



**ANALISIS DEL POTENCIAL DE LA
JOJOBA EN CHILE**

Hecho para : **MINISTERIO DE AGRICULTURA
ODEPA
FONDO DE INVESTIGACIONES
AGROPECUARIAS**

Por : **FUNDACION CHILE**

Coordinador : **JUAN PABLO TORREALBA**

Fecha : **30 Mayo 1983**

Este estudio es propiedad intelectual de Fundación Chile y no puede ser reproducido total o parcialmente sin su autorización escrita. De acuerdo al convenio de aporte celebrado con ODEPA, esta podrá utilizar y difundir los resultados de este estudio en la forma que más convenga al interés nacional.

CONTENIDO

RESUMEN DEL PROYECTO		<u>Página</u>
1.	INTRODUCCION	1
1.1	Objetivos e Investigación	1
1.2	Contenido	2
2.	REQUERIMIENTOS AGROECOLOGICOS E INFRAESTRUCTURALES DEL CULTIVO DE LA JOJOBA.	2
2.1	Clima	2
2.2	Requerimientos hídricos	6
2.3	Suelos	7
2.4	Topografía	8
2.5	Infraestructurales	8
3.	IDENTIFICACIÓN DE ZONAS APTAS PARA LA PRODUCCION DE JOJOBA EN CHILE.	11
3.1	Metodología	11
3.2	Zonas aptas	22
3.3	Conclusiones	28
3.4	Anexo I: El Potencial de la II Región.	32
4.	TIPOS DE PLANTACIONES DE JOJOBA	33
4.1	Pequeñas plantaciones en los valles.	33
4.2	Plantaciones de mediana y gran escala en los valles.	33
4.3	Plantaciones de gran escala, especializadas fuera de los valles.	34
5.	PERSPECTIVAS DEL MERCADO MUNDIAL DE ACEITE DE JOJOBA A LARGO PLAZO:	35
5.1	Producción de jojoba y proyecciones.	35
5.2	Demanda de aceite de jojoba	43
5.3	Precios	48
6.	COSTOS DE PROCESAMIENTO Y TRANSPORTE	51
6.1	Generalidades del Procesamiento	52
6.2	Costos de Procesamiento	54
6.3	Costos de Transporte	55
6.4	Precios al agricultor.	56

	<u>Página</u>
7. ESTIMACIONES DE COSTOS, INGRESOS Y RENTABILIDAD DE LA JOJOBA.	58
7.1 Plantaciones en los valles regados.	58
7.2 Plantaciones fuera de los valles regados.	64
7.3 Análisis de rentabilidad y sensibilidad.	68
8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	73
8.1 Conclusiones	73
8.2 Recomendaciones	74

- Además sería posible cultivarla en amplias extensiones de pampas y llanuras con aguas subterráneas, si los análisis de suelos y agua fueran positivos (Tamarugal, Algarrobal y otros).
- Se definieron tipos de plantaciones posibles en Chile sobre la base de las restricciones que presentan las diferentes áreas potenciales.
- Se analizaron las perspectivas a largo plazo del mercado mundial, hacia 1990-1995, cuando una producción comercial chilena de cierta significación pudiera llegar al mercado. El mercado será bastante grande, de 42.000 a 65.000 ton de aceite por año, aproximadamente y los precios bajarán de los niveles actuales de US\$ 25.000/ton a aproximadamente US\$ 8.000 a \$ 5.000 en 1995.
- Las plantaciones de jojoba en Chile serían rentables, con tasas de retorno al capital invertido (TIR) entre 38% y 24%. La excepción a esto son las plantaciones fuera de los valles regados, con pozo profundo y riego por goteo y sin ninguna infraestructura.
- La introducción exitosa de tecnología de jojoba, que permita alcanzar rendimientos de 1.600 a 2.500 kg de grano por ha, permitiría el desarrollo de una industria en unos 15 años de unas 8.000 ha aprox. Esto significaría anualmente: \$ 2.400 millones de pesos en producción, US\$ 29 millones en exportaciones y 4.000 empleos.

Se hacen recomendaciones para establecer un programa de transferencia y adaptación tecnológica de largo plazo, y de la necesidad de analizar la aptitud de las Regiones V, VI y Metropolitana, no incluidas en este estudio.

Se recomienda también el inicio de plantaciones comerciales sólo con capital de riesgo, hasta que no haya tecnología demostrada en Chile.

Mayo de 1983

1. INTRODUCCION

1.1 Objetivo y Justificación

Este informe presenta los resultados del estudio para determinar la factibilidad técnica y económica de introducir la jojoba en el país para desarrollar una actividad económica de significación.

Este estudio realizado por Fundación Chile contó con el patrocinio del Ministerio de Agricultura, recibiendo un aporte financiero del Fondo de Investigaciones Agropecuarias FIA canalizado a través de ODEPA, para cubrir una parte de los costos incurridos.

En los últimos cinco años se han tenido noticias de las posibilidades de desarrollar comercialmente la jojoba, un arbusto nativo del desierto en el oeste de EE. UU. y México. Se despertó un gran entusiasmo en el exterior de parte de inversionistas que aspiraban a convertirse en "millonarios del desierto", de parte de técnicos y científicos motivados por vencer obstáculos tecnológicos y lograr nuevos descubrimientos, y de parte de los ecologistas interesados en encontrar un sustituto del aceite de ballena y así evitar que se acerque el día de la extinción de esta especie.

En este tumulto de intereses han habido rápidos avances tecnológicos, con éxitos y fracasos, una muy abundante producción de noticias y artículos y también algo de fantasía sobre la jojoba, sus propiedades y posibilidades.

En Chile han habido esfuerzos pioneros de algunos empresarios e instituciones que han permitido tener una observación del comportamiento de la jojoba y comprobar la producción de los primeros granos.

La experiencia que existe en la introducción exitosa de nuevos cultivos en diferentes países indica claramente que este es un proceso complejo que requiere de varios años de transferencia y ajuste tecnológico, lo cual representa una inversión que a veces puede ser considerable. Esta inversión sólo se justificará si el cultivo tiene un potencial de cierta significación.

Este estudio cuantifica el potencial de la jojoba en el norte del país, en base a una identificación de sus requerimientos tecnológicos, y estima los resultados económicos posibles de obtener en los diferentes tipos de plantaciones que se vislumbran como posibles. Esto permite llegar a conclusiones sobre la conveniencia de realizar una inversión en tecnología en este cultivo y también permite definir criterios sobre dónde y cómo debe hacerse.

El FIA es administrado por un Consejo presidido por el Ministro de Agricultura y compuesto por seis destacadas personas del sector privado, representantes de las áreas científica, profesional, de producción e investigación silvoagropecuaria, siendo ODEPA la Secretaría Ejecutiva.

1.2 Contenido

Este estudio cubre los siguientes aspectos:

- Identificación de requerimientos agroecológicos de la jojoba para producirla comercialmente.
- Identificación de zonas aptas en el norte del país.
- Definición de tipos de plantaciones posibles de hacer en tales zonas.
- Perspectivas del mercado de aceite de jojoba a largo plazo.
- Técnicas de procesamiento del grano, costos estimados y precios esperados por el agricultor chileno.
- Evaluación económica de los tipos de plantaciones definidas.
- Conclusiones y recomendaciones para el desarrollo de una actividad exitosa de producción de jojoba en el país.

Este estudio se realizó en cinco meses, con la colaboración de consultores para algunos aspectos específicos del estudio. Se utilizó gran cantidad de información del exterior que fue obtenida de documentos, observaciones hechas en viajes a los EE. UU., especialmente para este propósito, y de especialistas en jojoba extranjeros que han visitado a Fundación Chile. Además se visitaron cultivos y ensayos en el país y se analizó la escasa experiencia que existe en Chile sobre el cultivo.

Este trabajo se realizó por un equipo de técnicos de la Fundación Chile, bajo la coordinación de Juan Pablo Torrealba, Ingeniero Agrónomo, Ph.D., quien además es el autor principal de este informe. Se obtuvo la colaboración de empresas y de consultores externos para algunos aspectos específicos.

A continuación se mencionan los colaboradores de este estudio:

Roberto Echeverría, Ing. Agr., Ph.D., Director del Departamento de Desarrollo de Fundación Chile.

Hernán Monardes, Ing. Agr., especialista en Horticultura, Fundación Chile.

Pablo Alvarado, Ing. Agr., M. Sc., Consultor de Fundación Chile en Horticultura, profesor de Agronomía de Universidad de Chile.

Ricardo Poblete, Ing. Civil, especialista en Ingeniería de Procesos Agroindustriales, Fundación Chile.

Fernando Sánchez, Ing. Agr., M. Sc., especialista en Tecnología de Alimentos, Fundación Chile.

American Jojoba Industries, EE. UU.

Negev Jojoba Company, Israel

David Contreras, Ing. Agr., M. Sc., Consultor de Fundación Chile, Profesor de Agronomía y Director del Centro de Zonas Áridas de la Universidad de Chile. Colaboró con el Sr. David Contreras el profesor Fernando Santibáñez.

Además han proporcionado información de importancia para este estudio las siguientes instituciones y personas:

CONAF - Sr. Jaime Gaete, Director de la Región Metropolitana

SERPLAC III Región - Sr. Octavio Alarcón

COMISION NACIONAL DE RIEGO

CAPTAGUA S. A. - Sr. Máximo Honorato - Gerente General

Sr. Armando Espinoza - Gerente Técnico

AGRO-RIEGO LTDA. - Sr. Ricardo Ariztía - Gerente

PAUL ZCHAU - Representante de Smet

2. REQUERIMIENTOS AGROECOLOGICOS E INFRAESTRUCTURALES DEL CULTIVO DE LA JOJOBA

En esta sección, se presentan en forma resumida los requerimientos de clima, suelos, hídricos, e infraestructurales que deben satisfacerse para el cultivo comercial de la jojoba. Debe destacarse que éstos son diferentes a las condiciones ecológicas donde prospera la jojoba en forma silvestre, ya que en ese caso se identifican sólo las características para la sobrevivencia de la planta. El interés es determinar las condiciones para lograr una alta producción para un cultivo comercial.

Los requerimientos que se presentan a continuación se han obtenido mediante el análisis de decenas de documentos técnicos. Entre ellos se incluyen los más importantes sobre el tema publicados en todo el mundo. Además se utilizan informaciones obtenidas de primera fuente en visitas a plantaciones de jojoba en Chile y en otros países, como conversaciones con técnicos con gran experiencia en este cultivo.

2.1 Clima

La jojoba requiere un clima desértico, que se caracteriza por tener una larga estación, de más de 6 meses, muy cálida y seca. Los inviernos son fríos y con cantidades moderadas de lluvia y humedad.

Actualmente se cultiva la jojoba en forma comercial en climas algo diferentes al desértico en el noreste de Brasil y Costa Rica. En estos casos hay un clima tropical semi árido, con períodos secos y relativamente húmedos e inviernos no muy fríos y con alta precipitación (a veces más de 1.000 mm/año). Aparentemente estas condiciones permitirían el cultivo comercial de la jojoba, de acuerdo a la información obtenida. Sin embargo se requieren cuidados extremos preventivos en el aspecto fitosanitario.

2.1.1 Latitud.

La jojoba crece en forma silvestre en Estados Unidos y México entre las latitudes de 23° y 35° norte. Sin embargo se ha cultivado comercialmente con éxito fuera de estas latitudes en el hemisferio norte y en el hemisferio sur. Ejemplos de esto son las plantaciones en Sudán (12° norte), Australia (36° sur) y Brasil (6° Sur).

Experimentos hechos en Australia indican que la jojoba responde a la luminosidad pero no al fotoperíodo (14).

2.1.2 Temperaturas extremas

La planta tolera temperaturas máximas superiores a 42° a 45° C (1,5,7,10). A temperaturas de 50° C se queman algunas ramas termi-

nales pero sin un daño significativo (7).

Las plantas silvestres de jojoba prosperan en zonas cuyos límites mínimos de temperatura no son inferiores a -7°C , y las mejores plantas observadas crecen donde las mínimas temperaturas raramente bajan de -4°C durante unas pocas horas (7).

A los -5°C las ramas terminales se marchitan en los últimos 5 cm y las flores se caen, con lo cual la producción es nula o casi nula (7). Las plantas jóvenes son muy sensibles y se marchitan a temperaturas de -3°C a -4°C , con lo cual se recomienda no intentar plantaciones comerciales donde la temperatura baje de estos mínimos. (10, 11, 13, 17, 18, 21, 22).

