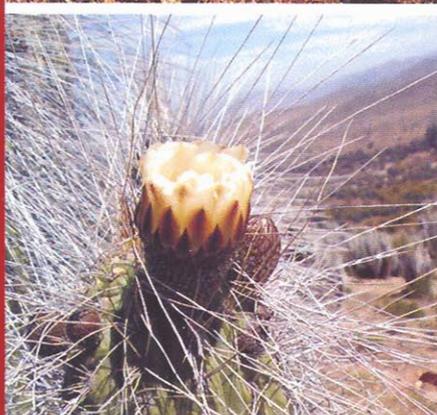
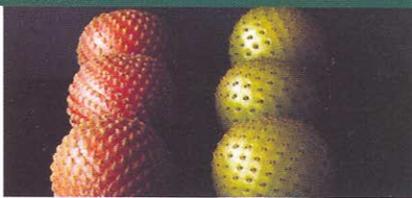
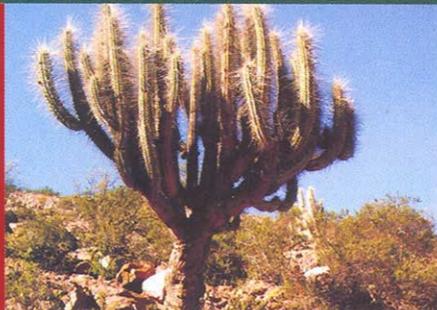


INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS



**COPAO (*EULYCHNIA ACIDA* PHIL.),
CACTÁCEA ENDÉMICA DE CHILE:
INFORMACIÓN NUTRICIONAL DE SUS
FRUTOS Y RECOMENDACIONES GENERALES**

Angélica Salvatierra González - Lilia Masson Salave
Cristian Encina Acosta - Alfonso Osorio Ulloa

BOLETIN INIA N°212



**COPAO (*EULYCHNIA ACIDA* PHIL.),
CACTÁCEA ENDÉMICA DE CHILE:
INFORMACIÓN NUTRICIONAL DE SUS
FRUTOS Y RECOMENDACIONES GENERALES**

Angélica Salvatierra González - Lilia Masson Salaue
Cristian Encina Acosta - Alfonso Osorio Ulloa

Autores:

Angélica Salvatierra González, Ingeniera Agrónoma M.Sc., Ph. D.
Lilia Masson Salaue, Química Farmacéutica, Universidad de Chile
Cristian Encina Acosta, Ingeniero en Alimento, Universidad de Chile
Alfonso Osorio Ulloa, Ingeniero Agrónomo, M. Sc.

Director responsable:

Carlos Quiroz Escobar, Ingeniero Agrónomo, M. Sc. Ph. D.
Centro Regional de Investigación Intihuasi

Editores:

Angélica Salvatierra González, Ingeniera Agrónoma M.Sc., Ph. D.
Antonio Ibacache González, Ingeniero Agrónomo, M. Sc
Raúl Meneses Rojas, Ingeniero Agrónomo, M. Sc., Ph. D.
Pablo Portilla Vargas. Periodista

Boletín INIA N° 212

Boletín editado por el Centro Regional Intihuasi, del Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Ministerio de Agricultura de Chile, como parte del Proyecto: **Copao (*Eulychnia acida*), cactácea endémica de Chile: Determinación de propiedades nutraceuticas y potencialidad de uso agroindustrial**, 07CT91GM-11, apoyado por **InnovaChile de CORFO**.

Autoriza la reproducción total o parcial citando la fuente y los autores

Cita bibliográfica correcta:

Salvatierra G. A., L. Masson S., C. Encina y A. Osorio U. 2010. Copao (*Eulychnia acida* Phil.), cactácea endémica de Chile: Información nutricional de los frutos y recomendaciones generales. 32p. Boletín N°212. Instituto de Investigaciones Agropecuaria. Centro Regional de Investigaciones Intihuasi. La Serena, Chile.

Diseño y Diagramación: Miradatres.cl

Impresión: C&C Impresores

Cantidad de ejemplares: 500

Agradecimientos

Se agradece a InnovaChile de CORFO que ha apoyado este proyecto. Asimismo a las Comunidades Agrícolas de La Coipa, Manquehua, Gualliguaica y a la Asociación de Comunidades Agrícolas de Limarí. A la Sociedad Agrícola El Tanguy y a la Sociedad Agrícola El Carmen. Al equipo de trabajo del CIDGRA, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacéuticas de la Universidad de Chile: Profesora Lilia Masson S., profesora Paz Robert Canales, Química Farmacéutica. María Asunción Román y a los Ingenieros en Alimentos Cristian Encina y Conrado Camilo. A los Técnicos del proyecto Lucía Martínez G., Cristián Caceres y a los estudiantes de la Universidad de La Serena participantes en él, Maritza Araya y Daniel Cortés.

ÍNDICE

1 INTRODUCCIÓN	7
2 ANTECEDENTES GENERALES DE LA ESPECIE	7
3 ANTECEDENTES METODOLÓGICOS	10
4 CARACTERIZACIÓN FÍSICA, QUÍMICA Y NUTRICIONAL DE LOS FRUTOS	12
4.1 CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE LOS FRUTOS	13
4.2 COMPOSICIÓN QUÍMICA Y NUTRICIONAL DE LOS FRUTOS	16
4.2.1 <i>Fracción pulpa con semillas molidas</i>	16
4.2.2 <i>Fracción exocarpo (cáscara)</i>	17
4.2.3 <i>Fracción semillas</i>	19
4.2.4 <i>Composición porcentual promedio de los ácidos grasos del aceite extraído de las semillas de copao</i>	19
4.2.5 <i>Fracción jugo</i>	21
4.2.6 <i>Contenido de vitamina C en fracción pulpa y cáscara</i>	23
5 PROYECCIONES	24
6 RECOMENDACIONES GENERALES	25
6.1 CUIDADOS EN COSECHA Y POSTCOSECHA DE FRUTOS	25
6.2 PLANTACIÓN	26
6.3 MANEJO DEL AGUA	28
LITERATURA CONSULTADA	29

1 INTRODUCCIÓN

En un área como la Región de Coquimbo, en donde las lluvias son escasas, el estudio de plantas adaptadas a condiciones de aridez, cobra especial relevancia. En la zona, existen en forma natural algunas de esas plantas; es el caso de las cactáceas, comunes en el paisaje local probablemente desde el asentamiento de los diaguitas.

