/08/comercialización-platano-ecuador](http://www.eumed.net/rev(caribe/2018/08/comercialización-platano-ecuador).
- Betancourt, D., Rodríguez, C. y Benavides, O. (2016). Producción de un mejorador de suelos a partir de la transformación biológica de la pulpa de café, la cepa de plátano y el estiércol de cuy. *Vitae*, 23(1).
- Canto-Canché, B. y Castillo, G. (2011). Un mil uso: el plátano. *La Ciencia y el Hombre. Revista de Divulgación Científica y Tecnológica de la Universidad Veracruzana*, 24(1).

- Carrión-Prado, M. y Díaz-Gómez, M. (2020). *Evaluación de la incorporación de aceite esencial en la formulación de películas a base de almidón de cáscara de plátano*. (Tesis de pregrado, UTMACH).
- Castellanos-Galeano, F. y Lucas-Aguirre, J. (2011). Caracterización física del fruto en variedades de plátano cultivadas en la zona cafetera de Colombia. *Acta Agronómica*, 60(2), 176-182.
- Cedeño, G. y Ordóñez, J. (2015). *Factibilidad de exportación de plátano barraganete (Musa paradisiaca) hacia el mercado chileno* [Tesis de Ingeniería, Universidad Laica Vicente Rocafuerte].
- Cortez-Vega, A. (2014). *Elaboración de papel a base de residuos de banano* [Tesis de Ingeniería, Universidad Católica de Santiago de Guayaquil].
- Eduardo-Garavello, M., Da Silva, M. y Pacheco-Dos Santos, K. (2008). Artesanía con fibra de banano en comunidades quilombolas. *Interciencia*, 33(1).
- Elleuch, M., Bedigian, D., Roiseaux, O., Besbes, S., Blecker, C. & Attia, H. (2011). Dietary fibre and fibre rich by-products of food processing: Characterization, technological functionality and commercial applications: A review. *Food Chemistry*, 124, 411-421.
- ENSANUT. (2013). *Ecuador 2011.2013*. Instituto Nacional de Estadística y Censos.
- Flores, G., García, F., Flores, H., Núñez, S., González, S. y Bello, P., (2004). Rendimiento del proceso de extracción de almidón a partir de frutos de plátano (*Musa paradisiaca*). Estudio en planta piloto. *Acta Científica Venezolana*, 55, 86-90.
- Grigorevski, A., Nascimento, R., Silva, E. & Rodrigues, R. (2005). *Streptomyces drozdowiczii* cellulase production using agro-industrial by-products and its potential in the detergent and textile industries. *Enzyme and Microbial Technology*, 37, 272-277.
- Katangole, C., Bareeba, F., Sabiiti, E. & Ledin, I. (2008). Nutritional characterization of some tropical urban market crop wastes. *Animal Feed Science and Technology*, 142, 275-291.
- Lousada, J., Costa, J., Neiva, J. & Rodríguez, N. (2006). Physical-Chemical characterization of tropical fruit by-products for use as animal feed. *Revista Ciência Agronómica*, 37, 70-76.
- Mena, E., Barahona, F., Canto, B., Rodríguez, R., Solís, S., Rivera, G., Canche, G., Tzec, M., Domínguez, J. y Alzate, L. (2008). Optimización de pretratamientos para

- la sacarificación de residuos de plátano para la posterior obtención de etanol. *Ponencia presentada en el Congreso Latinoamericano de Biotecnología Ambiental*. Xalapa, Veracruz, México, 5-10 octubre.
- Mendoza-Guzmán, G. y Torres-Jungal, C. (2021). *Cinética de hidrólisis enzimática del raquis del banano para la producción de azúcares fermentables* [Tesis de Ingeniería, Universidad Técnica de Machala].
- Muso-Santo, M., Salazar-Castro, H. y Narváez-Morán, J. (2016). *Utilización de pinzote de plátano para la producción de papel*. Escuela Superior Politécnica del Litoral.
- Pedraza-Abril, C. (2019). *Caracterización de la fibra del pseudo tallo del plátano como refuerzo y desarrollo de un material compuesto para fabricación de tejas*. [Tesis de Ingeniería, Universidad Tecnológica y Pedagógica de Colombia].
- Pro-Ecuador. (31.08.2011). *Análisis sectorial del banano*. <http://www.proecuador>.
- Schieber, A., Stintzing, F. & Carte, R. (2001). By-products of plant food processing as a source of functional compounds-Recent developments. *Trends of Food Science and Technology*, 12(11), 401-413.
- Sepúlveda, W., Ureta, J., Hernández, G. y Solórzano, G. (2017). Consumo de plátanos en Ecuador. Hábitos de compra y disponibilidad a pagar de los consumidores. *Revista em Agronegócio e Meio Ambiente*, 10(4), 995-1014.
- Telégrafo, El. (Domingo, 16.07.2017). *Guayaquil. Las fibras del tallo de banano se pueden convertir en hormigón*, 38-39.
- Vélez, H. y Bravo, M. (2016). *Estudio de asociatividad basada en economía popular y solidaria para mejorar los ingresos de los pequeños productores de plátano barraganete del recinto La Esperanza, cantón El Carmen, Manabí. Zona 4* [Tesis de Ingeniería, Universidad Laica Vicente Rocafuerte de Guayaquil].
- Zamora-Acosta, G. y León-Hernández, E. (2021). La agroindustria del banano en el litoral sur ecuatoriano: una mirada crítica de la coremática. *Revista de Investigación Talentos*, III(1).