Las plantas adultas soportan temperaturas inferiores a las señaladas según otros autores. Se reportan temperaturas de -5°C a -6°C para daños en las flores y ramas terminales (9); otros casos con temperaturas de -9°C sin daños serios (10); y casos de arbustos grandes con -12°C parcialmente helados en su extremo superior en Aguanga, California (11).

Todos los datos anteriores se han obtenido de observaciones en su mayor parte provenientes de plantaciones silvestres. Como una norma para plantaciones comerciales se puede indicar que la temperatura mínima no debiera bajar de -2°C , e idealmente que nunca sea inferior a 0°C .

2.1.3 Temperaturas medias en verano.

Se sabe que la jojoba requiere altas temperaturas en verano, sin embargo no hay estudios en profundidad sobre los requerimientos mínimos de calor para alcanzar producciones altas (24).

En Israel se ha reportado que el clima más cálido del Mar Muerto estimula el crecimiento y la madurez sexual temprana de las plantas en comparación a otras localizaciones menos cálidas (6). En la literatura sobre este aspecto, sólo se encontró una referencia de Thompson (11), quien afirma que en sus límites naturales la jojoba desaparece en la costa de California donde el promedio de la temperatura del mes de Julio es menor a 19.4°C . Esta observación aislada, significaría que en nuestro medio las temperaturas del mes de Enero no deberían ser en promedio inferiores a los 19°C . Este aspecto debe ser investigado al introducir la jojoba en Chile. En todo caso se debe estar consciente que en localizaciones cercanas al mar, es posible que la temperatura de verano sea inferior a las medias requeridas.

2.1.4 Luminosidad

La jojoba ha demostrado ser sensible a la luminosidad, pero no al fotoperíodo. Experiencias hechas en Australia y EE. UU., mostraron respuestas importantes en el crecimiento vegetativo de plantas jóvenes a distintos niveles de luminosidad (14).

2.2 Requerimientos hídricos

En forma silvestre la jojoba no crece donde hay menos de 120 a 150 mm/año, y logra su mejor desarrollo con lluvias superiores a 300 mm/año (5, 7, 10). Se ha informado de crecimiento excelente con 450 mm/año.

Para producir crecimiento, florecer y producir semilla, necesita humedad en invierno y primavera principalmente. Requiere poca o ninguna agua en verano, ya que las semillas se comienzan a formar al final de la primavera y pueden desarrollarse durante el verano con la humedad retenida en el suelo de la estación anterior. Este punto ha sido extensamente investigado en varios países y muchos técnicos concuerdan en ello (9, 10, 11, 12, 16, 17, 19, 22). La planta aparentemente entra en una especie de reposo en el verano, y baja sus requerimientos hídricos. Sin embargo se ha sugerido que un riego tarde en el verano podría ayudar a la formación de nuevos botones florales y consecuentemente habría una mayor producción (9, 19).

También hay bastante consenso en la necesidad de tener lluvias o riegos profundos en otoño - invierno; aparentemente los riegos superficiales no sirven mucho. Esto se debe al hábito de crecimiento profundo de las raíces pivotantes de la jojoba (10, 19).

Experiencias realizadas en Israel durante más de 5 años demostraron que era posible que la jojoba se desarrollara y produjera en suelos livianos con una pluviometría anual de 200 mm. La suplementación con riego (2 riegos con 200 mm) casi triplicó los rendimientos obtenidos. En EE. UU. se hicieron ensayos con riego adicional, encontrando respuesta hasta con 1.000 mm (9, 19).

De los estudios y experiencias citadas se puede concluir que con una pluviometría anual inferior a 400 mm/año, se requiere riego suplementario para poder tener plantaciones comerciales exitosas.

La cantidad de riego requerido depende de la cantidad y distribución de lluvias en el año, las temperaturas, el tipo de suelo, la edad de la planta, su tamaño y densidad de plantación y el estado fenológico de la planta. No hay estudios exhaustivos de respuesta de producción de semilla a distintas cantidades de riego, sin embargo hay varios estudios que se refieren a guías generales sobre las cantidades de riego requeridas en plantaciones comerciales de jojoba. Sobre esto hay consenso en la necesidad de que la jojoba adulta reciba entre 45 a 60 cm de agua aprovechable a la planta, por año. (17, 18, 20; 21, 22, 23).

2.3. Suelos

2.3.1 Textura - Estructura

La jojoba crece en suelos de textura gruesa, bien drenados como los aluviones arenosos y mezclas ásperas de gravas y arcillas derivadas de materiales ígneos como graníticos y volcánicos. También crece en formaciones sedimentarias, en arenas arcóscas aluviales y en dunas arenosas. Muy raramente se da en arcillas arenosas pesadas. En casos extremos se ha encontrado creciendo en rocas porosas y en arcilla (4, 7, 8, 10, 11).

El mejor crecimiento de la jojoba se observa en texturas medias a ligeras con buena penetración de agua y muy buen drenaje y aireación.

La fertilidad de los suelos de las poblaciones silvestres de jojoba en general es bastante baja, con reducidos contenidos de materia orgánica, como es propio de los suelos desérticos.

En conclusión puede decirse que la jojoba se puede plantar en la mayor parte de los suelos bien drenados y aireados, de texturas medias a ligeras, y con una profundidad de suelo que permita el crecimiento de su raíz pivotante. El sub suelo no debe tener impedimentos al crecimiento de su raíz como serían arcillas densas compactadas y otros similares. Idealmente el subsuelo debería tener una textura y estructura que permitiera una buena retención de humedad; con ello se lograría reducir los requerimientos de riego de la planta.

El punto más resaltante en que concuerdan todos los estudios sobre la materia es la necesidad de que el suelo tenga un muy buen drenaje. Se llega incluso a citar el caso de muerte de plantas de 6 a 7 años con una inundación tan breve como de 36 horas.

2.3.2 Salinidad

La jojoba crece naturalmente en tierras que en general son neutras a alcalinas. Sin embargo se ha detectado en muchos estudios su tolerancia a la salinidad (3, 5, 9, 15, 19).

Hay diferentes grados de tolerancia según el origen de la planta, así se llegó en EE. UU. a determinar un tipo, llamado Vista que soportó hasta 7.000 mg por litro de salinidad sin disminuir su crecimiento o floración (3). En Israel experimentos con distintos grados de salinidad mostraron la capacidad de las plantas jóvenes de tolerar hasta 2.850 ppm, que tuvieron un crecimiento casi igual a los controles; sin embargo plantas con 3.380 ppm murieron en su totalidad (19). En EE.UU. experiencias en este sentido detectaron tolerancia a la salinidad desde -3 a -10 bars, sin efectos negativos muy severos en el crecimiento; aunque había una reducción en el crecimiento del área foliar, que pudiera ser mucho más severo con

condiciones de sequía (no presentes en el experimento) (15).

En conclusión puede decirse que hay distinta tolerancia a la salinidad según el origen genético de la planta. Como una cifra preliminar, sujeta a investigaciones más profundas, se puede decir que algunas variedades de jojoba tolerarían, hasta niveles de 2.800 ppm sin daños severos.

2.4 Topografía

Para plantaciones comerciales, idealmente el suelo debe ser plano o con una pendiente muy leve, donde se intente riego artificial. Si el riego es por surco debe tenerse un especial cuidado en tener una muy buena nivelación, debido a la susceptibilidad de la jojoba a inundaciones. En condiciones de crecimiento sin riego artificial, la jojoba podría producirse en cualquier clase de pendiente que permitiera las labores de limpia de maleza, desinfección, poda, y cosecha.

2.5 Infraestructurales

La semilla de jojoba cosechada no es perecible, ni se reduce la cantidad y calidad de aceite que contiene mientras está en almacenamiento. Por esto las plantaciones de jojoba pueden estar a distancias largas de centros poblados y de buenas carreteras.

Una plantación comercial adulta, debería poder contratar mano de obra cercana para la cosecha. Esto significa poder disponer de alrededor de 125 jornadas hombre por hectárea entre los meses de Febrero y Marzo.

En el caso de riego artificial, con una fuente de agua de pozo profundo, se requiere energía, que dependerá de la profundidad y el rendimiento del mismo. Como un número indicador muy aproximado se puede señalar una necesidad de alrededor de 1200 a 1800 kwh por há al año

BIBLIOGRAFIA

- (1) National Academy of Sciences, Underexploited Tropical Plants with Promising Economic Value, Washington D. C. 1975.
- (2) Eamor Nord and Amram Kadish, *Simmondsia Chinensis* (Link) C. K. Schneid, Pacific Southwest Forest and Range Experiment Station.
- (3) Yermanos, D. M., Francois L. E. and Tammadni T, "Effects of Soil Salinity on the Development of Jojoba", *Economic Botany* 21 (1), 1978.
- (4) Office of Arid Land Studies, Jojoba Activities, pamphlet.
- (5) National Academy of Sciences, Products from Jojoba: A Promising New Crop for Arid Lands, Committee on Jojoba Utilization, National Research Council, Washington D. C. 1975.
- (6) M. Forti and Y. Levi "Initial Response of Jojoba to Various Environmental and Cultivation Conditions". II Conferencia Internacional de la Jojoba, Baja California, 1976.
- (7) National Academy of Sciences, "Jojoba, Feasibility for Cultivation on Indian Reservations in the Sonoran Desert Region", Washington D. C. 1977.
- (8) D. M. Yermanos, "Introduction of the Cultivation of Jojoba in Paraguay".
- (9) D. M. Yermanos, "Establishment of a Jojoba Plantation".
- (10) H. Scott Gentry "The National History of Jojoba and its Cultural Aspects", *Economic Botany*, Vol. 12, No 3, 1958.
- (11) P. H. Thompson, "Horticulture of Jojoba". Jojoba Handbook, 1982.
- (12) Marcelo de la Vega, "La jojoba, domesticación de un cultivo potencial", CIANO, Hermosillo, Sonora, México.
- (13) Yermanos, D. M., "Review of Seven Years of Performance Data on Jojoba Under Cultivation", IV Reunión Internacional de la jojoba, Hermosillo, Sonora, México, Noviembre 1980.
- (14) Dunstone, R. L. and Dayson, I. A., "Photoperiod Effects on Growth and Flowering of Jojoba", IV Reunión Internacional, op.cit. 1980.
- (15) Rasoolzadegan V., Hogan L., Palzkill D., "Response of Jojoba to Five Levels of Salinity", IV Reunión Internacionalm op. cit., 1980.

- (16) Benzioni A., Mizrahi Y., and Nerd A., "Effects of Water and Fertilization Regime on Floral Bud Dormancy, Fruit Set and Vegetative Growth of Jojoba Plants", IV Reunión Internacional, op. cit., 1980.
- (17) B. R. Corella y J. Meza, "Avances agronómicos de la jojoba bajo cultivo". IV Reunión Internacional, op. cit. 1980.
- (18) Arne Belsby, "Forming Experience in Jojoba Cultivation", IV Reunión Internacional, op. cit., 1980.
- (19) Meir Forti, "Simmondsia Studies in Israel", Negev Institute, Israel, Jojoba International Conference, Tuxcon, Arizona, 1972.
- (20) American Entrepreneurs Association, Report on Jojoba, 1981.
- (21) G. Fisher and R. Boyd, "Establishing a Commercial Jojoba Plantation", Third International Conference on Jojoba, Riverside, California, Sept., 1978.
- (22) Hogan L. M., Palzkill D., "Production of Jojoba in Arizona", Agric. Exp. Station, University of Arizona, Oct., 1981.
- (23) Gene Wright "Jojoba Development Costs: Small Plantations" University of Arizona, V International Conference on Jojoba, 1982.
- (24) Conversación personal con Meier Forti.

3. IDENTIFICACION DE ZONAS APTAS PARA LA PRODUCCION DE JOJOBA EN CHILE.

Esta sección del estudio presenta las áreas que se identificaron como potencialmente aptas para la producción de jojoba en el norte del país, en base a los requerimientos climatológicos, edafológicos, hidrológicos y otros que se especificaron en el capítulo anterior.

Este capítulo resume un estudio mayor, contratado por Fundación Chile, en el que participaron varios profesionales especializados en zonas áridas y otras disciplinas, cuyo autor es el Ing. Agr. David Contreras T., M.Sc. Este estudio fue complementado con otra información y análisis propio de Fundación Chile.