A través de la investigación realizada por INIA, desde el 2005, se ha obtenido respuestas a algunas interrogantes respecto a la cactácea conocida comúnmente como COPAO (*Eulychnia acida* Phil.). Sin embargo existen diversas inquietudes relacionadas con la domesticación y la exploración comercial en primera instancia de su fruto, conocido como Rumpa. En el corto plazo, esta materia prima podría tener aplicación, enfocada principalmente a la industria alimentaria, dada la posibilidad de que contenga componentes químicos y bioactivos que permitan diferenciarlo de otros productos de la zona.

Es así como surgió, en el año 2008, el proyecto “Copao (*Eulychnia acida*), cactácea endémica de Chile: **Determinación de propiedades nutraceuticas y potencialidad de uso agroindustrial**, código 07CT91GM-11, apoyado por **InnovaChile de CORFO**.

El objetivo general de esta iniciativa fue caracterizar el fruto del Copao, de acuerdo a parámetros físicos, químicos - nutricionales y componentes bioactivos, de posible aplicación como nutraceuticos, en diversas fracciones del fruto seleccionadas previamente: pulpa con semillas, cáscara, semillas y jugo sin semillas.

Todas las determinaciones se efectuaron en el Laboratorio de Química y Análisis de Alimentos y Materias Grasas del CIDGRA de la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacéuticas, de la Universidad de Chile, bajo la asesoría técnica liderada por la profesora Sra. Lilia Masson S. Los resultados se presentan en forma resumida en este boletín. Cabe hacer notar que a la fecha no existe información previa sobre la composición química de los frutos de Copao, por lo que estos antecedentes marcan un hito en la exploración de las ya largamente olvidadas cactáceas nativas locales.

2 ANTECEDENTES GENERALES DE LA ESPECIE

Eulychnia es un género presente en Chile y Perú (costa). Comprende 9 especies, siendo una de ellas, *E. acida* Phil., endémica de la Región de Coquimbo. La

distribución de *E. acida* en el país comprende las localidades de Incahuasi (29° S) por el norte y Quilimarí (32° S) por el sur, y desde la costa hasta 1.200 metros sobre el nivel del mar en la orientación este-oeste (Bustamante, 1996). Crece especialmente en las laderas de exposición norte y se ha estimado una superficie de 350.000 ha cubierta con esta especie en la región de Coquimbo (INIA-FIA, 2007).

E. acida, es un cactus arborescente, conocido como Copao, utilizado como cercos vivos, su fruto sirve como alimento para animales, especialmente en períodos de sequía o para el consumo humano. Hasta hace unos años el fruto era consumido exclusivamente dentro de las comunidades agrícolas. En el último tiempo, el turismo ha permitido una expansión de su consumo, encontrándose a la venta en algunos puntos de las ciudades regionales y en fiestas costumbristas de algunos pueblos locales. La cosecha de los frutos desde poblaciones silvestres de *Eulychnia acida*, representa una opción de ingreso para los lugareños.



E. acida cactus arborescente



Hábito de fructificación en los ápices de tallos.

La distribución geográfica de la especie *E. acida*, permite encontrar una variabilidad genética valiosa, tanto a nivel de plantas (espinas, costillas) como en frutos. La variabilidad observada en las poblaciones naturales de copao presentes en la región, se relaciona principalmente con la forma, tamaño y color de cáscara de los frutos; los hay desde frutos de color verde hasta color rojo. También es posible ver algunas diferencias en largo y grosor de las espinas.

Esta diversidad puede constituir un pilar para la domesticación de la especie, pues posibilita seleccionar individuos con características agronómicas interesantes desde el punto de vista de mercado por lo que es importante que sea resguardada. Ello se consigue a través de la propagación natural de semillas o de replantación de plantas propagadas por semillas.



Venta de frutos en puntos turísticos de la región.

En general los frutos presentan una forma redonda, pero también existen algunos con una forma cónica. El peso de ellos es variable, encontrándose en el sector de Gualliguaica ($30^{\circ} 00' S$; $70^{\circ} 48' O$), frutos que alcanzan un peso superior a los 150 g , mientras que en la localidad de La Coipa ($30^{\circ} 29' S$; $71^{\circ} 05' O$) los frutos no alcanzan los 100 g. La cáscara, es de color verde intenso, amarillo dorado o rojo, tiene pequeñas escamas con espinas sutiles. La variabilidad en cuanto a tamaño y forma de los frutos puede deberse a la condición genética de los individuos, a las condiciones climáticas, de suelo, presencia de polinizantes, o bien a la edad de las plantas.

Una vez maduros los frutos, el color de la cáscara se torna brillante y toma una apariencia de turgencia. La cáscara es moderadamente gruesa; en el caso de frutos de Gualliguaica, se ha podido constatar que puede llegar a representar un 50 % del peso total del fruto. Evaluaciones establecieron para esos mismos frutos un 23 % de rendimiento para el jugo sin semillas con respecto al peso total del fruto (Vilches, 2008).

En el procesamiento de algunas frutas tales como piñas, paltas, mangos se ha observado que el rendimiento de pulpa o jugo puede ser inferior a un 50 % como lo indican Cerezal y Duarte (2005). También es el caso de las tunas en las que el rendimiento puede variar según cultivares y condiciones edafoclimáticas (Sáenz, 2006). Esta particularidad cobra relevancia en el desarrollo de una agroindustria amigable con el medio ambiente, en donde lo deseable es producir la menor cantidad posible de desechos por lo que fuerza a generar otros subproductos a partir de la materia prima.

El sabor de los frutos es fresco, muy ácido y con un suave aroma. Generalmente se consume con algo de azúcar.

La acidez titulable indica la cantidad de ácidos orgánicos libres que están disueltos en la vacuola de las células. En el caso de la pulpa, la acidez es baja, 0,25 % ácido cítrico, (Vilches, 2008) al ser comparada con otros frutos cítricos, tales como mandarinas, limones o naranjas (Joublan, 2002).

Los sólidos solubles comprenden ácidos orgánicos, vitaminas, aminoácidos, iones presentes y, principalmente carbohidratos en el jugo celular. En el caso de los frutos de copao, los sólidos solubles llegan a 3,0° Brix (Vilches, 2008), siendo muy bajos con respecto a la chirimoya —16-18° Brix— o pepino dulce —9° Brix— (Díaz, 2006), indicando indirectamente la falta de dulzor.