YUCA

Nombre científico: Manihot esculenta Crantz

Nombres comunes: la planta y la raíz de la yuca tiene en América Latina muchos nombres comunes. Los más usados son yuca (voz taína), mandioca (de origen probablemente guaraní: mandí'ó), aipim (o aipi), guacamota, casaba o casava. En el Brasil le dicen mandioca a la yuca amarga y aipi a la dulce.

La yuca es considerada el cuarto producto básico del mundo, después del arroz, el trigo y el maíz. Es considerada un componente básico de la dieta de más de 1.000 millones de personas en el mundo, y es uno de los cultivos más extendidos entre las regiones tropicales y subtropicales del planeta. Las distintas partes de la planta (raíz, folla y cáscara) pueden ser utilizadas para el consumo humano y animal. De una hectárea de yuca se puede producir unas 6 t/ha/año de proteína bruta si se siguen prácticas apropiadas al cosechar el follaje (FAO, 2005).

La planta de yuca es, probablemente, la especie tropical más eficiente en la producción de carbohidratos por hectárea, y de mayor utilidad para el pequeño productor y las familias de bajos recursos. Su elevada productividad o rendimiento es compensada por la desventaja de ser una planta amenazada por numerosos organismos patógenos y enfermedades y por el acelerado deterioro de la raíz una vez cosechada (Gottret, Henry y Dufour, 1998). A partir de las seis horas de cosechada se inicia el deterioro fisiológico de la raíz (Aguilar-Brenes et al., 2017).

Origen de la planta de yuca

La planta de la yuca es originaria de América del Sur, y concretamente de la cuenca amazónica. Fue uno de los primeros cultivos domesticados de América. No obstante, se desconoce el centro primario de origen exacto, aunque se acepta que probablemente proceda de la parte occidental de la Amazonía, correspondiente al Brasil, aunque algunos sostienen que se originó en territorio boliviano. Suárez y Mederos (2011) señalan que el centro de origen puede ser en la parte norcentral y occidental del Brasil, en la región amazónica donde se concentra la mayor diversidad de especies registradas. Desde allí la planta fue llevada a Perú, y luego a

Colombia y Venezuela. Por Panamá se internó en América Central, donde se difundió extensamente hasta el sur de México, para convertirse en un alimento importante en la dieta de los antiguos mayas, que elaboraban casabe, una torta de harina de yuca cocida en budare, y que está muy extendida en la cuenca amazónica, y en el interior de varios países como Venezuela. Y en algunos países caribeños, como República Dominicana.

Desde Brasil la planta se extendió hacia el sur, prosperando en territorios del Paraguay y el noreste de Argentina (Renvoize, 1973; Allem, 1994; Debouck y Guevara, 1995; Jaramillo, 2002). Uno de los países con mayor consumo per cápita de yuca en el mundo es Paraguay, en donde la yuca está presente como el acompañante de la comida principal. Allí hay más de 300 variedades de yuca.

Hay evidencias arqueológicas del cultivo de la yuca en Perú, remontándose a unos 4.000 años. Se ha demostrado que se cultivaba hace unos 1.400 años en Joya de Cerén, en El Salvador. La planta de yuca se cultiva en un amplio rango, entre el nivel del mar y los 1.800 m.s.n.m. Hay numerosas variedades de yuca, pero la mayoría son resultado de la selección artificial, por los cultivadores en procura de cultivares más resistentes a las plagas y enfermedades, más productivas y de un ciclo vegetativo más conveniente a sus intereses.

Descripción de la planta y del fruto

La planta de yuca es un arbusto perenne que alcanza de 1,5 a 4 m de altura, dependiendo de las variedades cultivadas. Pertenece a la familia de las euforbiáceas. En su género, *Manihot*, se registran más de cien especies, que se dividen por razones prácticas en dos grandes grupos: las yucas amargas y las yucas dulces, atendiendo a su contenido de ácido cianhídrico (HCN) o prúsico. Las amargas tienen un mayor contenido de HCN (más de 50 mg por kg de raíz, a veces más de 100 mg), un mayor rendimiento y una mejor calidad de almidón. Las dulces, por su parte, poseen un menor contenido de HCN, menos de 50 mg y son más adecuadas para el consumo humano, porque se desintoxican con la simple cocción (Ospina y Ceballos, 2002). Algunos botánicos (Vélez-Boza y Valery, 1990) señalan que el tamaño de la raíz de la yuca amarga es mayor que la de la dulce. Ellos subrayan que el sabor amargo no

es un índice seguro de su grado de toxicidad, ya que algunas venenosas carecen de sabor amargo, y otras muy amargas pueden ser no venenosas.