Se consideraron áreas de significación, es decir, extensiones de tierra contiguas, o muy cercanas, que tengan 1000 ha o más potencialmente utilizables para jojoba.

3.1 Metodología

Las zonas aptas se identificaron desarrollando los análisis que se describen a continuación:

3.1.1 Obtención de cartas agroclimáticas

Se obtuvieron cartas agroclimáticas de la I, III y IV región con diversos parámetros climatológicos y otra información de fuentes secundarias. El análisis preliminar aconsejó descartar completamente la II Región por la escasez de agua actual y las alarmantes proyecciones a futuro. (Ver anexo 1)

3.1.2 Determinación del grado de aptitud climática de las regiones para el cultivo de la jojoba.

Los principales parámetros climáticos a los cuales es sensible la jojoba, se expresaron en diversos grados o intervalos de tolerancia, correspondiendo el 0 al nivel óptimo y el 5 a niveles inaceptables para su cultivo. Estos intervalos se presentan en el cuadro Nº 3.1 a continuación.

Las cartas agroclimáticas de las regiones se contrastaron con los requerimientos climáticos estratificados, según el cuadro Nº 3.1. Así se determinaron en cada región diversas zonas climáticas con diferentes grados de aptitud para la jojoba. Estas zonas se muestran en los mapas nº 3.1, 3.2 y 3.3. Cada zona se representa por un código que tiene una letra diferente y un número que corresponde al grado de aptitud climatológica de la zona, así:

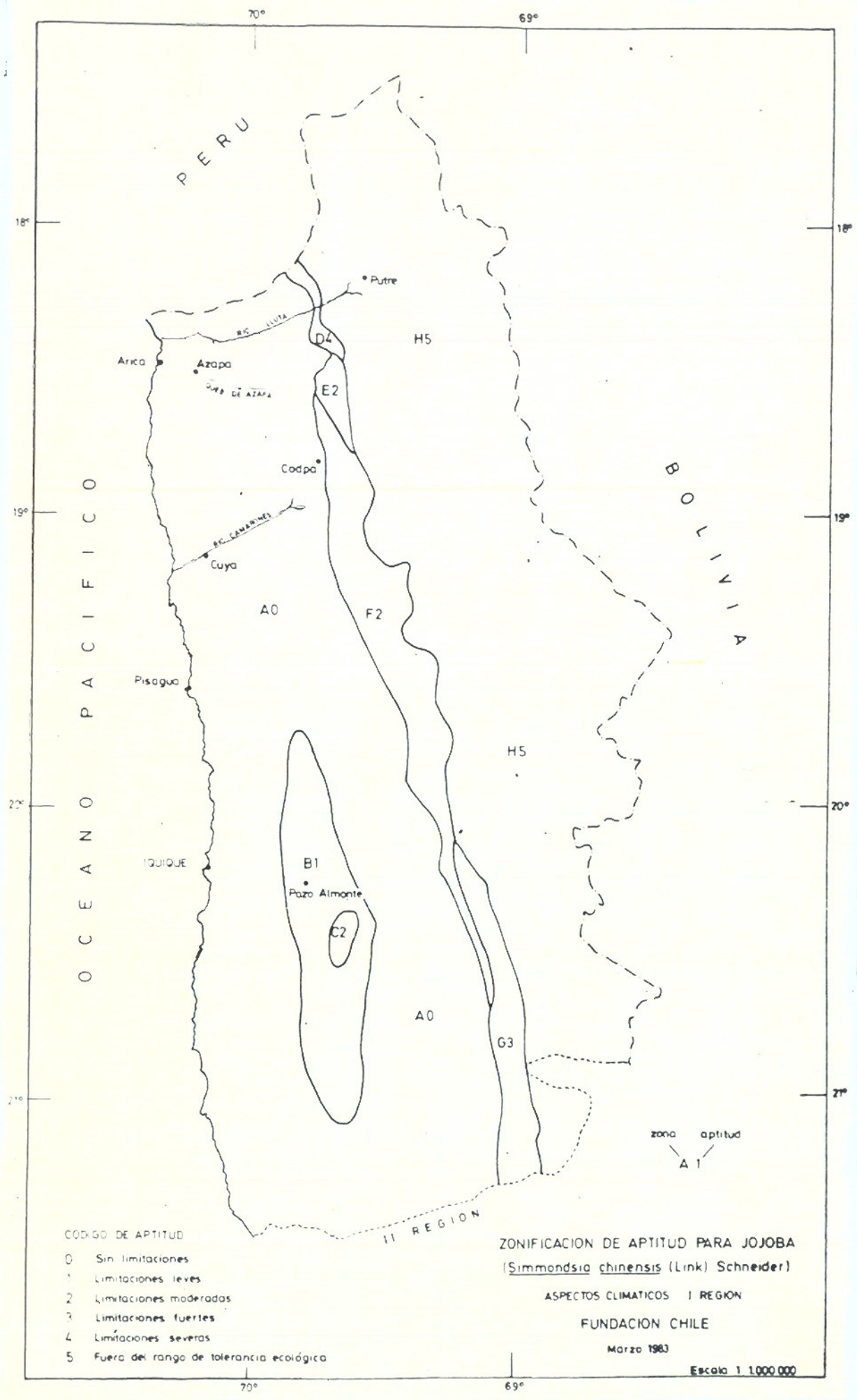
CUADRO Nº 3.1 REQUERIMIENTOS CLIMATICOS DE LA JOJORA E INTERVALOS DE TOLERANCIA

Nivel de las limitaciones

	0	1	2	3	4	5
	Ninguna	Leves	Moderadas	Fuertes	Severos	Inaceptable
Temperatura máx (°C) media mes más cálido	35	36-39	40-43	43.47	48-50	50 ó más
Temperatura mín (°C) media mes más frío	4	4 a 2	1.9-0	-0.1 a -2	-2.1 a -3	- 3 ó menos
Suma de temperaturas base 10° C (ds-gr/año)	1500	1500-1325	1324-1150	1149-975	974-800	800 ó menos
Período libre de heladas por año (días)	360	328-294	294-260	259-225	224-191	190 ó menos
Radiación solar media anual Ly/día	375	375-295	295-210	210-130	130-50	50 ó menos

CUADRO Nº 3.2 CARACTERISTICAS AGROCLIMATICAS DE LAS AREAS DE APTITUD
DEFINIDAS EN LA I REGION

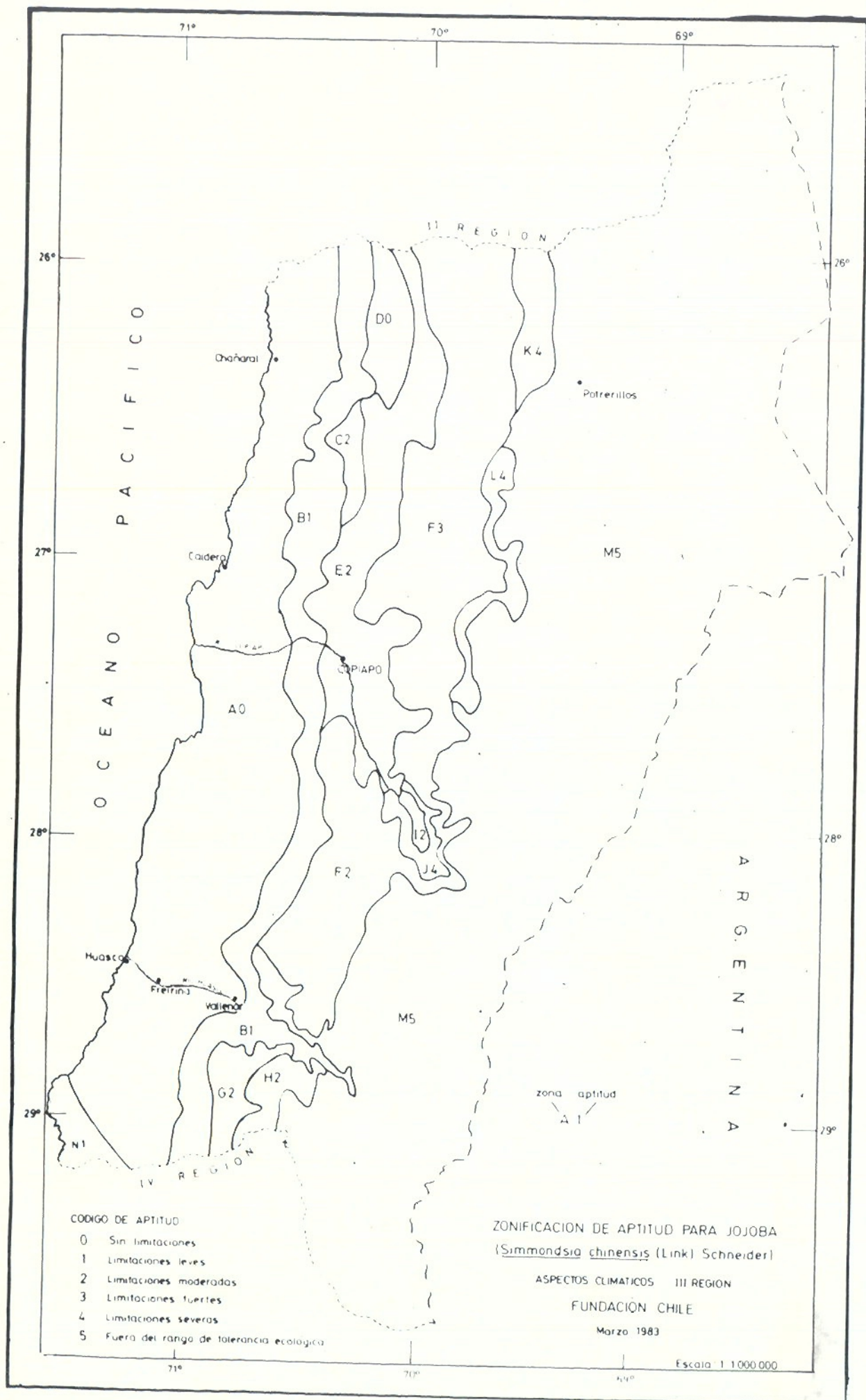
AREA	CODIGO APTITUD	Temp. Máx. (° C)	Temp. Min. (° C)	Suma Temp. (ds/gr/año)	Período libre de helada (ds)	Radiación Solar (ly/día)
A	0	23 a 30	4 a 12	1.500 a 3.100	360 a 365	395 a 525
B	1	29	3	2.500	305	490
C	2	30	0	2.400	305	505
D	4	21	3	900	365	480
E	2	23	4	1.300	360	515
F	2	23	5	1.800	275	475
G	3	25	3	1.000	365	475
H	5	10 a 12	-10 a 3	0 a 700	0 a 305	465 a 510