Para tener una idea sobre la firmeza de estos frutos, se midió la fuerza necesaria para deformar en 1 mm la cáscara. La firmeza de los frutos de copao (226 g/mm) es similar a lo que presenta una baya de uva turgente, que correspondería a una baya firme. Esta firmeza se mantiene hasta 10 días posteriores a la recolección (Vilches, 2008).

3 ANTECEDENTES METODOLÓGICOS

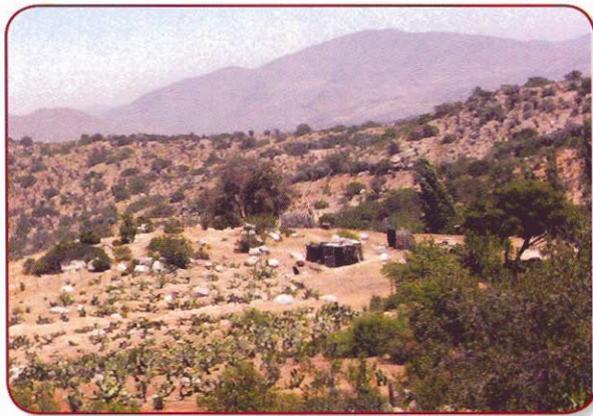
Durante el 2009 y 2010 se recolectó frutos desde poblaciones silvestres ubicadas en tres localidades de la región de Coquimbo que variaban en su condición climática: sector pre-cordillerano Manquehua (31°03' S, 71°10' O), sector de planicie intermedia, Gualliguaica (30°00' S; 70°48' O), y sector costero Quebrada Honda (29°34' S, 71°10' O). A su vez, las muestras de cada sector estaban compuestas por submuestras de tres sectores.



Sector de Quebrada Honda



Sector de Gualliguaica



Sector de Manquehua

Los frutos maduros cosechados fueron enviados bajo refrigeración al laboratorio del CIDGRA en Santiago, inmediatamente después de la cosecha. Allí se caracterizaron los frutos, registrándose características físicas tales como el color y peso.

Las cosechas correspondientes a cada sector y año fueron divididas hasta obtener lotes al azar de 2 a 5 kg, los cuales constituyeron las muestras a analizar.

Los frutos enteros de cada muestra fueron pesados, cortados por mitades y se les separó la pulpa. Cada fracción (pulpa con semilla y cáscara) fue pesada en forma separada para obtener el rendimiento del fruto. La pulpa con semillas se homogenizó hasta obtener una mezcla uniforme. Se almacenó en frascos de plásticos de 250 ml, con contratapa y tapa rosca y se guardaron en congelador a -23°C . Contra muestra de los frutos de cada lote se guardaron a -80°C . En frutos enteros provenientes de cada lote se determinó el número de semillas promedio por fruto.



Rumpa, frutos del copao, donde se aprecian las distintas fracciones

Los métodos analíticos empleados en las determinaciones químicas, nutricionales y de componentes bioactivos, correspondieron a métodos oficiales o de reconocida aplicación en el CIDGRA en base a la literatura especializada.

4 CARACTERIZACIÓN FÍSICA, QUÍMICA Y NUTRICIONAL DE LOS FRUTOS

A continuación se presentan los resultados de la caracterización tanto física como química de los frutos de Copao y de sus fracciones.

4.1 CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE LOS FRUTOS

Los frutos de lotes muestreados fueron principalmente de forma redonda, algunos presentaron forma cónica. El peso fue variable, con diferencias significativas entre los tres sectores, Gualliguaica presentó el peso promedio más alto con 147,9 g, le siguió el sector de Quebrada Honda con un peso promedio 127,7 g y finalmente el sector de Manquehua con un peso promedio de 95,7 g. La muestra de Gualliguaica, sector central, donde habían frutos de cáscara color verde y rosado, presentó un rango de peso entre 139,4 – 163,3 g. Mientras que en Quebrada Honda sector costero, frutos de cáscara verde, el rango estuvo entre 118,7 – 145,2 g. Por último, en Manquehua sector precordillerano, para los frutos de cáscara verde el rango de peso estuvo entre 98,8 – 106,9 g y para los frutos de cáscara roja-rosada el rango de peso estuvo entre 76,1 – 96,3 g, con un promedio de 87 g, siendo los frutos de este sector de cáscara rojo-rosada los de menor peso de los lotes analizados. Esta variabilidad en el peso puede deberse a las condiciones edafoclimáticas, y/o a la condición genética de los individuos.

La cáscara, la cual tiene pequeñas escamas con espinas sutiles, se presentó de color verde intenso, amarillo-dorado hasta rojo-rosada. Una vez maduros el color de la cáscara se torna brillante y toma una apariencia turgente. Es moderadamente gruesa y de acuerdo a los sectores muestreados, el rendimiento promedio de pulpa con semilla más alto, correspondió al sector de Manquehua con un 50,4% indicando que la cáscara representó el 49,6% del peso total del fruto. Le siguió en rendimiento el sector de Gualliguaica con un promedio de 47,1%, en este caso la cáscara representó un porcentaje mayor al de la pulpa con semilla con 52,9%. El menor rendimiento de pulpa con semilla correspondió al sector de Quebrada Honda con un promedio de 40,7%, representando la cáscara el 59,3%. Estos rendimientos fueron significativamente diferentes entre los tres sectores, señalando que las cáscaras de los frutos de los sectores Gualliguaica, central y Quebrada Honda, costero, son más gruesas, en relación a la de los frutos del sector Manquehua, cordillerano. El rendimiento de jugo en relación al peso de fruto entero, baja prácticamente a un 50% del obtenido para pulpa con semilla, pues se ha retirado un porcentaje importante de componentes no filtrables (principalmente semillas). El rango de rendimiento estuvo entre 17,5% – 22,2%.

A continuación el cuadro 1 presenta un resumen de los valores promedios por sector de las características físicas del fruto del copao y rendimientos respectivos, obtenidos en este trabajo, ya comentados.

Cuadro 1. Caracterización física⁽¹⁾ de fruto de Copao provenientes de tres sectores de la Región de Coquimbo.

Parámetros Físicos	Manquehua	Quebrada Honda	Gualliguaica
	Promedio		
Peso del fruto, g	95,7	127,7	147,9
Peso de pulpa con semilla, g	46,8	52,6	70,4
Peso de la cáscara, g	45,25	73,4	78,0
Relación pulpa con semilla/cáscara	1,03	0,7	0,9
Rendimiento fruto/pulpa con semilla, %	50,4	40,7	47,1
Rendimiento fruto/cáscara, %	49,6	59,3	52,9
Rendimiento fruto/jugo, %	19,9	18,0	21,0

(*)Promedio de frutos provenientes de diferentes localidades.