La planta presenta tallos semileñosos y ramas con hojas en las ramas de su tramo superior y medio. Las raíces son fibrosas y feculentas. Algunas son utilizadas por la planta para proveerse de nutrientes, y otras como material de reserva para almacenar carbohidratos, en forma de almidón. Esa parte es la aprovechable. Esas raíces pueden alcanzar hasta un metro de longitud y un peso de hasta 8 kg por unidad. La raíz es de forma cilíndrica, cónica, fusiforme e irregular, de textura firme, que se ablanda tras el cocimiento. La raíz se oxida rápidamente, después de descascarada. A partir del sexto mes de plantada se acelera la acumulación de materia seca en la raíz.

Las hojas son simples, alternas, pecioladas. Las flores aparecen en racimos, ramificadas. El fruto es una raíz tuberosa alargada, cuya porción no comestible es de un 32%. La raíz comprende dos partes: la corteza y la pulpa o cilindro central. La corteza comprende la corteza externa, media e interna. La corteza externa es llamada también súber o corcho, que comprende el 0.5 al 2% del peso total de la raíz. La corteza media está formada por felodermis sin esclerénquima. Posee bajo contenido de almidón y elevado tenor de principios cianogenéticos. Representa el 9 al 15% del peso total de la raíz. Y la corteza interna es totalmente parénquima. Las cortezas de la yuca dulce se ablandan fácilmente con la cocción, mientras que las de las de la yuca amarga son más duras, ya que sus cortezas son más gruesas y adherentes. La pulpa o cilindro central está formado por el xilema secundario. Puede ser de color amarillo, blanco o crema.

Uno de los mayores problemas que presenta la yuca es su contenido de principios tóxicos, que es de mayor concentración en ciertas yucas amargas cultivadas en zonas áridas y en suelos de baja fertilidad. Al parecer, la pulpa posee un látex que contiene una enzima, la emulsina, la cual, al actuar sobre un glucósido cianogenético llamado manihot-toxina o linamarina, desprende el venenoso ácido cianhídrico, que se libera por la trituración y al contacto con el agua, porque es hidrosoluble. Es muy volátil. De allí que el secado al sol y el cocimiento prolongado, a 100 °C, lo elimina, tal como sucede cuando se elabora casabe con yuca amarga (Vélez-Boza y Valery, 1990). En las variedades dulces, la concentración de tóxico es menor que en la amarga, aparte de que se encuentran mayormente en la cáscara y en el nudo fibroso del centro. Al

cocinar la yuca, la toxina disminuye muy poco porque el glucósido linamarina es resistente al calor, y solo se inactiva cuando es sometida a temperaturas superiores a 75°C. En algunos países de África, donde es muy frecuente el consumo de yuca, y en especial de manera exclusiva, se ha registrado una enfermedad epidérmica llamada konzo asociada al consumo de yuca mal procesada durante varias semanas seguidas.

La planta se adapta a un amplio rango de temperatura, aunque la temperatura óptima de cultivo es de 25 a 29 °C. Se ajusta fácilmente a zonas tanto secas como húmedas, aunque prefiere las que presentan lluvia abundante y bien distribuida. Se puede cultivar desde 0 hasta 1.000 m.s.n.m., aunque no es recomendable, por razones de rendimiento, por encima de los 600 m.s.n.m., porque su ciclo vegetativo es más largo y su rendimiento menor. Se adapta casi a cualquier tipo de suelo. La planta se propaga asexualmente, generalmente a partir de estacas o esquejes del tallo.

El mayor problema de la planta, aparte de la incidencia de plagas y enfermedades y la toxicidad de sus partes, es su época de cosecha, que debe ser bien planificada, porque la raíz se deteriora rápidamente tras la cosecha. Su ciclo vegetativo va de 8 meses a 10 meses, de acuerdo con la variedad. Si se cosecha antes, tendrá bastante látex y será poca apta para el consumo. Además, la raíz tiende a endurecerse, afectando su calidad culinaria y requiriendo mayor tiempo de cocción en su preparación (Moreno-Ávila, 2016).

Las diferentes variedades de yuca se agrupan en tres ciclos vegetativos: las de ciclo corto, de 7 a 8 meses; las de ciclo medio, de 9 a 11 meses, y las de ciclo largo, que tardan desde la siembra hasta la cosecha de 12 a 15 meses. Las variedades dependen determinan mayormente su rendimiento por ha, su contenido de almidón y su contenido de principios tóxicos.

La yuca en el mundo

En el mundo se produjeron unos 226 millones de toneladas de yuca, en 2006. De ese total, a África le correspondió un 54%, seguido por Asia con un 30%, América (el continente de origen de la yuca, produjo 37 millones de toneladas) con un 15% y, por último, Oceanía con una cantidad que no llega al 1%.

De África, el mayor productor es Nigeria, con 46 millones de toneladas, lo que la convierte en el mayor productor del mundo que produce, por sí sola, más que todo el continente americano, superándolo por 1,2 veces.

De Asia, el mayor productor es Tailandia, con 23 millones de toneladas, cerca de toda la producción de América. De América, el mayor productor es Brasil, con 27 millones, superior al de Tailandia. Pero Brasil produjo un poco más del 72% de la producción del continente americano.

No desestimemos el valor nutricional de la yuca, y las ventajas de la yuca como planta de alta productividad, pues Ghana, un país africano de gran pobreza, logró reducir notablemente la desnutrición crónica que sufría la mayoría de su población promoviendo la producción masiva de yuca y su consumo, combinado con otros productos en programas de fortalecimiento nutricional para mejorar su deficiente seguridad alimentaria.