CUADRO 3.3 CARACTERISTICAS AGROCLIMATICAS DE LAS AREAS DE APTITUD

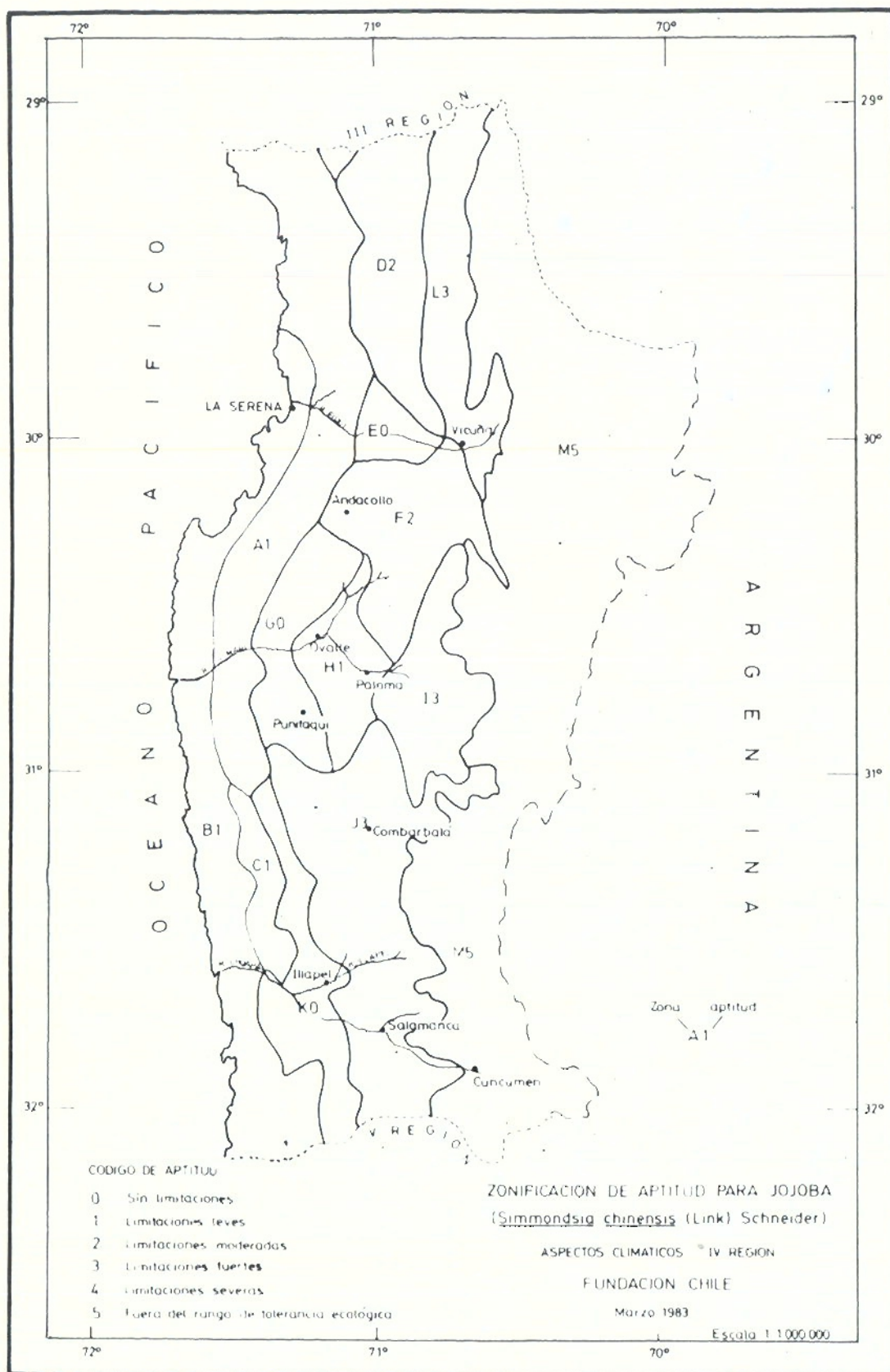
DEFINIDAS EN LA III REGION

AREA	CODIGO APTITUD	Temp. Máx. (° C)	Temp. Mín. (° C)	Suma Temp. (Ds/gr/año)	Período libre de helada(ds)	Radiación Solar (ly/día)
A	0	22 a 26	6 a 8	1.527 a 2.269	365	400 a 445
B	1	28	5	2.520	305	400
C	2	29	4	2.289	244	440
D	0	28	5	2.503	336	460
E	2	30	4	2.421 a 2.541	275	440 a 460
F	2	28 a 29	3	2.102 a 2.331	244	490
G	2	29	4	2.289	244	440
H	2	29	3	2.331	244	490
I	2	30	5	2.637	214	470
J	4	29	3	2.303	214	490
K	4	26	2	1.012	244	520
L	4	27	2	1.729	214	500
M	5	18 a 28	-1 a -3	165 a 1.824	30 a 305	500 a 530
N	1	20,5-24,0	6,0-6,9	1.502-1.645	355-365	349-374



CUADRO 3.4 CARACTERISTICAS AGROCLIMATICAS DE LAS AREAS DE APTITUD
DEFINIDAS EN LA IV REGION

AREA	CODIGO APTITUD	Temp. Máx. (° C)	Temp. Min. (° C)	Suma Temp. (ds/gr/año)	Período libre de helada (ds)	Radiación Solar (ly/ día)
A	1	20,5 - 24,0	6,0 - 9,0	1.502 - 1.645	355 - 365	349 - 374
B	1	21,0 - 24,5	6,5 - 8,5	1.354 - 1.430	350 a 365	343 a 365
C	1	27,0	4,5	1.788	320	381
D	2	26,5 - 27,5	4,5 - 6,0	1.716 - 1.840	290	392 a 393
E	0	26,0 - 26,5	6,0 - 7,5	1.772 - 1.840	335 a 350	387 a 403
F	2	27,5 - 28,5	4,5	1.840 - 1.909	275 a 290	392 a 424
G	0	26,3	7,5	1.840	350	382
H	1	28,5	5,5	1.909	320	432
I	3	31	3,5	1.840	230	440
J	3	28,5 - 29,5	4,0 - 4,5	1.772 - 1.909	195 a 250	448 a 413
K	0	28,0	5,0	1.704	335	394
L	3	26,5 - 27,5	4,5 - 6,0	1.716 - 1.840	290	392 a 393
M	5	25,5 - 28,0	- 5 - 2	450 - 1.909	0 a 120	448 a 491



- 0 - sin limitaciones
- 1 - con limitaciones leves
- 2 - con limitaciones moderadas
- 3 - con limitaciones fuertes
- 4 - con limitaciones severas
- 5 - fuera del rango de tolerancia

Las características climáticas de cada una de estas zonas se presentan en los cuadros Nº 3.2, 3.3 y 3.4 a continuación.

El análisis de aptitud climática da los siguientes resultados generales:

- En las tres regiones hay áreas climáticas óptimas para el cultivo de la jojoba.
- En ninguna de estas áreas existe una precipitación suficiente para una producción comercial de jojoba.
- En las zonas de precordillera, cordillera y altiplano las limitaciones son el período libre de heladas, las temperaturas mínimas del mes más frío y la suma de temperaturas.
- Las temperaturas máximas del mes más cálido no son limitantes en ninguna zona.
- La radiación solar es aparentemente una limitante sólo en el sector costero de la IV Región.

3.1.1 Caracterización edáfica de la jojoba y aptitud de las zonas.

Una vez determinadas las zonas aptas desde el punto de vista climatológico se procedió a analizar los suelos en estas zonas, en base a información secundaria disponible, para determinar su aptitud para el cultivo de la jojoba.

El estudio de suelo se circunscribió a los valles bajo riego, ya que sólo para estos lugares existen estudios edafológicos. No hay información secundaria disponible sobre los suelos que no están en los valles o cajas de río; por eso, en estos casos sólo se mencionan como áreas posibles para el cultivo de la jojoba, pendientes de su análisis edafológico.

Los requerimientos edáficos de la jojoba y sus grados de tolerancia se caracterizaron como se expresa en el cuadro nº 3.5.

Estos requerimientos se contrastaron con la información de suelos de los valles de cada región, que se obtuvo de diversos estudios de: IREN CORFO, Ministerio de Agricultura, Comisión Nacional de Riego, Servicio Agrícola y Ganadero y CORFO.

La información de suelos se codificó en fichas especiales para cada valle y cada serie de suelos considerando origen, superficie, pendiente, profundidades, textura, drenaje, nivel

CUADRO Nº 3.5 REQUERIMIENTOS EDAFICOS DE LA JOJORA E INTERVALOS DE TOLERANCIA

Parámetros	0 1 2 3 4 5				
	Ninguna	Leves	Moderados	Fuertes	Severas Inaceptada
Acidez PH	7	7-5	5-4,5	4,5-4	4-3,5 3,5
Alcalinidad PH	7-8	8-8,5	8,5-9	9-9,5	9,5-10 10 y mayor
Textura*	F,G	H,E	I,D	C	B A
Drenaje	Bueno	Excesivo	Moderado	Imperfecto	Pobre Muy Pobre
Conductividad Eléctrica	0,15	15-23	23-32	32-40	40-50 50 y más
Profundidad	Muy Profundo	Profundo	Mediano	Delgado	Muy Extremadamente Delgado

* Código de Texturas:

- F - Franco, franco arenoso, franco limoso. G - Areno franco, arenoso fino y muy fino.
H - Arenas medias y gruesas. E - Franco arcillo arenoso, limoso.
I - Gravas y pedregullas con matriz de suelo superior al 30%.
D - Franco arcillo limoso, franco arcilloso.
C - Arcillo arenoso, arcillo limoso
B - Arcilla poco densa
A - Arcilla densa.

CUADRO Nº 3.6 SUPERFICIES APTAS PARA EL CULTIVO DE JOJOBA EN LA PRIMERA
REGION POR AREA, SEGUN GRADO DE APTITUD

AREA	(hectáreas)		TOTAL
	LIMITANTES *		
	<u>De Suelo</u>		
	NINGUNA	MODERADAS	
Valle Lluta	1.435	817	2.252
Valle Azapa	2.301	449	2.750
Valle Camarones	589	128	717
TOTAL	4.325	1.394	5.719

* Las áreas consideradas en la 1ª Región no tienen limitantes de clima.

freático, salinidad y reacción. Posteriormente se asignó un puntaje a cada ficha de acuerdo al grado de limitación que representa cada uno de los parámetros considerados en los requerimientos de la jojoba (cuadro nº 3.5).

Con los puntajes obtenidos para cada ficha se determinaron en los mapas las siguientes categorías de aptitud edáfica para la jojoba:

Sin limitaciones y limitaciones leves

Comprende todas las series de suelo en que la combinación de todos los factores limitantes no suman más de cinco puntos, de acuerdo al puntaje de intervalos de tolerancia del cuadro nº 3.5.

Limitaciones moderadas

Comprende las series de suelo en los que la combinación de todos los factores limitantes suman más de 5 puntos. Estas zonas no permitirían el desarrollo óptimo del cultivo de la jojoba; sin embargo no deben descartarse como potenciales ya que pruebas de adaptación o tecnologías especiales podrían hacer que el cultivo fuere de interés en el futuro.

Limitaciones fuertes

Se incluyen aquí las series de suelos que tienen características que no hacen viable un cultivo de jojoba con alta productividad.

Finalmente, se elaboraron mapas con las áreas con aptitud climatológica y edafológica, y se dimensionaron sus superficies con un digitador electrónico, determinador de área, LI-COR.

3.2 Zonas aptas para el cultivo de la jojoba

A continuación se presenta la información sobre las zonas aptas identificadas y mapas para cada una de estas áreas. Estos mapas distinguen la aptitud edáfica para la jojoba en las zonas con aptitud climática y con fuentes de provisión de agua segura.

3.2.1 Primera Región

En la primera Región se identificaron áreas aptas en los valles de Lluta, Azapa y Camarones. Las superficies de estas áreas según grado de aptitud se presenta en el cuadro Nº 3.6

Las principales limitantes de suelo en estas áreas son las siguientes:

Valle de Lluta: drenaje, profundidad y textura.
Valle de Azapa: profundidad, textura y alcalinidad.
Valle de Camarones: drenaje, textura y profundidad.

Aspectos hidrológicos

Las áreas consideradas son susceptibles de regarse con aguas de los ríos, aunque con modificaciones en ciertos casos.

El río Lluta tiene un caudal medio de $2,22 \text{ m}^3/\text{seg.}$ a $2.0 \text{ m}^3/\text{seg.}$, que estacionalmente se eleva a $11 \text{ m}^3/\text{seg.}$ (Dic. a Marzo). De acuerdo a estudios realizados, la superficie bajo cultivo actual, que es de 1700 ha, podría ampliarse 3000 ha con un 80% de seguridad en el riego, con la construcción de un tranque. La calidad de las aguas del río Lluta son aparentemente limitantes, con alto contenido de sodio, un ph de 7,5 a 8,3, una conductividad de 2500 a 2800 microohmios/cm, y niveles de cloro y sulfatos que ocasionalmente sobrepasa los límites exigidos. Este problema podría ser resuelto mediante la desviación del río Caquena hacia el río Lluta y una programación del uso de la Laguna de Mizitumí, según propuesta de Niemayer (2).

El río Azapa o San José tiene un caudal muy reducido que actualmente es escaso para la superficie cultivada. El caudal del río podría aumentarse con obras para nuevas captaciones en el Altiplano, que podrían aumentar la superficie bajo cultivo de 2.850 há a unas 4.000 há (1)

El Valle de Camarones cuenta con un escaso caudal de agua que permite cultivar una parte de las 260 ha actualmente habilitadas. La construcción de canales y pozos permitiría alcanzar a unas 1.000 há bajo riego.

La 1ª Región cuenta además con 488 pozos profundos que varían en sus gastos de 25 a 150 lt/seg.

Además de las zonas aptas mencionadas, la jojoba podría cultivarse en algunos lugares de la Pampa del Tamarugal que estén libres de heladas y tengan suelos aptos, ya que en su mayor parte cuenta con aguas subterráneas no muy profundas.