⁽¹⁾ Análisis realizados por el CIDGRA. Facultad de Ciencias Químicas y Farmacéuticas de la U. de Chile.

El rendimiento de jugo no sólo varió de acuerdo al sector sino también para el color de cáscara. Es así que frutos de Manquehua de color rojo, tuvo el mayor rendimiento (22,2 %) mientras que Gualliguaica tanto los de cáscara verde y roja, tuvieron un rendimiento de jugo de 20,2 % y 21,9 %. Los frutos de Manquehua de color verde y de Quebrada Honda tuvieron los menores rendimientos, 17,5 % y 18 % respectivamente. En general, los frutos de cáscara roja dieron rendimientos de jugo algo más altos que los frutos de cáscara verde. Estas diferencias, que pueden tener una explicación genética o climática, deben tenerse en cuenta en el caso de futuras aplicaciones orientadas a la industrialización de estos frutos, con especial relevancia en el desarrollo de agroindustrias amigables con el medio ambiente, en las cuales lo deseable es producir la menor cantidad posible de desechos, lo que fuerza a generar otros subproductos a partir de la materia prima.

El número de semillas promedio por fruto, correspondiente a los lotes muestreados en los tres sectores durante 2009, fluctuó entre un valor promedio de 1.326 unidades para fruto cáscara roja, sector Manquehua, cordillerano, sub-sector Los Cardos y 2.899 unidades para frutos de cáscara verde y rosada, sector Gualliguaica, central, sub-sector La Mina. Esto podría también estar explicando el mayor tamaño de frutos en el sector de Gualliguaica, entendiendo que una buena polinización se

refleja en el número de semillas, favoreciendo el tamaño final de los frutos.

Las semillas frescas obtenidas de la pulpa de los frutos por cada sector se separaron, estabilizaron y se analizaron posteriormente, determinando su composición proximal y calidad nutricional de su aceite.

La pulpa con semillas, contiene gran cantidad de agua con valores entre 90,4 % para frutos cáscara verde, sector Quebrada Honda, sub-sector El Zorro y 93,7 %, para frutos de cáscara verde- rosada, sector Gualliguaica, central, sub-sector Quebrada San Carlos.



Frutos mostrando variabilidad en el color de cáscara

4.2 COMPOSICIÓN QUÍMICA Y NUTRICIONAL DE LOS FRUTOS

A continuación se presentan los componentes químicos y nutricionales promedios de las tres fracciones de los frutos del Copao: pulpa fresca con semillas; exocarpo (cáscara) y las semillas propiamente tal, de los frutos provenientes de los tres sectores muestreados de la Región de Coquimbo, temporadas 2009 y 2010.

4.2.1 Fracción pulpa con semillas molidas

La pulpa de los frutos presenta una gran cantidad de agua, además de un bajo aporte calórico. El contenido de carbohidratos totales es menor a lo determinado para frutos de tuna (Sáenz, 2006), sin embargo, el contenido de fibra dietética, de 3,1%, es muy similar a lo encontrado en ese fruto. La fibra presente en la pulpa está constituida por una fracción soluble, correspondiente al mucílago característico de la pulpa de este fruto y una fracción insoluble, proveniente de la celulosa y hemicelulosas componentes principales de las capas externas de la semilla molida.

Los lípidos o materia grasa están presentes en una concentración de 1.4 % en promedio, este valor es más alto que lo encontrado en los frutos de tuna. Este contenido se explica por el aporte de aceite que entrega la semilla molida.

El valor promedio para cenizas o contenido de mineral fue de 0,69 g. Dentro de este contenido mineral, llama la atención especialmente el potasio, cuyo promedio de 205 mg / 100 g, es superior a lo encontrado en otros frutos de la zona como pepino dulce (111-70 mg / 100 g), y similar a una chirimoya (206 mg / 100 g.). (Díaz, 2006) o a una tuna (Sáenz, et al., 2006).

Otro mineral destacado es el magnesio, cuyo contenido es 15 veces mayor a lo encontrado en el pepino dulce (Díaz, 2006) y similar a lo encontrado en algunos tipos de tuna (Sáenz, et al., 2006). La presencia de otros minerales como hierro, calcio, cobre y fósforo, junto a los ya comentados, destacan al fruto de copao por su aporte de micronutrientes importantes en la nutrición humana. El cuadro 2 presenta los datos obtenidos ya descritos.

Cuadro 2 . Composición Nutricional⁽¹⁾ de la pulpa con semilla de frutos de copao.

Factor nutricional (100 g de pulpa+semillas)	Contenido(*)
Agua, g	92,2±0,92
Carbohidratos totales, g	0,55±0,07
Carbohidratos reductores, g	0,40±0,10
Fibra dietética total, g	3,10±0,30
Lípidos, g	1,40±0,12
Proteína cruda, g (N x 6,25)	1,00±0,11
Energía, Kcal	18,5±1,20
Contenido mineral, g	0,69±0,12
Calcio, mg	12,4±2,50
Hierro, mg	0,16±0,04
Fósforo, mg	27,9±4,47
Potasio, mg	205±56,26
Magnesio, mg	35,6±5,10
Cobre, mg	0,07±0,02

(*) Datos promedios ± desviación estándar de dos temporadas de evaluación, 2009 y 2010.

(¹) Análisis realizados por el CIDGRA, Facultad de Ciencias Químicas Farmacéuticas de la U. de Chile.

4.2.2 Fracción exocarpo (cáscara)

La cáscara de los frutos de copao representa un porcentaje importante del peso total del fruto. Por lo tanto, pensando en la posibilidad de industrialización de ellos, se hace necesario conocer los nutrimentos que la cáscara también puede aportar.

En el cuadro 3 se presenta la composición nutricional de la cáscara. En ella se puede destacar el aporte que hace esta fracción de los frutos en relación a la pulpa. En general presenta valores más altos para carbohidratos, fibra y proteínas y un menor aporte calórico que los de la pulpa, porque en este caso las semillas, las cuales presentan un alto contenido energético (cuadro 4), no están incorporadas en este análisis, como fue en la pulpa.

En cuanto a los contenidos de minerales también es superior, destacándose el calcio, el cual se presenta en mayor cantidad que lo determinado en la pulpa. Sólo el fósforo y el cobre se encuentra por bajo los valores de la pulpa.

Cuadro 3. Composición Nutricional⁽¹⁾ de la cáscara de frutos de copao.