La producción de yuca en el Ecuador, y en la provincia de Manabí

En el Ecuador destacan en la producción de yuca las provincias de Manabí, Santo Domingo de los Tsáchilas, Loja, Esmeraldas, Cotopaxi, Los Ríos y las provincias de la Amazonía, en especial Morona Santiago.

En la provincia de Manabí destacan las zonas yuqueras de Maconta, Bijagual, Calderón y Miguelillo. Gran parte de la yuca producida en la provincia va al mercado de Portoviejo, donde llegan con regularidad 17 variedades de yuca, de acuerdo con los meses de cosecha. Entre las variedades de yuca que se siembran destacan tecol o colombiana, cáscara dura, provinciana, cascaruda, cogollo morao. Las dos variedades más empleadas son el cogollo morao y la provinciana, porque no se “desvanecen”, y resultan convenientes en la elaboración de sopas tradicionales de la cocina manabita, tales como el encebollado y el viche, en las que la yuca es ingrediente.

Los grandes demandantes de la yuca, aparte de los hogares para su consumo regular, son los restaurantes, las huecas, las cebicherías o los agachaditos, que ofrecen viche y encebollado.

Usos culinarios de la yuca en el mundo, en el Ecuador, y en la provincia de Manabí

La yuca se utiliza en muchas preparaciones culinarias en todo el mundo. En los países africanos, donde la yuca forma parte de la dieta básica, hay platos típicos a base de yuca, como el gari, de Nigeria, con yuca fermentada, que luego se aplasta con presas hasta formar una masa, que es tostada o frita en aceite de palma. O el kokonte, de Ghana. En el sureste asiático hacen, con el almidón de la yuca, los krupucs, unas galletas deshidratadas que se inflan al freírse.

En Brasil hacen con la yuca una harina (farinha, farofa o tapioca), que emplean en muchos platos tradicionales, como la feijoada. O usan una salsa para casi todas las comidas amazónicas tradicionales de Brasil: el tucupí, imprescindible en la tacacá, una de las comidas más representativas de la Amazonía. La yuca se consume de varias formas: puré, hervida o sancochada, frita, tostada, como sucede en todas partes.

En México se prepara con la yuca el puchero (sopa con carne, verduras y yuca); en Panamá preparan la carimañola; en Colombia preparan las carimañolas, el enyucado, el casabe, el pan de yuca, el pan de bono, el pastel de yuca, o la hacen sancochada con culantro al mojo; en Paraguay se hacen, entre muchas preparaciones, unos bollitos horneados, llamados chipá, con el almidón mezclados con queso y leche; en Perú, se consume principalmente en la parte amazónica, la majada de yuca, la chicha de yuca o masato, refrescos como el shibé, tortillas, postres; en Puerto Rico se preparan alcapurrias, frituras típicas rellenas de carne o pasteles hervidos de yuca; en Venezuela se hace casabe, buñuelos de harina de yuca, y entra como ingrediente en sancochos o hervidos; en Uruguay elaboran el pirón, que es un caldo con farinha; en Argentina preparan la farofa, la harinade, tortillas de fariña de mandioca; en Cuba preparan el mojo de yuca.

En el Ecuador la yuca forma parte de la comida de las comunidades indígenas nativas amazónicas y de las áreas urbanas de la Amazonía. Con ella se elaboran o se acompañan muchas comidas tradicionales de la culturas manabita y cholo. Entre ellas, el apingacho de yuca (una versión del yapingacho, una comida de la Sierra, Otras preparaciones de la culinaria de la Costa, donde se encuentra la provincia de Manabí, son caldo de yuca con queso, estofado, encebollado, viche, hornado de chanco con yuca, pan de almidón de yuca, chifle de yuca, sopa de yuca, picante de

yuca, tortilla de yuca, torta dulce con raspadura, yuca sancochada o hervida, yuca asada, yuca frita. Con yuca fermentada los indígenas de las regiones amazónicas elaboran su bebida más importante, el masato, que también, en algunas zonas amazónicas, lo hacen con plátano.

El consumo de yuca en snacks se desarrolló a imitación de las hojuelas laminadas de papa y de plátano. Los llamados chips de yuca frita tienen la ventaja de que las láminas absorben menos aceite en el proceso de cocción, lo que las hace un poco más saludable.

Procesamiento agroindustrial de la yuca

El procesamiento industrial de la yuca difiere poco, en cuanto al proceso mismo, del procesamiento artesanal. Los indígenas, desde tiempos remotos, eliminan el tóxico de la amarga mediante el rallado y el prensado de la masa resultante, empleando un utensilio llamado “sebucán” para extraer el jugo tóxico, yare (en la región del Caribe) o tucupí (en Brasil y Paraguay). Luego se tuesta la masa, sin el yare o tucupí, sobre un budare, a elevada temperatura, lo que produce la aireación de la masa harinosa y el escape parcial del ácido cianhídrico (HCN), que es muy volátil.