No fue posible determinar zonas aptas en la Pampa del Tamarugal, ya que no se dispone de estudios de suelos. Sin embargo, hay dos limitaciones importantes:

- altos niveles de salinidad en el suelo y en algunos sectores en sus aguas.

- Es muy difícil obtener mercedes de explotación de aguas subterráneas, debido a que no se dispone de estudios concluyentes sobre la recarga de las napas de la Pampa del Tamarugal.

La segunda Región se descartó en el análisis preliminar debido a sus severas limitaciones de los recursos de agua renovables (ver anexo I).

3.2.2 Tercera Región

En la Tercera Región se identificaron áreas aptas en los valles de Copiapó y Huasco. Las superficies incluidas según área de aptitud, se presentan en el Cuadro Nº 3.7

Las principales limitantes de suelo son las siguientes:

Valle de Copiapó: drenaje y textura

Valle del Huasco: penetración radicular, drenaje y reacción.

Aspectos hidrológicos

El gasto medio del río Copiapó fluctúa entre $4,6 \text{ m}^3/\text{s}$ en Febrero y $3,0 \text{ m}^3/\text{s}$ en Octubre; con un gasto medio mensual, bastante constante, que en promedio es de $3,7 \text{ m}^3/\text{s}$. En años secos el agua es escasa, aunque permite el cultivo de unas 5,100 has (3). La dotación de agua del valle permitiría el cultivo de la jojoba, en sustitución de superficies actualmente cultivadas con baja eficiencia de riego.

El río Huasco, que nace en La Junta, de la confluencia de los ríos El Tránsito y El Carmen, tiene un gasto medio anual de $6,7 \text{ m}^3/\text{s}$, con fluctuaciones medias mensuales que oscilan entre $3,8 \text{ m}^3/\text{s}$ y $7,4 \text{ m}^3/\text{s}$. Esta dotación permite regar en la actualidad unas 5.500 ha. Se ha estudiado un proyecto de construcción de un embalse en la parte alta del río, que permitiría mejorar el riego del valle y ampliar en unas 6.000 ha la superficie regada (5).

La Tercera Región cuenta además con 229 pozos, que en el valle de Copiapó tienen un gasto promedio de 80 l/s y en el valle de Huasco 35 l/s, en ambos casos con buena calidad de agua.

En relación a la calidad de las aguas, el río Copiapó contiene altos niveles de sulfatos y boro, y existe un peligro de alcalinidad y un riesgo de salinización.

Además de las zonas aptas ya mencionadas, en la Tercera Región existen otras áreas que en cuanto a requerimientos climatológicos

CUADRO Nº 3.7 SUPERFICIES APTAS PARA EL CULTIVO DE LA JOJOBA EN LA TERCERA
REGION POR AREA Y GRADO DE APTITUD

AREAS	(hectáreas)					
	LIMITANTES					
	SUELO: Ninguna		clima	Suelo: Moderadas		
	<u>ninguna</u>	<u>leve</u>		<u>moderada</u>	<u>leve</u>	<u>moderada</u>
Valle Copiapó	450	610	985	793	1.283	1.638
Valle Huasco	8.000			3.165		11.165
TOTALES	8.450	610	985	3.958	1.283	16.924

son aptas para el cultivo sin limitaciones:
Hacienda Castilla 300 ha. aproximadamente
Pampa de Algarrobal 7500 a 10000 ha.

Ambas áreas no tienen agua superficial; en Castilla hay pozos en operación y en Algarrobal habrían napas freáticas a una profundidad de unos 40 mts., según algunas fuentes. No se obtuvieron estudios de suelos disponibles para analizar la aptitud edáfica de estas áreas.

3.2.3 Cuarta Región

En la cuarta región se identificaron zonas aptas en los Valles de Elqui, Limarí y Choapa. El cuadro N° 3 muestra las superficies de estas áreas de acuerdo a su aptitud edáfica y climatológica.

Las principales limitantes de suelo en estos valles son las siguientes:

Elqui: profundidad, textura y drenaje.

Limarí: penetración radicular (tertreles calcáreos y silíceos).

Choapa: profundidad, textura, drenaje y pH.

Aspectos hidrológicos

El río Elqui, formado por los ríos Claro y Turbio, tiene a la altura de Rivadavia un gasto medio mínimo de 10 m³/s en Agosto y 14 m³/s como máximo en Diciembre. Cuenta con un tranque de 40 millones de m³ de capacidad. Esto permite regar unas 15.700 ha en años normales, lo que representa la entrada total de agua a esta cuenca. En años húmedos la disponibilidad de agua se eleva un 57%, lo que permitiría regar las 24.300 ha que hay bajo canal. En años secos la disponibilidad de agua puede bajar un 40% del normal, con la consecuente reducción de la superficie cultivada. Estudios de Naciones Unidas (1980) indican que las características hidrológicas del Valle permitirían extraer abundantes cantidades de aguas subterráneas a poca profundidad en muchos sectores.

Existen actualmente 19 pozos con un gasto medio cercano a los 7 l/s.

La calidad de las aguas es aceptable, salvo en algunos casos como la alta salinidad a la altura de La Serena y en ocasiones hay exceso de boro y arsénico.

El río Limarí cuenta con un gasto medio de 9 m³/s. Esta cuenca tiene tres tranques, Paloma, Cogotí y Recoleta que tienen una capacidad de 1.010 millones de m³, que dejan bajo riego seguro de canal a unas 56.000 ha. Actualmente se cultivan con riego unas 40.000 ha.

CUADRO Nº 3.8 SUPERFICIES APTAS PARA EL CULTIVO DE LA JOJONA EN LA CUARTA REGION, POR AREA, SEGUN GRADO DE APTITUD

AREA	(hectáreas)						TOTAL		
	LIMITACIONES								
	Clima	Suelo Ninguna		Clima	Suelo Moderada				
Ninguna		Leve	Moderada		Ninguna	Leve	Moderada		
Valle del Elqui		1.146	18.776			435	8.448	1.126	29.931
Valle Limari		1.075	6.141			3.365	18.813		29.394
Valle Choapa		818				533	443		1.794
TOTAL		3.039	24.917			4.333	27.704	1.126	61.119

Además hay, disponibilidad de aguas subterráneas en grandes cantidades entre Ovalle y Salada, así como en otros lugares. Existen 102 pozos profundos con un gasto medio de 10 l/s.

La calidad de las aguas es aceptable (pH y salinidad), salvo en algunos lugares donde se necesitarían métodos cuidadosos de manejo para evitar la salinización.

En conclusión, desde el punto de vista hidrológico el cultivo de la jojoba se podría extender a grandes superficies.

El río Choapa tiene un gasto de 10 m³/s al salir de la cordillera; este aumenta a 27 m³/s después de recibir las aguas del río Illapel. El sistema de canales del río Choapa deja 22.000 ha bajo riego; de estas unas 12.000 están cultivadas con riego en la actualidad.

En esta hoya hay 23 pozos con un gasto medio de 10.5 l/s, aunque con aguas de regular calidad en algunos de ellos. El agua superficial en cambio, no tiene limitaciones para los cultivos.

3.3

Conclusiones

El análisis de aptitud climatológica y edafológica para la jojoba de la I, III y IV regiones mostró que existe una gran cantidad de superficie con potencial, como lo refleja el Cuadro N° 3.9 a continuación:

CUADRO 3.9 SUPERFICIES CON MAYOR APTITUD PARA LA JOJOBA

(Hectáreas)

	<u>Sin limitaciones</u>	<u>Con limitaciones leves de clima</u>	<u>TOTAL</u>
I Región	4.325	-	4.325
III Región	8.450	610	9.060
IV Región	<u>3.039</u>	<u>24.917</u>	<u>27.956</u>
	15.814	25.527	41.341

El análisis de la calidad y cantidad de agua disponible lleva a las siguientes conclusiones que se presentan por Región.

3.3.1 Primera Región

Existen 4.325 ha aptas para jojoba. Como la disponibilidad de agua adecuada se usa completamente, en el corto y mediano plazo se podría cultivar la jojoba con nuevos pozos o a expensas de una reducción en otros cultivos. Los principales actualmente regados son frutales, alfalfa, maíz, choclo y hortalizas.

En el largo plazo, la disponibilidad de agua podría aumentarse, con pozos y varias obras de infraestructura de riego, para regar unas 3.200 has adicionales en los tres valles analizados.

3.3.2 Tercera Región

Existen 9.060 has aptas para jojoba. Las disponibilidades de agua superficial no permiten aumentar las superficies bajo cultivo en los Valles de Copiapó y Huasco, por lo que las plantaciones de jojoba se harían con pozos nuevos o a expensas de otros cultivos. Los principales en la actualidad son uvas, frutales, hortalizas, que ocupan 5.700 has de las 10.600 has regadas actualmente. El resto de la superficie regada se utiliza en cultivos tradicionales y empastadas.

La realización de proyectos de mejoramiento y ampliación de la infraestructura de riego permitiría en el largo plazo regar más de 6.000 has adicionales.

3.3.3 Cuarta Región

Valle del Elqui

Existen 19.922 ha aptas para jojoba. No existen excedentes de agua superficial en años normales, por lo que el cultivo de la jojoba se haría a expensas de otros cultivos. Hay muchas zonas con agua subterránea abundante de calidad buena.

Valle de Limarí

Existen 7.216 has aptas para la jojoba. En este valle hay recursos de agua superficial y tierra arable que casi no están siendo utilizados (alrededor de 16.000 has). Además hay amplias posibilidades de obtener aguas de pozo profundo.

Valle de Choapa

En este valle hay 818 has aptas para jojoba y existe agua superficial más que suficiente para ampliar la superficie bajo riego a este hectareaje.

En resumen, las zonas aptas de mayor interés para el cultivo de la jojoba serían las siguientes, en orden de prioridad:

	<u>Con aguas y tierras suficientes</u>	<u>Con aguas y tierras a expensas de otros cultivos</u>
	<u>hectáreas</u>	
Valle de Limarí	7.216	
Valle de Elquí		19.922
Valle de Huasco		8.000
Valle de Choapa	818	
Valle de Copiapó		1.060
Calle de Camarones		589
Valle de Azapa		2.301
Valle de Lluta		<u>1.435</u>
	8.034	33.307

Adicionalmente, la jojoba podría cultivarse en amplias extensiones de algunos sectores de la Pampa del Tamarugal, de la Pampa de Algarrobal y los llanos de Punitaqui, si los análisis de suelos y aguas fueran positivos.

REFERENCIAS

1. Edmundo Acevedo, Desarrollo del Desierto, 4 volúmenes, Fundación Chile, Julio 1978.
2. Niemayer, H., Informe preliminar sobre el tranque del río Lluta, Dirección de Riego, 1968.
3. Intendencia Regional, Plan Regional de Desarrollo 1982 - 1989, Sectores Productivos, I, II, III y IV Regiones, ODEPLAN-SERPLAC, 1982.
4. CICA-HIDROCONSULT, "Estudio agrológico del Valle del Huasco", preparado para Comisión Nacional de Riego, 1980.
5. Comisión Nacional de Riego, Estudio integral del Valle del Huasco, CEDEC, 1982.

ANEXO I

EL POTENCIAL DE LA II REGION

El análisis preliminar de la II Región llevó a descartarla íntegramente como zona potencial para el cultivo de la jojoba debido a sus limitaciones hídricas.

Una serie de estudios respaldan esta conclusión. El más completo de ellos, realizado por el proyecto PNUD CHI/69/535 que investigó los recursos hidráulicos del Norte Grande entre 1969 y 1976, concluye que los recursos renovables de agua son muy limitados en relación a la demanda y podrían agotarse completamente en los próximos 30 años.

La demanda total de agua de esta región aumentará de $5,23 \text{ m}^3/\text{s}$ (1977) a $8,98 \text{ m}^3/\text{s}$ en el año 2005. El total de agua renovable sólo alcanza a $9,1 \text{ m}^3/\text{s}$.

Actualmente un 53% de la demanda total de agua de la región se utiliza en agricultura para la producción de alrededor de 2000 ha, con muy baja productividad, en cultivos como maíz, alfalfa, trigo y hortalizas.