Factor nutricional (100 g de cáscara)	Contenido(*)
Agua, g	92,8±0,62
Carbohidratos totales, g	0,90±0,05
Carbohidratos reductores, g	0,60±0,10
Fibra dietética total, g	5,00±0,50
Lípidos, g	0,13±0,03
Proteína cruda, g (N x 6,25)	0,32±0,02
Energía, Kcal	5,90±0,50
Contenido mineral, g	0,91±0,09
Calcio, mg	58,4±5,75
Hierro, mg	0,21±0,03
Fósforo, mg	5,70±1,47
Potasio, mg	209,0±31,0
Magnesio, mg	42,92±1,89
Cobre, mg	0,05±0,01

(*) Datos promedios ± desviación estándar de dos temporadas de evaluación, 2009 y 2010.

(¹) Análisis realizados por el CIDGRA. Facultad de Ciencias Químicas y Farmacéuticas de la U. de Chile.

En relación a los pigmentos rojo-rosados, el valor de betalainas totales para el sector de Manquehua (1,61 mg/100 g) fue estadísticamente superior al obtenido para Gualliguaica (0,8 mg/100g). Esta diferencia puede deberse a factores climáticos. En todo caso, los valores encontrados son muy inferiores a los hallados en las tunas rosadas.

4.2.3 Fracción semillas

El cuadro 4 presenta la composición nutricional promedio de las semillas de copao obtenidas de los lotes de frutos, provenientes de los tres sectores muestreados ya señalados de la Región de Coquimbo. Los valores están expresados en g/100g de semilla.

De esta composición cabe destacar tres aportes nutricionales importantes: fibra dietética total, con un promedio de 39,6 g, cantidad que corresponde principalmente a fibra insoluble; contenido de lípidos o materia grasa, con un valor promedio de 33,3 g y, 17,8 g de proteínas (Nx 6,25), ambos valores considerados altos. En cambio, el contenido de hidratos de carbono totales —4,4 g— es bastante bajo. El contenido mineral promedio, de 2,5 g, igualmente se considera alto. La energía calculada correspondió a 408 Kcal/100g de semilla.

Cuadro 4. Composición nutricional ⁽¹⁾ de las semillas de copao obtenidas de los tres sectores de la Región de Coquimbo.

Factor nutricional (100 g semillas)	Contenido(*)
Agua, g	2,83± 0,88
Carbohidratos totales, g	4,35±0,55
Fibra dietética total, g	39,60±3,01
Lípidos, g	33,30±2,50
Proteína cruda, g (N x 6,25)	17,80±4,16
Energía, Kcal	408
Contenido mineral, g	2,59±0,20

(*) Datos promedios ± desviación estándar de semillas de frutos de diferentes localidades.

⁽¹⁾ Análisis realizados por el CIDGRA. Facultad de Ciencias Químicas y Farmacéuticas de la U. de Chile.

4.2.4 Composición porcentual promedio de los ácidos grasos del aceite extraído de las semillas de copao.

El cuadro 5 presenta la composición porcentual promedio de los ácidos grasos del aceite extraído de las semillas de Copao expresada en porcentaje de ésteres metílicos.

El grupo de los ácidos grasos saturados está entre 19 % y 20 %, siendo el ácido palmítico 16:0, el que se encuentra en mayor porcentaje (15 % y 16 %). Los otros ácidos grasos saturados son minoritarios, variando entre 0,1 % y 2 %. El grupo de los monoinsaturados está entre 27 % a 31 % siendo el mayoritario el ácido oleico 18:1, 9c, que representa prácticamente el 99 % de este grupo. Igual situación se presenta para el grupo de los ácidos grasos poliinsaturados con valores entre 46 % y 50 %, en que el ácido graso esencial Linoleico 18:2w6 representa igualmente del orden del 99 % de este grupo, ya que el ácido Linolénico 18:3w3 es minoritario, con valores del orden de 0,3 % – 0,4 %. En general, esta composición equilibrada entre el grupo de ácidos grasos monoinsaturado y el poliinsaturado, representada en un 99 % por ácido Oleico y ácido Linoleico respectivamente, responde a los requerimientos actuales nutricionales con moderados porcentajes de polinsaturación w6 y presencia importante de ácido Oleico monoinsaturado. Sin embargo, no es buena fuente de ácido linolénico w3 (Cuadro 5).

En otras semillas de cactáceas también se han encontrado niveles grasos de esta magnitud. Es el caso del aceite de semillas de dos tipos de pitahaya, *Hylocereus undatus* e *Hylocereus polyrhizus*, cactáceas trepadoras de origen centro americano, donde se ha encontrado un porcentaje de ácido linoleico de 48 % (Ariffin, et al., 2009), valor que es muy similar al encontrado en el aceite de semilla de frutos de copao.

Cabe señalar que este aceite extraído de las semillas de copao, es además una excelente fuente de gamma tocoferol, componente bioactivo con poderosa capacidad de antioxidante natural "in vitro", que está presente en este aceite como promedio en cantidades del orden de 1.400 mg/kg de aceite (140 mg/100 g de aceite). El contenido de gamma tocoferol encontrado en el aceite de semillas de frutos de copao, es superior al señalado para los semillas de *Hylocereus* (36,70 y 43,50 mg/100 g). (Hong, 2009).

Es importante destacar que se observan diferencias entre sectores. En el caso de ácido Oleico, Manquehua presenta el mayor valor, mientras que para el ácido Linoleico es el sector de Gualliguaica el que tiene la mayor concentración.

Los antecedentes anteriores permiten definir a las semillas de Copao como una interesante fracción del fruto. Las semillas son un ingrediente funcional por la presencia de fibra dietética total, por el contenido de materia grasa y su composición equilibrada principalmente entre el ácido Linoleico esencial y oleico principalmente.

Por otra parte, el aceite de esta semilla, también se convierte en una buena fuente de gama tocoferol.

Cuadro 5. Composición⁽¹⁾ de ácidos grasos del aceite extraído de las semillas de copao obtenidas de los tres sectores muestreados de la Región de Coquimbo, expresados en % de ésteres metílicos.