En la industria se desintoxica la raíz de yuca empleando varias técnicas (FAO, 1990; Padmaja, 1995):

1) Desintoxicación por hidrólisis enzimática. En este caso, se reduce la concentración de glucósido de varias maneras: a) por el calor y el agua, b) con el pelado y lavado a fondo con agua (para las yucas dulces), c) con el cocinado o hervido repetido con cambio de agua varias veces, y después la yuca se hornea, asa o frita, d) con el hervido y luego machacado, para elaborar una pasta de yuca, como la llamada “dumboi” en Liberia,

2) Desintoxicación por elaboración en seco, para conservarla. La yuca se seca al sol y se machaca para producir una harina gruesa, que es como un casabe fragmentado.

3) Desintoxicación por elaboración en húmedo: la harina o fécula molida se sedimenta, lava y seca. La llaman “farinha d’agua” en Brasil. O se emplea la fécula gelatinizada al calor, para producir tapioca lameliforme y perlada. O se emplea la

harina a partir de las raíces no fermentadas, tras pelarla la raíz, rallarla, exprimirla y asarla, lo que se conoce en Brasil como “farinha de mandioca”. O la raíz es secada al sol, se muele y machaca, resultando la harina de yuca o “farinha seca”, como la llaman en Brasil.

4) Desintoxicación mediante fermentación en húmedo. En este caso se produce un remojo breve o prolongado de la raíz, con fermentación agua estática o corriente, dulce o salada, de: a) la raíz entera o fresca, sin pelar. Después se pela, se reducen las fibras y se machaca para formar una pasta glutinosa de yuca (como la chickwangué, del Congo; b) la raíz entera y fresca, sin pelar, luego se pela, se reducen las fibras y se asa. Es la harina de yuca fermentada de Brasil, o farinha d’agua.; c) la raíz entera o en lonchas, pelada, secada al sol en aire caliente, y luego triturada y machacada. Es la harina de yuca fermentada. d) la raíz entera y fresca, pelada, cribada, lavada y sedimentada la fécula, y después exprimida y cocida al vapor. Es la pasta agria de fécula de yuca, de Nigeria. e) la raíz entera, pelada, recién hervida (fermentada de 6 a 14 días) rallada o convertida en pulpa, cribada, exprimida y después machacada. Es la pasta de yuca fermentada llamada gogó, de Camerún. f) raíz pelada, recién hervida y rallada (fermentada una noche), enjuagada y mezclada con semilla de legumbre fermentada (*Pentadextra macrophylla*). Es la harina de yuca fermentada y hervida llamada abacha, en Nigeria.

La preparación de la raíz de yuca para la exportación es relativamente sencilla (Aguilar-Brenes et al., 2017). El proceso comprende varias etapas: 1) la recepción de las raíces, 2) la selección de las adecuadas y el descarte de las deterioradas, 3) el lavado con solo agua potable corriente y cepillo, 4) el secado, para remover el agua de la superficie de la raíz, que es medio de proliferación de hongos. El secado puede ser al sol o empleando hornos, 5) el parafinado de la yuca para establecer una barrera física entre la raíz y el medio ambiente, controlar la absorción de oxígeno y evitar la oxidación. El parafinado consiste en aplicar parafina a unos 50 °C, para evitar su apariencia blancuzca y que se sublimen (pasen a estado gaseoso) algunos de los componentes de la parafina, 6) las yucas preparadas se empaquetan en cajas de cartón de cartón corrugada con una capacidad de hasta 20 kg para destinarlas a la exportación. En esas condiciones el producto puede durar de uno a dos meses, si se mantiene a una temperatura de entre 0 y 5 °C, y con una humedad relativa de 85%. Si no se hubiera aplicado parafina caliente a la raíz se hubiera acortado

notablemente su vida útil, limitada a no más de dos días una vez pelada. La raíz se vuelve, además, prácticamente incomedible.

El procesamiento de la yuca para la fabricación de almidón comienza, según Moreno-Ávila (2016) con 1) la recepción y el pesado de las raíces; 2) el lavado y el descascarado, que se realiza empleando sulfato de aluminio); 3) la selección, que se realiza colocándolas en cintas transportadoras, para eliminar manualmente raíces dañadas o podridas; 4) el troceado, rallado o molido, utilizando una máquina de tambor en la que se introducen las raíces. Allí giran entre una serie de aspas que las cortan, partiendo las raíces en trozos irregulares para facilitar el rallado; 5) el tamizado, que separa el almidón de las partes fibrosas, lo que representa entre un 10 a un 12% del producto. Se puede recuperar parte del almidón que queda mediante el remolido o retamizado; 6) el centrifugado, para separar los granos de almidón del líquido en el que está en suspensión y de ciertas impurezas. Se agrega agua potable, cuidando de que no sea agua dura porque dejaría oxalato de calcio en el producto final; 7) la deshumidificación, para reducir la humedad a un 10 o 12%; 8) la clasificación, en la que la masa de almidón obtenida es pulverizada usando rodillos. Esta operación se hace con un tamiz de 100 a 200 mallas por pulgada en el que se separan los granos de almidón, las fibras y otras partículas. Dicho material se reprocessa otra vez, y se guarda en un lugar seco; 9) el empaquetado, en el que la harina se envasa en sacos de papel de cubiertas múltiples; 10) el transporte y la comercialización.