Estudios anteriores indican que en esta Región sólo habrían alrededor de 3000 a 4000 has de suelos con potencial agrícola. Alrededor de un 30% a un 40% de ellos tienen mal drenaje, por lo que no serían aptos para jojoba. Además es irracional aumentar la utilización de agua para la agricultura, que ya utiliza una parte muy importante del agua disponible.

En conclusión, no es aconsejable pensar en el desarrollo de la jojoba en la II Región en la superficie agrícola que pudiera ser apta, ya que en el futuro, el agua para la agricultura deberá competir con usos mucho más prioritarios y rentables como son el municipal, minero e industrial.

Fuentes:

1. Edmundo Acevedo, "Desarrollo del Desierto". Preparado para Fundación Chile, Vol. I, Julio 1978.
2. Harza Engineering Co., Desarrollo de los Recursos de Agua en el Norte Grande de Chile, Proyecto PNUD CHI 69/535, Julio 1978.

4. TIPOS DE PLANTACIONES DE JOJOBA

En base a un reconocimiento general de las principales zonas aptas indicadas en el capítulo anterior, se determinaron otros tipos de limitaciones, existentes para el cultivo de la jojoba, tales como: disponibilidad de mano de obra, infraestructura, capacidad financiera, etc. Estos factores deben considerarse para definir el tipo de tecnología adecuada para cultivar jojoba en cada zona apta.

A partir de estas restricciones se vislumbran tres tipos de plantaciones de jojoba posibles:

4.1 Pequeñas plantaciones en los valles

En pequeñas explotaciones (menos de 20 há) en los valles que están produciendo otros cultivos, y que cuentan con una dotación de agua de canal adecuada para producir jojoba en una parte del predio (1 a 10 há). Estas explotaciones contarían con mano de obra abundante, del predio y de otros cercanos, podrían además conseguir maquinaria arrendada para la preparación y labranza de la tierra. Sus disponibilidades de capital de inversión o garantías son escasas, por lo que debería lograrse un flujo de caja muy favorable, mediante la asociación con otros cultivos de ciclo corto.

En estos casos el tipo de plantación podría ser el siguiente:

Siembra: por semilla

Posibilidad de cultivo intercalado: melón, pimiento, ají, ajo, porotos verdes, alcachofa y cebolla.

Sistema de riego: por surco
micronivelación necesaria.

Labranza: con tractor y tracción animal, intensiva en mano de obra, durante los primeros 5 años.

Distancia de plantación: 3 a 4 metros entre hileras, dependiendo del o los cultivos intercalados que se seleccionen.

Cosecha: manual

4.2 Plantaciones de mediana y gran escala en los valles

Predios de gran escala en los valles, (de cientos de hectáreas), pueden realizar plantaciones de 25 a 100 o más hectáreas de jojoba, ocupando una parte del predio. Estos predios cuentan con agua de riego de canal, pero la dotación sería insuficiente para regar completamente la jojoba, por lo que debería complementarse con agua de pozo. La mano de obra sería suficiente. Generalmente, se contaría con conexión eléctrica para operar bombas de pozo profundo.

Las posibilidades de disponer de capital de operación y garantías serían mayores que en el caso anterior.

En estos casos el tipo de plantación sería el siguiente:

Siembra: por semilla o planta

Cultivo intercalado: no habría

Riego: por surco o goteo, de agua de pozo, complementada con agua de canal.

Labranza: completamente mecanizada, uso de herbicidas.

Distancia de plantación: 3,5 metros entre hileras, 0,5 m sobre la hilera, si se planta, ó 0,20 - 0,25 mt si se siembra.

Cosecha: manual, o mecanizada si se cuenta con 100 o más há.

4.3 Plantaciones de gran escala especializadas fuera de los valles

Serían plantaciones de más de 100 há en tierras no explotadas actualmente, o abandonadas y sin dotación de agua superficial. Generalmente estas plantaciones estarían lejos de centros poblados, por lo que la mano de obra sería escasa y no habría red de energía eléctrica cercana. Este caso sería el de grandes pampas o llanuras con napas de agua subterránea (Tamarugal, Algarrobal y otras).

Siembra: semilla o planta.

Sin cultivo intercalado.

Riego por surco o goteo, de agua de pozo.

Labranza: completamente mecanizada, con uso de herbicidas.

Distancia de plantación: alrededor de 3,5 metros entre hileras y 0,5 metros sobre la hilera, cuando hay plantación, ó 0,20 cuando hay siembra directa.

Cosecha: completamente mecanizada.

5. PERSPECTIVAS DEL MERCADO MUNDIAL DE ACEITE DE JOJOBA A LARGO PLAZO

Cualquier proyección económica a largo plazo es una tarea compleja que debe considerar muchos factores que difícilmente se puede saber con certeza como evolucionarán en el futuro. Esto es más difícil aún en el caso del mercado del aceite de jojoba, que es un mercado en formación, por lo que la escasa información sobre su historia nos dice poco sobre lo que pueda ocurrir en el futuro.

Aún así, con todas estas limitaciones, este estudio trata de vislumbrar lo que puede ocurrir con los volúmenes demandados y los precios en este mercado, utilizando para ello la mayor cantidad de información que fue posible conseguir en las fuentes más avanzadas en este tema en todo el mundo. No se puede pretender que los resultados de las estimaciones nos de algo más que la dirección de los cambios y su orden de magnitud. Aún así esta información es de gran valor para evitar grandes errores al analizar el potencial económico de este cultivo en el país.

5.1 Producción de jojoba y proyecciones

La proyección de la producción potencial de jojoba, se basará en información sobre la superficie de este cultivo en el mundo y su posible evolución; y en los rendimientos que aparecen como posibles con las experiencias actuales de tipo comercial e investigativo.

5.1.1 Superficie Cultivada y Proyecciones

La jojoba se mantuvo a nivel experimental hasta los años 1976 a 1978 cuando comenzaron a hacerse las primeras plantaciones comerciales en el mundo. En los años 1980 a 1982 se incrementaron significativamente las áreas sembradas, estimuladas por varios factores; lo más importantes fueron los siguientes:

En Estados Unidos y México:

- la expansión continua, con grandes extensiones y capitales, de las plantaciones de jojoba de las empresas pioneras;
- el aparente éxito tecnológico logrado por algunos en el establecimiento de plantaciones grandes y pequeñas.
- el aumento continuado en los precios del aceite de jojoba que llegó a niveles superiores de los US\$ 200 por galón.
- la continuación de beneficios tributarios en los EE. UU.

En otros países:

- la conclusión de pruebas locales experimentales de adaptación y el establecimiento de las primeras plantaciones comerciales.
- los altos precios.
- el conocimiento del auge en las plantaciones en los EE. UU.
- la incipiente difusión de conocimientos tecnológicos sobre la jojoba y sus usos.

Las plantaciones comerciales de jojoba en EE. UU., de acuerdo a un reciente estudio de la Asociación Nacional de Cultivadores de Jojoba de los EE. UU. (1), fueron en cada año las siguientes:

<u>AÑO</u>	<u>SUPERFICIE PLANTADA</u> (hás)	<u>TOTAL ACUMULADO**</u> (hás)
1978	129	129
1979	881	1.010
1980	1.694	2.704
1981	2.908	5.612
1982	3.219	8.831
1983 *	7.408	

* intenciones de plantación

** No se incluyen 2081 há plantadas para las cuales no se tuvo información de su fecha de siembra.

Sobre la base de información recientemente obtenida se estima que la superficie plantada de jojoba con fines comerciales en el mundo llegó en 1982 a 15.412 hás. Ver cuadro 5.1

CUADRO Nº 5.1

PLANTACIONES DE JOJOBA EL MUNDO-1982

<u>PAIS</u>	<u>HECTAREAS</u>
EE. UU.	10.912
México	1.000
Australia	1.000
Costa Rica	1.490
Israel	90
Chile	110
Argentina	60
Otros *	750
	<u>15.412</u>

* Incluye Brasil, Paraguay, Kenya, Sudán, Sud Africa.

Fuentes: Jojoba Growers Association-Survey 1982, Ing. Manuel Puebla, Kenneth P. Rotman, Rancho San Rafael S.A., Ing. Ricardo Ayerza y otros informantes calificados.

La mayor parte de esta superficie plantada en el mundo, aún no produce semilla, salvo pequeñas extensiones en México y EE. UU. que lo hicieron en 1982.

Para proyectar la superficie plantada de jojoba en el mundo, se analizó el ritmo de plantaciones que ha existido en diferentes países junto con opiniones recogidas sobre la superficie potencial en algunos de ellos y planes de largo plazo existentes para nuevas plantaciones en México. Se analizaron además estudios que proyectan la producción mundial de aceite de jojoba.

Esta información permite suponer que en los países "iniciadores" en conjunto, (EE. UU., Australia, México, Costa Rica e Israel, que representan el 95% de la superficie plantada actualmente), las plantaciones nuevas, hasta 1985/86, seguirán un ritmo más o menos igual al que han mostrado en el período 1978-82. Posteriormente habrán aumentos gradualmente menores como respuesta a la caída en los precios del aceite y en la rentabilidad de las plantaciones, llegando a ser pequeños o nulos hacia 1990. Esta disminución de nuevas plantaciones puede ser mayor en EE. UU., ya que después de la cosecha comercial de extensiones grandes de jojoba en 1983-85, es posible que se eliminen los incentivos tributarios.

En los demás países, "seguidores", se supone que habrán aumentos de plantaciones que serían crecientes hasta 1990, para comenzar a decrecer posteriormente.

2) CIANO - México

En diversas pruebas el Ciano ha obtenido rendimientos promedio superiores a 0.5 Kg/planta a los 8 años. Se ha observado gran variabilidad en los rendimientos.

3) Israel

En plantas adultas de diverso origen, utilizadas para experimentación, se registraron en el período 1970-1979 los rendimientos anotados en el Cuadro Nº 5.3.

CUADRO Nº 5.3 RENDIMIENTOS ANUALES DE PLANTAS ADULTAS EN ISRAEL

(Kg. por planta al año)

	<u>Promedio de 9 años</u>	<u>Máximo</u>	<u>Mínimo*</u>
Promedio	0.44	1.04	.075
Las 10 mejores	1.34	3.91	0.195

4) Universidad de California en Riverside

El profesor Yermanos ha registrado rendimientos promedio superiores a 2 Kgs por planta en un stand de 11 años.

5) Brasil

La Universidad del Estado de Ceará ha reportado rendimientos, que aunque son de plantas jóvenes, se incluyen en el informe por ser sorprendentemente altos. Estos son los siguientes:

	<u>Gr. por Planta</u>
A los 31 meses	129
50 meses	322

Se reportó también de una planta con 5 años con una producción de más de 1 kg al año.

* Año 1975 que fue muy seco, con insuficiente agua; hubo otros años con condiciones desfavorables.

6) Jardín botánico de Huntington

Este jardín botánico en California, ha reportado rendimientos de 2,27 Kg por planta en individuos de 12 a 15 años y 14,7 Kg por planta en el rango de 22 a 25 años de edad (Gentry).

Por otra parte, se han reportado arbustos adultos con rendimientos de más de 10 Kg por año.

En conclusión, los rendimientos de plantas experimentales anotados antes, indican que para plantas adultas (de 10 o más años) la producción anual promedio fluctúa entre 0.44 Kg y más de dos Kg. Estos promedios representan el conjunto de diversos orígenes de plantas y tipos de tratamientos a que son sometidos con fines de investigación, y no necesariamente plantas con rendimientos superiores o bajo condiciones extraordinariamente favorables para su producción.

La revisión detallada de los antecedentes de las experiencias anteriores permite afirmar que las plantas superiores del futuro, que se obtendrán por cultivos de tejidos de plantas madres muy bien seleccionadas, podrán tener rendimientos promedios anuales de 3 a 4 Kg por planta, bajo condiciones óptimas de cultivo.

Este desarrollo es bastante probable, ya que en 1982, habían laboratorios en el mundo que estaban iniciando la producción comercial de plantas por cultivo de tejidos.

5.1.2.2 Rendimientos de plantaciones comerciales

Los rendimientos de plantaciones comerciales registrados son muy escasos y algunos quizás de confiabilidad limitada. Esto no es raro, ya que hay muy pocas plantaciones comerciales en el mundo en producción, y además existe un interés por demostrar y exagerar la escasez de semilla de jojoba para incidir en sus precios.