Ácidos grasos	Manquehua	Gualliguaica	Quebrada Honda
Mirístico 14:0	0,13	0,12	0,12
Palmítico 16:0	15,30	15,84	16,27
Estearico 18:0	2,63	2,12	2,32
Araquídico 20:0	0,65	0,52	0,65
Docosanoico 22:0	0,75	0,47	0,79
Tetracosanoico 24:0	0,21	0,10	0,16
Saturados Totales	19,67	19,17	20,31
Elaídico 18:1; 9t	0,27	0,08	0,20
Oleico 18:1; 9c	30,70	26,90	28,06
Monoinsaturados Totales	30,97	26,98	28,26
Linoleico 18:2 w6	45,56	50,23	47,20
Linolénico 18:3 w3	0,29	0,25	0,44
Poliinsaturados Totales	45,85	50,48	47,64

⁽¹⁾ Análisis realizados por el CIDGRA. Facultad de Ciencias Químicas y Farmacéuticas de la U. de Chile.

4.2.5 Fracción jugo

Dadas las características de este fruto, en relación al contenido de agua, se visualiza que un posible derivado de éste puede ser una bebida. Por este motivo, se determinó la composición nutricional de un jugo correspondiente a la porción líquida que resulta después de la centrifugación de la pulpa con semilla y posterior separación de las semillas por un cedazo. El jugo así obtenido es de color débilmente rosa (frutos de cáscara roja) o amarillo (cáscara verde o dorada), de aroma afrutado y ácido. La composición promedio nutricional se presenta en el Cuadro 6.

Es importante destacar que el rendimiento de jugo con respecto al peso de la pulpa con semilla y al peso total del fruto fue de 42, 3 % y 19,9 % respectivamente. Este último valor es bastante bajo, considerando lo encontrado en otros frutos y se explica por el peso de la cáscara.

Al comparar los diferentes componentes y sus contenidos con la pulpa, se puede decir que, en general, los minerales disminuyen en relación a ésta. Sin embargo, el contenido de vitamina C permanece dentro de un valor interesante. La vitamina C, según el estudio de estabilidad, no se degrada al estar congelado el jugo a -23 °C en el lapso de dos meses.

Cuadro 6. Composición nutricional⁽¹⁾ del jugo del fruto del copao, sin semilla de los tres sectores muestreados de la Región de Coquimbo.

Factor nutricional (100 g de jugo sin semillas)	Contenido(*)
Agua, g	96,5±0,22
Carbohidratos Totales, g	0,33±0,11
Carbohidratos reductores, g	0,28±0,10
Fibra dietética total, g	2,23±0,12
Lípidos, g	0,12±0,02
Proteína cruda, g (N x 6,25)	0,19±0,03
Energía, Kcal	3,20±0,50
Contenido mineral, g	0,58±0,08
Calcio, mg	6,54±0,67
Hierro, mg	0,03±0,01
Fósforo, mg	42,7±4,76
Potasio, mg	181,6±30,1
Magnesio, mg	26,60±3,20
Cobre, mg	0,025±0,01
Vitamina C, mg	29,40±7,93

(*) Datos promedios ± desviación estándar de frutos de diferentes localidades.

⁽¹⁾ Análisis realizados por el CIDGRA. Facultad de Ciencias Químicas y Farmacéuticas de la U. de Chile.

4.2.6 Contenido de vitamina C en fracción pulpa y cáscara

El Cuadro 7 presenta los valores de vitamina C libre y total, expresados en mg de ácido ascórbico en 100 g materia fresca para dos fracciones de frutos: pulpa con semillas y cáscara.

El contenido de vitamina C en la pulpa de frutos fue variable dependiendo de la localidad. Estas diferencias de vitamina C por sector pueden estar relacionadas con factores ambientales que debieran ser considerados en un estudio posterior. En este caso, el sector medio (Manquehua y Gualliguaica) dio el valor más alto y el sector costero (Quebrada Honda) dio el valor más bajo. Importante es destacar que más del 50 % del contenido total de la vitamina C se encuentre en estado libre en los frutos de los tres sectores muestreados.

Cuadro 7. Contenido de vitamina C ⁽¹⁾ (mg de ácido ascórbico /100 g de materia fresca) en dos fracciones de fruto.

Fracción de fruto	Año	Sectores	Vitamina C libre	Vitamina C total
Pulpa con semilla	2009	Manquehua	17,5±4,67	32,6±4,67
		Gualliguaica	15,5±3,90	25,7±3,90
		Quebrada Honda	11,0±1,15	17,7±1,65
Cáscara	2010	Manquehua	No determinada	57,5±4,80
		Gualliguaica	No determinada	52,9±3,30
		Quebrada Honda	No determinada	52,7

(*) Datos promedios, ± desviación estándar.

⁽¹⁾ Análisis realizados por el CIDGRA. Facultad de Ciencias Químicas y Farmacéuticas de la U. de Chile.

Considerando lo planteado anteriormente, en relación a las posibilidades de uso de la cáscara en la agroindustria, se decidió realizar el análisis de contenido de la vitamina C en dicha fracción. Se encontró que para las tres localidades el contenido de vitamina C en la cáscara es más alto que el encontrado en la pulpa. Durante el 2010, el análisis de vitamina C total en la cáscara, también permitió determinar que en general la cáscara verde presenta un mayor contenido (56,2 mg) de esta vitamina que la cáscara roja (52,3 mg).

Esto abre una interesante posibilidad de incluir también esta fracción del fruto en la elaboración de productos o subproductos alimenticios.

Durante la temporada 2009, además se analizó el contenido de la vitamina C en la pulpa de frutos, clasificándolos previamente por color de la cáscara (Cuadro 8). Los resultados indicaron diferencias, tanto para vitamina C libre como para la vitamina C total, entre la pulpa de frutos de cáscara roja y verde; en los primeros el valor fue mayor que en aquellos de cáscara verde.

Cuadro 8. Contenido de vitamina C en pulpa de frutos de diferente color de cáscara.

Año 2009	Vitamina C libre	Vitamina C total
Pulpa de fruto de cáscara verde	15,1	28,5
Pulpa de fruto de cáscara roja	19,9	36,7

Por lo tanto, este hallazgo es otro atributo nutricional interesante del fruto del copao que es necesario profundizar en su investigación para el desarrollo de producto innovativos.

Al ser comparado con otras pulpas de frutas, el contenido de vitamina C del copao es interesante, considerando su alto contenido de humedad. A modo de comparación en otros frutos de cactáceas, tales como pitaya (*Stenocereus stellatus*), se han encontrado valores entre 8-17 mg /ac. ascórbico /100 g (Beltrán- Orozco et al; 2009) o de 4 mg / 100 g de pulpa en *Stenocereus griseus* otra especie de pitaya (Ramírez et al., 2009). En ambos casos el contenido de humedad es de 85 % aproximadamente, menor a la presente en una pulpa de Copao.