Partes de la planta procesables industrialmente

De la planta de la yuca se utiliza, para diversos usos: consumo humano, consumo animal y para otros usos industriales, principalmente la raíz, el producto de mayor importancia económica, aunque también se emplean las hojas, para consumo humano y animal, y la corteza de la raíz.

Las hojas contienen altos niveles de proteína, al menos superiores a los de la raíz, que varían entre 18 y 22% de materia de base seca. El follaje tiene una buena disponibilidad de vitaminas y minerales, en especial de ácido ascórbico, que está presente en la raíz y, especialmente en las hojas (Buitriago, Gil y Ospina, 2001; Ospina y Ceballos, 2002; Quiñonez et al., 2007). Las hojas pueden ser transformadas

en harina para el consumo humano (Giraldo, Velasco y Aristázabal, 2005), ya que presentan una buena digestibilidad (Giraldo, Velasco y Villada, 2008).

La cáscara representa de 15 a 20% del peso total de la raíz. Contiene mayor proporción de proteína, grasa, fibra y minerales que la pulpa, y puede ser transformada en harina, utilizable en la alimentación de cerdos, tras ser secada al sol para eliminar el ácido cianhídrico (Buitriago et al., 2001).

Usos agroindustriales potenciales de las partes de la planta

De las distintas partes de la planta de yuca se obtienen diversos productos. Con esos propósitos se emplean la pulpa de la raíz de yuca, las hojas, la corteza de la raíz. Estas partes se emplean para diversos usos: la raíz para el consumo humano, consumo animal y para algunos usos industriales, de los cuales el más importante es la producción de almidón. Del follaje se obtienen productos para mezclar con alimentos balanceados para animales, en especial porcinos. El Centro Latinoamericano y del Caribe para el estudio de la yuca (CLAYUCA), situado en Palmira, Colombia, ha desarrollado bolsas plásticas utilizando las hojas y el tronco de la yuca. De la corteza se obtienen productos para el consumo animal. De todas maneras, de cada una de las partes mencionadas se aplican para algunos usos industriales.

Los principales subproductos agroindustriales del fruto

El principal subproducto de la raíz de yuca es el almidón, que se procesa en plantas artesanales que van de una capacidad de unas pocas toneladas al mes, hasta grandes plantas industriales de hasta 400.000 t / año. Pero, en ambas, el proceso es básicamente el mismo: las raíces se seleccionan, se lavan, descascaran y se trituran. Luego se separa el almidón y el agua del resto, empleando sistemas de gravedad o centrifugado. Después el almidón producido se seca y muele, para ser posteriormente empacado y comercializado.

El rendimiento de la raíz de yuca en su conversión en harina es relativamente bajo, dependiendo de la variedad empleada. Se han registrado rendimientos de 38,44% a 41,24% en la variedad Valencia, y de 40,23% en la variedad amarilla. El

procesamiento es, pues, relativamente costoso, por la gran cantidad de agua que contiene la raíz y que hay que eliminar, disminuyendo su rendimiento.

Entre los subproductos de la raíz encontramos: 1) la yuca pelada, troceada y congelada, con el fin de alargar su vida útil. 2) la yuca troceada y empacada al vacío, y luego refrigerada, manteniendo una vida útil, entre 10 a 5 días, a 5 °C. 3) la harina. En este caso, su contenido en agua es muy bajo. Al ser deshidratada su conservación se alarga y se hace más estable, si es empacada en un material que impida la absorción de humedad del ambiente, porque la raíz es un material higroscópico. 4) la harina de yuca combinada con otros productos. En la elaboración de bocadillos la harina de yuca se mezcla con harina de zanahoria.

En los países del sudeste asiático la yuca seca se emplea mucho en la alimentación animal. La yuca se comercializa en trozos secos, secados al sol, para transformarla en harina y pellets, que se mezclan con los concentrados animales para abaratar su costo, sin afectar el rendimiento animal. La desventaja que tiene la raíz de la yuca para estos fines es su bajo contenido proteínico, lo que se compensa combinándola con soya, o mezclándola con el follaje pulverizado de las hojas, que tiene hasta un 25% de proteína (Giraldo et al., 2005).

El almidón de yuca tiene la ventaja, en comparación con otros almidones, del tamaño del grano y la proporción de amilosa y amilopectina. Lo que lo hace conveniente para la producción de almidones modificados. Una de las desventajas del almidón de yuca es su bajo contenido de proteína, un 0,1%, inferior al contenido en otras clases de almidones como del arroz (0,45%) o del maíz (0,35%) (Ceballos, s.f.).

El almidón de yuca da geles estables. Tiene alto poder de retención de agua y es estable a elevadas temperaturas. Se emplea en la elaboración de productos alimenticios que deben ser almacenados durante largo tiempo, y en la producción de cárnicos, como elemento ligador de agua.

Los almidones de yuca pregelatinizados se usan por su solubilidad, digestibilidad y fácil preparación. Es ideal para postres pregelatinizados o como ingrediente en la elaboración de compotas para bebé. El almidón de yuca es, además, materia prima para producir glutamato monosódico (MSG), usado para realzar los sabores de carnes, vegetales y salsas. También puede ser usado en la industria cervecera para

endulzar la cerveza, ya que este almidón tiene un color más claro y un sabor más suave.