CUADRO N^o 5.4 RENDIMIENTOS REPORTADOS DE PLANTACIONES COMERCIALES

	<u>Extensión há</u>	<u>Kg por há - Años edad</u>		
		<u>3</u>	<u>4</u>	<u>5</u>
N.N. (1) (EE.UU)	65		56	
N.N. (1) (EE.UU.)	580	71*		
M.Laborín (2) (Méx.)	48	6	84	303
F. Loubbert (2) (Méx.)	44			505
Yermanos (3)	2			400

* Tres y medio años de edad, en Hyder, Arizona.

- FUENTES:
- (1) Jojoba Growers Association Survey.
 - (2) Conferencia Sr. M. Laborín, V Conf. Internacional de Jojoba y sus usos, Tucson, Arizona, Oct. 1982 y IV Reunión Internacional de la Jojoba, Hermosilla, Sonora, México, Nov. 1980.
 - (3) Yermanos, "Jojoba - A Crop whose Time has come" op. cit.

Estas primeras plantaciones, hechas en el período pionero 1977 a 1980, no han contado con una base de un material genético seleccionado; tampoco se han hecho con la tecnología que hoy se conoce como más apropiada. Hoy han cambiado algunos factores de la tecnología que eran indicados en su momento, tales como: distancias de plantaciones espaciadas, a veces sin fertilización ni suficiente riego, con inadecuadas prácticas culturales y en lugares impropios.

Por estos motivos se citan los casos de pérdidas completas de plantaciones en extensiones en México y Australia. En México, entre 1979 y 1980 se reportaron más de 120 há perdidas en varios predios por problemas tecnológicos, cuando la extensión total plantada en ese país llegaba a 800 há aproximadamente.

Por estos motivos, los rendimientos esperados en estas plantaciones pioneras, que deben ser alrededor de 5000 há (); no se esperan que sean altos. Estos podrán ser de alrededor de 1 kg por planta adulta.

Conforme pasa el tiempo, con un mejor conocimiento tecnológico y mejores bases de selección genética, se lograrán rendimientos mayores, tal como ha ocurrido con todos los cultivos comerciales.

5.1.3 Producción

Para estimar la producción mundial de semilla de jojoba, se estratificaron las superficies plantadas en cinco distintos períodos. Cada período de plantación tiene rendimientos que son sucesivamente mayores; de esta forma se refleja el avance tecnológico y genético que está ocurriendo en jojoba.

El Cuadro N° 5.5 resume las proyecciones de la producción mundial. Los rendimientos anotados pueden parecer bajos, pero reflejan un supuesto de promedio mundial, que incluye pérdidas y daños en plantaciones por inundaciones, sequía, heladas, errores tecnológicos y muchos otros factores. Por esto, estos valores no deben considerarse como rendimientos posibles de obtener para el análisis de una región o un caso concreto.

CUADRO N° 5.5 PROYECCION DE LA PRODUCCION MUNDIAL DE JOJOBA

Edad Plant.	Superf. ha.	000 tons métricas									
		84		87		90		93		96	
		R	P	R	P	R	P	R	P	R	P
1977-80	4.000	0.6	2.4	1.25	5	1.65	6.6	1.8	7.2	1.8	7.2
1981-83	15.000	-	-	0.5	7.5	1.15	17.25	1.5	22.5	2.0	30.0
1984-86	11.000	-	-	-	-	0.6	6.6	1.4	15.4	2.0	22.0
1987-89	8.000	-	-	-	-	-	-	0.7	5.6	1.6	12.8
1990-92	6.000	-	-	-	-	-	-	-	-	0.8	4.8
Cosecha silvestre		-	0.1	-	-	-	-	-	-	-	-
Total		-	2.5	-	12.5	-	30.45	-	50.7	-	76.8

R = Rendimiento por há en tons.

P = Producción en miles de tons.

La estimación de la producción mundial de aceite de jojoba se resume en el Cuadro N° 5.6. En su cálculo se ha utilizado un rendimiento promedio de 50% de aceite, en peso, y coeficientes tecnológicos de eficiencia de extracción que aumentan desde un 80% hasta un 90%, de acuerdo a estudios sobre las posibilidades actuales y futuras en el procesamiento (2).

CUADRO Nº 5.6 ESTIMACION DE PRODUCCION DE SEMILLA Y ACEITE DE JOJOBA EN EL MUNDO

Años	Semillas miles tons	Aceite miles de tons	Fact. Conversión
1984	2.50	1.00	.400
1987	1.25 12,5	5.13	.410
1990	30.45	12.94	.425
1993	50.70	22.81	.450
1996	76.80	36.48	.475

5.2 Demanda de aceite de jojoba

La demanda potencial de aceite de jojoba se basa en las propiedades intrínsecas de la jojoba, que son notables, y permiten una serie de usos muy diversos a su aceite, en algunos casos con ventajas sobre los productos que se usan en la actualidad.

5.2.1 Propiedades del aceite y sus usos potenciales

5.2.1.1 Propiedades del aceite

El aceite de jojoba está compuesto por cadenas largas de ácidos y alcoholes grasos con doble enlace. Estos enlaces dobles hacen que sea una cera líquida y le confieren una gran flexibilidad de usos potenciales, debido a su reactividad química.

El aceite de jojoba no contiene esteroides de glicéridos, que son los principales constituyentes de otros aceites y grasas animales y vegetales. Es bajo en acidez (menor al 2%), requiere muy poco o ningún refinamiento, no es volátil y no se enrancia. Resiste altas temperaturas, sobre 285° C, sin descomponerse ni perder sus características. Normalmente no se requiere neutralizar este aceite, y su decoloración puede realizarse con técnicas comerciales normales. El aceite de jojoba es soluble en solventes comunes tales como benceno, clorformo y otros compuestos.

Debido a estas excepcionales propiedades, no existe ningún otro aceite natural en uso en el mundo que tenga una composición y unas características similares al de jojoba. Una excepción a esto es el aceite de ballena que tiene la composición similar.

Por todas estas propiedades del aceite de jojoba, se pueden realizar con él muchas reacciones físicas y químicas para obtener ciertos derivados que tienen propiedades diferentes, y pueden encontrarse nuevos usos comercialmente atractivos en el futuro. Las principales reacciones químicas son las siguientes:

1) Isomerización

En presencia de óxidos de nitrógeno y otros compuestos para obtener una textura cremosa de posible aplicación en la industria farmacéutica o cosmética.

2) Hidrogenación

El aceite de jojoba se hidrogena fácilmente, para obtener un semi sólido cremoso que aumenta su suavidad y el punto de fusión, mejorando también el color, el olor y la estabilidad. Como cera hidrogenada tiene una serie de aplicaciones potenciales tales como: cera de pulir, en la fabricación de papel de carbón y de penicilina, para recubrimiento de frutas e impregnar empaques de papel resistentes al calor y también como recubrimiento exterior de velas.

3) Sulfurización

El aceite de jojoba se puede sulfurizar y tiene aplicaciones de gran interés en la industria de lubricantes. Hay extensos estudios sobre esta posibilidad.

4) Reducción alcoholes

El aceite de jojoba ha sido reducido a una mezcla de cadenas largas de alcoholes no saturados, que se piensa podrían tener aplicaciones de interés para nuevas industrias en el futuro.

5) Epoxidación

El aceite de jojoba ha sido epoxidizado dando una estabilidad comparable a la del aceite de soya y es superior a otros epóxidos.

5.2.1.2 Usos del aceite

A continuación se describen brevemente los usos posibles del aceite de jojoba, aunque debe enfatizarse que a la fecha este producto ha sido utilizado con éxito solamente en la industria de la cosmética y en lubricación, con un debido soporte científico. El resto de los usos señalados se basan en apreciaciones sobre posibilidades fundamentadas en sus propiedades y en análisis químicos y físicos realizados; sin embargo, no han sido probados a nivel comercial para poder asegurar su éxito.

1) Aceites de lubricación y aditivos de lubricantes

El aceite de jojoba podría ser usado en la elaboración de aditivos para lubricantes de extrema presión, tales como lubricantes de cajas de cambio, transmisiones automáticas, aceites de corte (cutting oils). Actualmente el aceite de ballena se usa para fabricar estos productos en algunas compañías en países donde no ha sido prohibido. El aceite de jojoba ha sido comparado en extensos y profundos estudios como reemplazante del aceite de ballena en este uso, encontrándose que es igual y en muchos sentidos superior a aquel. (13)

2) Industria del cuero

La producción del cuero de alta calidad requiere la utilización de un lubricante; entre ellos se ha utilizado el aceite de ballena. Debido a la escasez y a la prohibición de su uso, una parte de la industria del cuero tiene grandes dificultades en encontrar un sustituto satisfactorio al aceite de ballena.

3) Cosmética

Es la industria que actualmente absorbe casi toda la producción de jojoba, y es la más promisoría a corto plazo. Se ha utilizado comercialmente con éxito en shampoo, lociones, cremas faciales, y aceites especiales.

4) Otros usos

Como cera hidrogenada tiene un número grande de usos posibles tales como: cera de pulir, fabricación de papel carbón, protección de frutas y otros artículos, envoltorios de papel resistente al calor, velas y otros productos.

También se ha argumentado la posibilidad de usar la jojoba en fabricar penicilina como agente protector. Se ha demostrado también que tiene una acción inhibitoria en el crecimiento de ciertos bacilos, por lo cual tendría aplicaciones en la industria farmacéutica. También se ha demostrado la posibilidad de usarlo como antiespumante en fermentaciones de antibióticos, sustituyendo al aceite de ballena que ha sido usado comercialmente en forma exitosa en la producción de penicilina y otros antibióticos.

5.2.2 Mercados actuales y potenciales

5.2.2.1 Mercados actuales

El mercado actual de aceite de jojoba es bastante reducido, ya que la cosecha se basa en poblaciones silvestres y es muy escasa. La producción total en el mundo de aceite de jojoba en el año 1979 fue de 200 toneladas. En el año 1980 sólo alcanzó a ser de 100 toneladas debido a una baja en la producción de semilla. En 1982 se produjeron alrededor de 200 ton de semillas que se usaron casi en su totalidad en cosmética y fabricación de lubricantes.

5.2.2.2 Mercados potenciales

A continuación se resumen los volúmenes y niveles de precios esperados en los principales mercados potenciales para el aceite de jojoba.

1) Sustitución de ceras:

Se estima que el aceite de jojoba sulfurizado como cera sustituirá entre 5.000 a 10.000 toneladas por año de los mercados de cera de abejas (5.500 tons/año), cera de carnauba (10.000 tons/año), cera de candelilla (2.500 tons/año). En resumen el mercado total de ceras finas que se estima que en el futuro será de alrededor de 20.000 tons/año, sería sustituido en alrededor de un 50% por aceite de jojoba.

2) Sustitución del aceite de ballena

La producción anual de aceite de ballena ha bajado desde 150.000 tons en la mitad de los años 60 hasta 55.000 tons en el año 1977, debido a la prohibición en su producción impuesta en los Estados Unidos y varios otros países desarrollados. Se espera además que su producción y comercio van a continuar disminuyendo en esta década. Consecuentemente se han desarrollado sustitutos para reemplazar al aceite de ballena en una serie de industrias que lo utilizaban; la industria del cuero ha tenido serias dificultades en encontrar sustitutos sintéticos que cumplan con las propiedades del aceite de ballena. Se piensa que cuando el aceite de jojoba tenga precios competitivos con los sustitutos del aceite de ballena, los aceites sintéticos van a tener una gran proporción del mercado y va a ser difícil desplazarlos.

3) Farmacéuticos

El mercado mundial de farmacéuticos es bastante grande, 65.000 millones de dólares en 1979, con un crecimiento de alrededor de un 7% anual. Podría pagar los precios más altos por utilizar el aceite de jojoba. Sin embargo, su uso recién ha comenzado a investigarse y estas investigaciones normalmente demoran muchos años para pasar las pruebas de sanidad que se exigen a los ingredientes en los medicamentos. Se estima por lo anterior que se podrían llegar a utilizar 15.000 tons/año de aceite de jojoba en la industria farmacéutica hacia el año 1995.

4) Cosméticos

Este es otro mercado extraordinariamente grande, superior a 35.000 millones de dólares en los países desarrollados y con un crecimiento en el comercio internacional de alrededor de 13% anual. Se supone que el aceite se utilizaría en shampoo, preparaciones faciales, cosméticos, lápiz labial y otros productos que permitirían al aceite de jojoba llegar a capturar alrededor de un 0,3% del consumo total de cosméticos, lo que representaría alrededor de 10.000 a 12.000 tons/año.