Por otra parte, el contenido promedio de vitamina C total de la pulpa de frutos de copao, representa el 42 % de lo que se requiere de ingesta diaria, 60 mg / día, según Muñoz et al., 2002.

5 PROYECCIONES

El gran contenido de humedad de los frutos, el aporte nutricional de minerales, especialmente de potasio y magnesio, el contenido de fibra dietética, presente tanto en la pulpa como en la cáscara; el contenido de vitamina C, en pulpa y cáscara y la estabilidad de esta vitamina en el jugo, hace del fruto de Copao una materia

prima promisorio para el desarrollo agroindustrial especialmente de productos bebestibles. Por otro lado, el contenido graso encontrado en las semillas, donde se destacan el ácido oleico y linoleico, permite recomendar el uso de esta fracción en la preparación de productos alimenticios.

6 RECOMENDACIONES GENERALES

Las poblaciones naturales de *E. acida* constituyen un recurso patrimonial de la Región de Coquimbo, por lo que debe ser conservado. Por el momento, la comercialización en la región, se sustenta de la cosecha de los frutos en terrenos donde se ubican poblaciones silvestres de la especie, o desde cercos hechos por sus propietarios. Por lo tanto, la cosecha desmedida, junto con una corta irracional de plantas para destinarla a leña o artesanías, y /o la conversión de áreas silvestres en sistemas de explotación agrícola en mayor medida, puede cambiar el estado actual de conservación de esta especie, que actualmente se cataloga como fuera de peligro de extinción (Squeo, 2001).

Por otra parte, en el caso que se quiera realizar una explotación comercial sobre la base de poblaciones silvestres, CONAF exige que se cumpla la ley 20.283 de bosque nativo, la cual obliga a establecer e identificar el área de explotación, el sitio de extracción y declarar un plan de manejo.

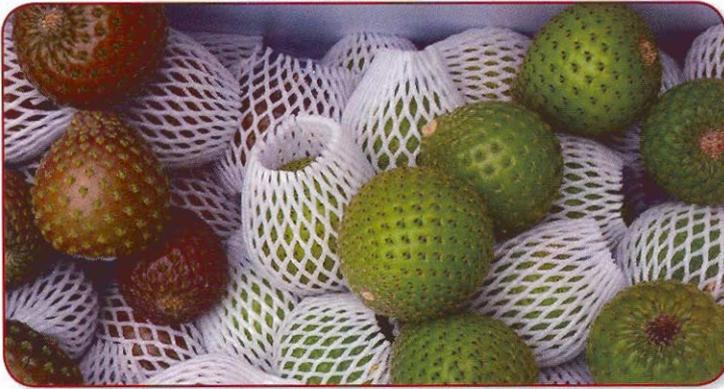
Bajo lo anteriormente expuesto, se estima conveniente establecer un manejo para su extracción racional, que puede conseguirse definiendo áreas específicas para su uso productivo y en forma paralela seleccionando plantas atractivas, desde el punto de vista del fruto, para plantar en huertos, los cuales pueden constituir en el mediano plazo la base para el desarrollo de una industria local.

Para evitar que en el mediano plazo se lamente la reducción de la superficie de esta especie, se entregan las siguientes recomendaciones generales para la extracción racional de los frutos.

6.1 CUIDADOS EN COSECHA Y POSTCOSECHA DE FRUTOS

Los frutos extraídos desde las poblaciones naturales, sólo deben ser aquellos posibles de comercializar. Todos los frutos dañados o pequeños deben ser dejados en las plantas o en el terreno de manera de proteger la propagación natural a partir de semillas.

Los frutos a cosechar deben ser de tamaño grande y deben estar maduros (cáscara brillante). Al cosechar, debiera evitarse dañar los frutos por golpes o daño con espinas, para mejorar su vida postcosecha. El fruto sano sin golpes puede almacenarse hasta 10 días bajo condiciones de 5° C con una humedad de 95 %.



Los frutos deben ser protegidos para evitar golpes en el traslado

6.2 PLANTACIÓN

En forma paralela a la extracción de frutos desde las poblaciones naturales, se puede realizar plantaciones a partir de tallos seleccionados de plantas que presenten alguna característica de interés agronómico.

Para la selección de individuos que conformarán un huerto se pueden tomar como criterios de selección el color y tamaño de los frutos. Para ello es importante conocer la población silvestre e identificar desde qué individuos es posible obtener tallos. Los individuos seleccionados deben presentar algún estado reproductivo: yemas florales, flores o frutos, de manera que indique su potencial productivo. Los tallos y plantas deben estar en buenas condiciones y deben ser marcados. Una vez que ha terminado la fructificación, y los frutos ya han madurado se procede a su corte.

El procedimiento de corte consiste en la selección de tallos en estado reproductivo, es decir, que se visualice algún rastro de estados reproductivos (yemas florales, flores y frutos). Los tallos deben ser de una longitud superior a 70 cm. Ellos son cortados bajo el punto de crecimiento o en el punto de inserción en la planta, evitando hacerle daño con las espinas. Luego deben ser trasladados al lugar de plantación,

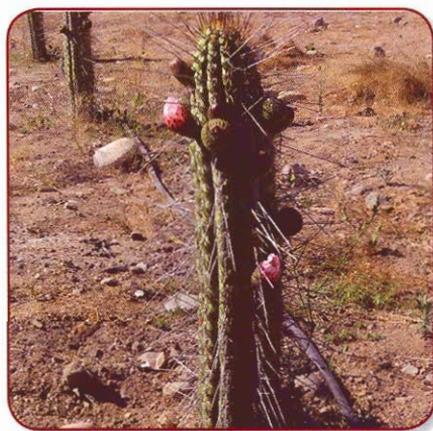
permaneciendo durante 20-30 días en espera que la herida de corte se seque. La época ideal, es cuando se detiene el crecimiento y después de la maduración de frutos, es decir, en marzo.

Una vez seca la superficie de corte y cuando los tallos manifiestan algún grado de deshidratación, se procede a plantarlos en un marco de plantación de 4 m sobre la hilera y de 3 m entre hileras (833 plantas / ha). La distancia de plantación ha sido estimada a partir de los volúmenes de copa evaluados en condiciones naturales. Se recomienda realizar un hoyo de plantación de 20x20x20 cm. Luego de plantados los tallos, se procede a realizar un riego con el fin de apretar el suelo contra la base de la paleta.