En Colombia se distinguen dos tipos de almidón: el almidón nativo o dulce y el almidón agrio. El nativo o dulce se usa como espesante, aglutinante, estabilizante y mejorador de textura en la industria agroalimentaria. El agrio se emplea, por su parte, en la elaboración de productos tradicionales de panadería, para hacer panes típicos colombianos como pan de yuca y pan de bono, tortillas y bocaditos, usuales en la industria productora de snacks, con el nombre de “bocaditos”. La principal demanda de almidón agrio proviene de industrias que elaboran maicena y de pequeños productores de pan de bono y pan de yuca. La facilidad de la elaboración es que en la misma planta procesadora se puede producir almidón agrio y almidón modificado. De esta manera se puede atender a una diversa demanda: de las industrias de papel, cartón, madera enchapada, textiles, comidas rápidas, pasabocas y petróleo.

De la raíz se obtienen alimentos para consumo animal. Con ese fin se emplea la yuca seca y la harina de yuca. En la industria de alimentos concentrados se usa yuca seca, en una proporción en la mezcla de 3 a 5%. La harina de yuca puede sustituir total o parcialmente los diversos granos (maíz, sorgo) empleados en la alimentación animal. Las proporciones de harina de yuca en las dietas para aves oscilan entre 20 y 40%, mientras en productos para la alimentación de cerdos la proporción en la mezcla puede llegar a un 60% (Ospina y Ceballos, 2002).

Para la alimentación animal se emplea también el afrecho seco de yuca, que representa entre el 9 y el 10% del peso de las raíces de yuca usadas en la extracción de almidón. Otro subproducto en la fabricación de almidón de yuca es la mancha, que representa solo del 1 al 2% del peso de la raíz. El afrecho es usado en la industria de alimentos concentrados para animales. La deshidratación del afrecho lo convierte en un ingrediente energético en las raciones alimenticias para animales. Su contenido en fibras es elevado, del 10 al 12 %, y contiene bastante almidón, hasta un 60% en base húmeda. Su poder de generación de ácido cianhídrico es bajo, pues resulta eliminado en el proceso de extracción. La mancha, por su parte, es un subproducto de la fabricación de almidón, constituido por impurezas resultantes del proceso y de los materiales que sobrenadan en la superficie y que son ricos en

proteína. Esa producción es adquirida por criadores de cerdos y aves (Gottret, Escobar y Pérez, 2002).

Los principales subproductos agroindustriales de otras partes de la planta y del fruto

El follaje de la planta también puede usarse para el consumo humano y, principalmente, para el consumo animal, en especial para rumiantes herbívoros y para no rumiantes, gracias a su elevado contenido de proteína, de 18 a 22%, y de fibra, de 25 a 30% (Gottret, Escobar y Pérez, 2002). Hay investigaciones que han registrado que el contenido nutricional de la hoja de yuca supera al de la raíz. La hoja contiene 22,7% de proteína, 10,9% de cenizas, 6,8% de grasas, 11% de fibra, 58 mg de vitamina C, 206 mg de calcio, 2 mg de hierro (Buitriago et al., 2001; Aguilar-Brenes et al., 2017). Según los valores de la Caribbean Food and Nutrition Institute, citados por Vélez y Valery (1990) el contenido de vitamina C es notablemente superior: 265 mg.

En algunos países africanos emplean las hojas de yuca frescas en la alimentación humana, como ingrediente de ensaladas y de sopas.

La cáscara o corteza de la yuca sumergida en agua, en pruebas de laboratorio, se rehidrató hasta un 160% con respecto a su peso inicial, en un lapso de 25 minutos. La cáscara seca puede ser, entonces, una materia apta para absorber agua de mar para dedicarla al uso agrícola, pudiendo absorber hasta, en promedio, un 120% de su peso, con la característica de que esta agua no es salobre y es apropiada para el uso agrícola.

BIBLIOGRAFÍA

- Aguilar-Brenes, E., Segreda-Rodríguez, A., Saberío-Arguello, D., Morales-Gonels, J., Chacín-Lizano, M., Rodríguez-Rojas, L., Acuña-Chinchilla, P., Torres-Rodríguez, S. y Gómez-Bonilla, Y. (2017). *Manual del Cultivo de Yuca (Manihot esculenta Crantz)*. INTA. Sector Agroalimentario/ Unión Europea/ IICA/ INFA.
- Allem, A. (1994). The origin of *Manihot esculenta* Crantz (Euphorbiaceae). *Genetic Resources and Crop Evolution*, 41(3), 133-150.