Paralelo a esto, en la población natural se puede seleccionar un área donde predominen individuos adultos (sobre 2,5 m) en estado reproductivo y estén con buena sanidad (ausencia de polilla de la tuna). Esta área se podría rotar, cada cierto número de años, para la extracción de frutos. Esta área idealmente debe ser protegida de los animales, para contribuir a la regeneración de la población a partir de semillas.



Huerto plantado a partir de tallos.

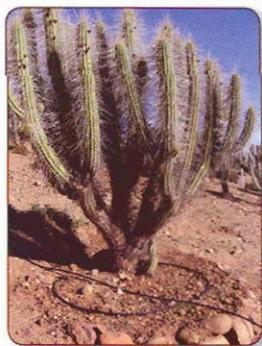


Planta en producción al segundo año de plantación

6.3 MANEJO DEL AGUA

Las cactáceas son plantas suculentas xerófitas, que se adaptan a condiciones de aridez. Se caracterizan por tener un sistema radicular superficial, ventajoso para absorción de agua. Además, tienen un metabolismo que les permite captar CO_2 por la noche, minimizando la pérdida de agua por transpiración, lo que las hace ser muy eficientes en el uso de agua. Las cactáceas son entre 5-10 veces más eficientes que la mayoría de los cultivos tradicionales. Esto hace pensar que este tipo de plantas puede ser una interesante posibilidad para cultivarlas en áreas restrictivas, (i.e baja disponibilidad de agua y nutrientes), tal como ha sucedido con las tunas (*Opuntia*) y Ágaves que se cultivan en algunos países de Latinoamérica.

Resultados preliminares indican que la especie de *Eulychnia acida* respondería favorablemente a la aplicación regular de agua y a la aplicación de enmiendas orgánicas en el periodo reproductivo. Los primeros resultados de ensayos realizados por INIA, indican que bajo las condiciones de un suelo que presenta buenas condiciones de retención de humedad (franco arcilloso), con la aplicación de enmienda (guano) y de riego con un volumen de agua equivalente al 10 % de la evapotranspiración de referencia (Eto) total anual, es posible en condiciones silvestres aumentar los rendimientos de plantas adultas en prácticamente un 100 % con respecto a aquellas sin riego (9,0 versus 4,7 kg /pl). Este incremento en el rendimiento se debe principalmente, a un aumento en el número de frutos por planta. Estos antecedentes son preliminares y es necesario tener información de una temporada más para ver la consistencia de los resultados obtenidos y establecer algún protocolo de manejo de riego.



Planta en estado silvestre con riego por goteo



Riego por goteo con 10 goteros alrededor de la planta

LITERATURA CONSULTADA

Ariffin A. A., J. Bakar, C. P. Tan, Russly A.R., Roselina K., Chia C. L. 2009. Essential fatty acids of pitaya (dragon fruit) seed oil. Food Chemistry 114, Issue 2, 15 May 2009, p. 561-564.

Beltrán-Orozco, M del C.,Oliva-Coba,T.,Gallardo-Velásquez T, Osorio R. G. 2009. Ascorbic acid, phenolic content, and antioxidante capacity of red, cherry, yellow and white types of pitaya cactus fruit (*Steneocereus stellatus* Riccobono). Agrociencia 43:153-162.

Bustamante, M.R.1996. Distribución, estado de conservación y uso de las cactáceas columnares en la región de Coquimbo. Memoria de Titulo. Universidad de Chile. Fac. de Ciencias Agrarias y Forestales. Otago- Chile.101 p

Cerezal, P y G. Duarte. 2005. Utilización de cáscaras en la elaboración de productos concentrados de tuna (*Opuntia Ficus- indica* (L.) Millar. C. Journal of the Professional Association of Cactus Development 7:61-83.

Díaz, N.L.2006.Industrialización y aprovechamiento de productos y subproductos derivados de materias primas agropecuarias de la Región de Coquimbo. Universidad de La Serena. 285 pp.

Hong K.L., C. P. Tan, R. Karim, A. A. Ariffin and J.Bakar. 2009. Chemical composition and DSC thermal properties of two species of *Hylocereus* cacti seed oil: *Hylocereus undatus* and *Hylocereus polyrhizus*. Food Chemistry. Volume 119, Issue 4,p. 1326-1331.

INIA - FIA. 2007. Valorización de Recurso Genético Nativo: Potencial productivo y económico-comercial de *Eulychnia acida* (copao) cactácea de la IV región. Informe Final. Abril de 2007.

Joublan, J. P. y N. Cordero. 2002. Comportamiento de algunos cítricos sobre diferentes portainjertos en su tercera temporada de crecimiento, Quillón VIII Región, Chile. Agricultura Técnica (Chile) 62:469-479.

Muñoz, DC., S. J. Ledesma, V. A. Chávez, R. F. Pérez- Gil, L. E. Mendoza, L. J. Castañeda, C. Calvo, G. I. Castro, C. C. Sánchez y C. A. Ávila. 2002. Los alimentos y sus nutrientes. Tablas de Valor nutritivo de alimentos. Mc Graw Hill Interamericana, México. 203 pp.

Ramírez G., Andrade S., Nuñez A. y González O. 2009. Bloque multinutricionales de pitaya-urea como propuesta tecnológica sustentable para la ganadería caprina de la mixteca Oaxaqueña. p.201. En: Estudios de tres cactáceas de la Mixteca Baja : conocimiento para su uso sustentable. Eds. M. L. Yañez, M. A. Armella, R. Soriano, Dulce María Sánchez- Díaz. 201 pp.

Sáenz, C. y Sepúlveda, E. 2001. Cactus pear juices. Journal of the Professional Association of Cactus Development 4: 3-10.

Sáenz, C. H. Berger, J. Corrales G.; L. Galletti; V. García de Cortázar, I. Higuera, C. Mondragón, A. Rodríguez-Félix, E. Sepúlveda M. T. Varnero. 2006. Utilización agroindustrial del nopal. Boletín de servicios agrícolas de la FAO: 162

Squeo F.A., Arancio G. & Gutiérrez J.R. 2001. Libro Rojo de la Flora Nativa y de los Sitios Prioritarios para su Conservación: Región de Coquimbo. Ediciones Universidad de La Serena, La Serena. 372 pp.

Vilches M.P. 2008. Caracterización fisiológica, fisicoquímica y sensorial de frutos de copao (*Eulychnia acida* Phil.) provenientes de la región de Coquimbo. Seminario de Título. Universidad de La Serena. Facultad de Ciencias. Escuela de Agronomía. 54 p.