- Buitriago, J., Gil, J. y Ospina, B. (2001). La yuca en la alimentación animal. *Zootecnia Tropical*, 25(1), 43-49.
- Debouck, D. y Guevara, C. (1995). *Unidad de Recursos Genéticos*. Laboratorio de cultivos de tejidos. CIAT.
- FAO. (1990). *Utilización de alimentos tropicales. Alimentos y tubérculos*. FAO.
- FAO. (2005). *Manihot esculenta Crantz*. <http://www.fao.org/ag/AGA/AGAP/RG/afris/es/dat/535.htm>.
- Giraldo, A., Velasco, R. y Aristázabal, J. (2005). Obtención de harina a partir de las hojas de yuca para consumo humano. *Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 4(1), 33-42.
- Giraldo, A., Velasco, R. y Villada, H. (2008). Digestibilidad aparente de una harina proveniente de hojas de yuca (*Manihot esculenta* C.). *Información Tecnológica* 19(1), 11-18.
- Gottret, M., Henry, G. & Dufour, D. (1998). Etudes de l'adoption de technologie et de l'impact sur la region d'une Project de recherche et développement sur la transformation du manioc en amidon aigre dans le nord du département du Cauca, Colombie. *Le Cahiers du Recherche et Développement*, 44, 38-59.
- Gottret, M., Escobar, Z. y Pérez, S. (2017). El Sector Yuquero en Colombia: Desarrollo y Competitividad. Cap. 20. En: Aguilar-Brenes, E., Segreda-Rodríguez, A., Saberío-Arguello, D., Morales-Gonels, J., Chacín-Lizano, M., Rodríguez-Rojas, L., Acuña-Chinchilla, P., Torres-Rodríguez, S. y Gómez-Bonilla Y. (2017). *Manual del Cultivo de Yuca (Manihot esculenta Crantz)*. INTA. Sector Agroalimentario/ Unión Europea/ IICA/ INFA.
- Jaramillo, G. (2017). Recursos genéticos de *Manihot* en el Centro Internacional de Agricultura Tropical. Cap. 17. En: Aguilar-Brenes, E., Segreda-Rodríguez, A., Saberío-Arguello, D., Morales-Gonels, J., Chacín-Lizano, M., Rodríguez-Rojas, L., Acuña-Chinchilla, P., Torres-Rodríguez, S. y Gómez-Bonilla Y. (2017). *Manual del Cultivo de Yuca (Manihot esculenta Crantz)*. INTA. Sector Agroalimentario/ Unión Europea/ IICA/ INFA.
- Moreno-Ávila, D. (2016). *Procesamiento agroindustrial de la yuca*.
- Olsen, K. y Schaal, B. (2001). Microsatellite variation in cassava (*Manihot esculenta Crantz*) and its wild relatives further evidence for a southern Amazonian origin of domestication. *American Journal of Botany*, 8(1), 131-142.

- Ospina, B. y Ceballos, H. (2002). *La Yuca en el Tercer Milenio. Producción, Procesamiento, Utilización y Comercialización*. CIAT/ CLAYUCA/ FENAVI /Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural.
- Padmaja, G. (1995). Cyanide detoxification in cassava for food and feed uses. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.*, 35(4), 299-339.
- Quiñones, R., González, C., Blanco, D., Perdomo, B. y Araque, H. (2007). Evaluación de diferentes tipos de deshidratación de la raíz y follaje de la yuca amarga (*Manihot esculenta*) sobre la composición química. *Revista Zootecnia Tropical*, 25(1), 37-41.
- Renvoize, B. (1973). The área of origin of *Manihot esculenta*, as a crop plant: a review of the evidence. *Economic Botany*, 26, 352-360.
- Suárez, L. y Mederos, V. (2011). Apuntes sobre el cultivo de la yuca (*Manihot esculenta Crantz*): Tendencias actuales. *Cultivos Tropicales*, 32(3), 27-35.

Los autores

Luis Dionicio Andrade Alcívar

Ingeniero en Ciencias Empresariales con especialidad en Gestión (Universidad de Especialidades Espíritu Santo). Máster en Gestión de Proyectos Agroturísticos y Ecológicos (Universidad Agraria del Ecuador). Doctor en Ciencias Administrativas con enfoque en Geoturismo (Universidad Nacional Mayor San Marcos). Profesor de la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López. Gestor de colectivo ALMA en paisajes alimentarios y espacios geográficos de la cordillera Costanera del Pacífico. Autor y coautor de diversas publicaciones de artículos y libros.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9457-2330>

Correo: landrade@espam.edu.ec

Rafael Cartay

Economista (Universidad Central de Venezuela). Mgs. Economía Agrícola (Colegio de Postgraduados, Chapingo, México). Mgs. IICA (Turrialba, Costa Rica). Dr. en Ciencias Sociales (Universidad de París-Panteón-Sorbona). Profesor jubilado Universidad de los Andes (Venezuela). Profesor Universidad Técnica de Manabí (Ecuador). Autor y coautor de cerca de 50 artículos científicos y más de 70 libros como autor o coautor.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5870-5658>

Correo: rafaelcartay@hotmail.com

Henry Xavier Mendoza Ponce

Lic. en Comunicación. Ing. Zootecnista. Prof. de Inglés. Diplomado en Liderazgo. Maestría en Enseñanza de Inglés y Doctorado en Ciencias Administrativas. Profesor investigador de la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí Extensión Chone. Ha publicado libros y artículos sobre inglés, liderazgo y agricultura.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2322-0383>

Correo: xavier.mendoza@uleam.edu.ec



Uleam
UNIVERSIDAD LAICA
ELOY ALFARO DE MANABÍ

2024

ISBN: 978-9942-7234-6-8



9789942723468