5) Lubricantes

Como se mencionaba antes, la utilización ideal del aceite en este campo es en la fabricación de aditivos de extrema presión. Estos representan alrededor de un 10% de concentrado que se diluye con aceites minerales. El consumo total anual de aditivos de extrema presión llega alrededor de 500.000 tons/año, por lo que el consumo de concentrados activos llega a 50.000 tons/año. Basados en estas cifras se cree que el aceite de jojoba y sus derivados pueden llegar a capturar 20% de este mercado, lo que representaría alrededor de 10.000 tons/año de aceite de jojoba.

6) Otros mercados potenciales

En muchos de sus otros mercados potenciales en los que hay aplicaciones posibles, mencionados antes, tales como insumos en la fabricación de tintas, pinturas, barnices, papel carbón, etc., muchos de los cuales aún no han sido investigados y requieren algunos años antes de asegurar su uso práctico. Se estima que alrededor de 10.000 a 20.000 tons/año podrían llegarse a usar en este campo.

* Esta sección se ha desarrollado en base al estudio de UNIDO (3) y otros informes.

CUADRO Nº 5.7 ESTIMACION DEL MERCADO POTENCIAL DE ACEITE DE JOJOBA

(Tons. de semilla equivalente por año)

<u>Año</u>	<u>Aceite</u>
1985	12.500
1990	100.000
1995	136.842

7) Semilla

El otro mercado, que aunque no incide en el de aceite recién analizado, es el de semilla y tendrá una escasa importancia, fluctuando entre 10 T y 40 T anuales.

5.3 Precios

El nivel de precios futuros en el mercado mundial dependerá del balance entre la demanda potencial y la oferta, del precio de otros productos sustitutivos del aceite de jojoba y la estructura del mercado de aceite.

El Cuadro Nº 5.8 muestra las estimaciones de producción y demanda potencial de aceite de jojoba a 1985, 1990 y 1995.

CUADRO Nº 5.8 ESTIMACIONES DE OFERTA Y DEMANDA DE ACEITE DE JOJOBA A LARGO PLAZO

(Tons de aceite)

<u>ANO</u>	<u>PRODUCC.</u>	<u>DEMANDA</u>	<u>BALANCE</u>
1985	2.600	5.000	- 2.400
1990	12.940	42.500	- 29.560
1995	32.348	65.000	- 32.652

Los balances entre la producción proyectada y la demanda potencial son negativos y crecientes. Esto indica que habrá una tendencia a que los precios se mantengan altos, por sobre su nivel de equilibrio de largo plazo, que debería ser cercano al costo de producción. Estos mayores precios indican también que no toda la demanda potencial llegará a hacerse efectiva en los plazos señalados y algunos de los usos potenciales de la jojoba podrían demorarse algunos años adicionales en concretarse.

Varias autoridades en esta materia señalan un precio de largo plazo de US\$ 1,00 por libra de grano, o sea US\$ 2,2 por kg. (Yermanos, Wright).

Otra indicación aproximada de los niveles de precios posibles para el aceite de jojoba en el futuro son los precios de los produc-

tos y materias primas que sustituirá en distintas industrias, o precios considerados aceptables por ellas. Algunos de estos niveles de precios son los siguientes:

Cosmética:

US\$ 15.6/lt. a corto plazo, según declaraciones de Mitsuo Katoli de Koei Perfumery Co., de Japón como el precio máximo de compra de esta compañía en 1982-83. (6)

Ceras:

US\$ 6,50 a 2,90 por kg para ceras de alta calidad (abejas, candelilla, carnauba).

Lubricación:

Aditivos de lubricantes a US\$ 6,000 a \$ 4,000 por tonelada.

Los niveles de precios en el pasado, que fluctuaron entre US\$ 15 a 20 por litro entre 1978 y 1980 y entre US\$ 30 y más de \$ 60/lt en 1981 y 1982, indican muy poco sobre lo que puede pasar en el futuro. Estos altos precios son el resultado de una demanda de la industria de cosmética sobre una oferta muy escasa y manejada por muy pocas empresas.

La estimación de precios es difícil, y estudios anteriores no han acertado en los niveles de precios estimados. Así, la National Academy of Sciences en 1976, estimaba para una demanda de 120.000 ton/año precios de US\$ 880 a 1,650 por tonelada en el período 1982-1993. Estas estimaciones están muy por debajo del precio actual de US\$ 25,000 por ton, y de los volúmenes transados (4). Algo similar ha ocurrido con otros estudios (5,2) que pronosticaban precios inferiores a los vigentes y cantidades transadas mucho mayores.

Nuestra estimación de precios futuros, que ha considerado los estudios anteriores y otros especialmente contratados (3), es la siguiente:

	<u>US\$/ton de aceite</u>
1985	10,000 - 12,000
1990	6,000 - 9,000
1995	3,000 - 5,000

Esta proyección implica que la industria de cosméticos será casi la única demandante de aceite hasta 1985; hacia 1990 se utilizaría en una parte de la industria de ceras, lubricantes y farmacéutica. Entre 1990 y 1995 se ampliarían los mercados en estas industrias y se generarían nuevos usos.

REFERENCIAS

- (1) Carol Ann Whittaker, "Survey of Jojoba Under Cultivation in the US", Jojoba Growers Association, Oct. 1982.
- (2) UNIDO, "The Jojoba Potential", Vienna, Austria, May 1981.
- (3) Robert Morris, "Marketing Data on the Supply and Demand of Jojoba Oil" Agri Products Marketing Corporation, a report submitted to Fundación Chile, March 1983.
- (4) National Academy of Sciences, "Jojoba: Feasibility for Cultivation on Indian Reservations for the Sonora Desert Region", Commission on Natural Resources, National Research Council, Washington D.C. 1977.
- (5) Miller, W.P., "Markets, Economics and Future Growth of a Jojoba Agro-Industry" - An overview", Proceedings 3rd International Conference on Jojoba, University of California, Riverside, 1978.
- (6) M. Katoli, Fifth International Conference on Jojoba and its Uses, Tucson, Arizona, Oct. 1982.
- (7) Información proporcionada por una gran compañía en el área de combustibles y lubricantes.
- (8) American Entrepreneurs Association. Jojoba. 1981.
- (9) Jaime Wisniack, "Jojoba Oil and Derivatives", Progress in the Chemistry of Fats and Other Lipids, Vol. 15, Nº 3, 1977.
- (10) H. Parra, "Descripción y usos de la Jojoba", Secretaría de Agricultura y Ganadería, Subsecretaría Forestal y Fauna, Mexico 1975.
- (11) National Academy of Sciences, "Products from Jojoba: A Promising New Crop for Arid Lands", office of Chemistry and Chemical Technology, Washington D.C. 1975.
- (12) B. Fitch. H., "First Harvest of Cultivated Plantation Bringing Desert Crop Closer to Widespread Commercial Use". Journal of Oil Chemist's Society, Vo. 60, Nº 1, January 1983.
- (13) Miwa, T.K. y Rothfus J.A., "In-Depth Comparison of Sulfurized Jojoba and Sperm Whale Oils as Extreme Pressure/Extreme Temperature Lubricants", Proceedings, 3rd International Conference on Jojoba, University of California, Riverside, 1978.

6. COSTOS DE PROCESAMIENTO Y TRANSPORTE

6.1 Generalidades del procesamiento

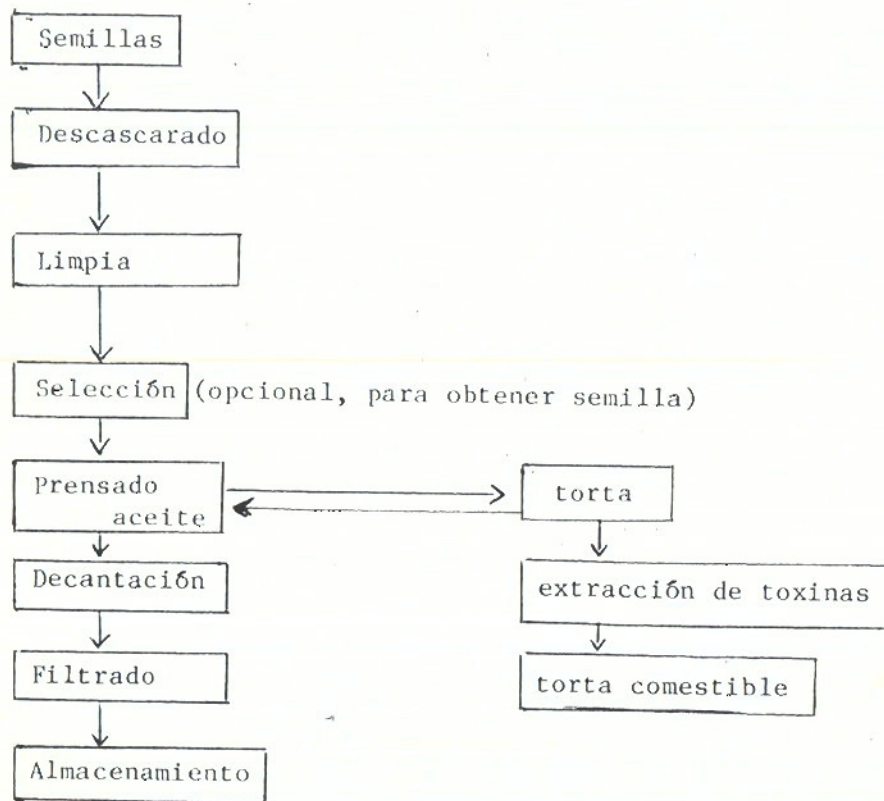
El procesamiento de semilla de jojoba puede hacerse por dos métodos o una combinación de ellos: extracción por presión mecánica o por solventes. Ambos son bien conocidos en la extracción de aceite de semillas de oleaginosas.

La extracción por presión mecánica de aceite de jojoba se realiza en varias plantas de tamaño comercial y semi comercial en USA (2), México (1) e Israel (1). La extracción por solvente en cambio, sólo se ha realizado exitosamente a nivel de laboratorio, ya que no existen disponibilidades de semilla para aplicar este proceso que requiere de mayores escalas de operación.

El procesamiento de la jojoba se describe en diagrama de flujo de la figura 6.1

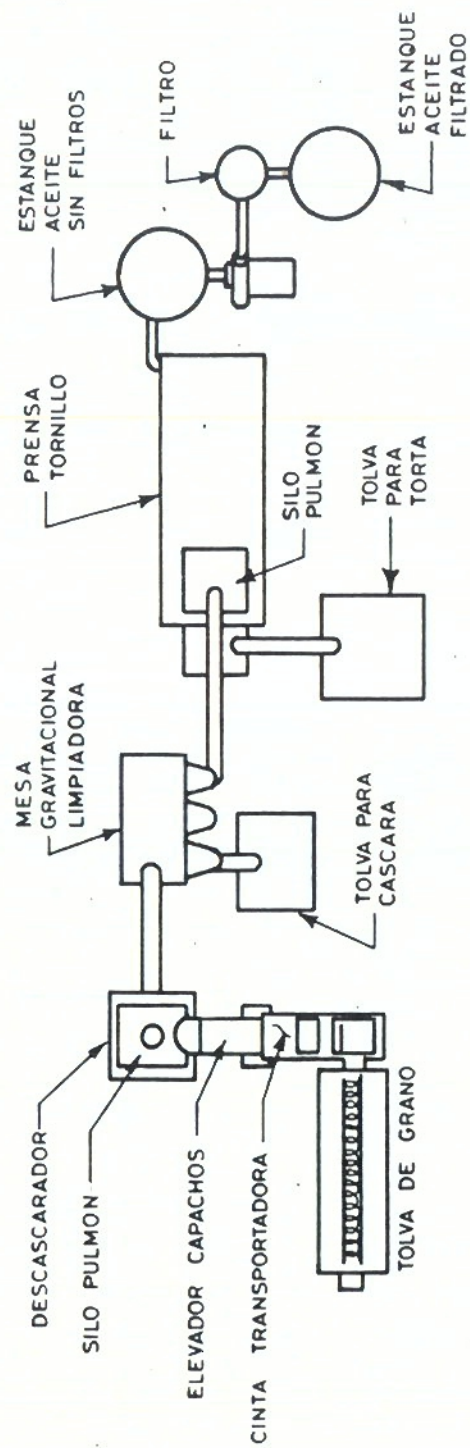
6.1

DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESAMIENTO DE JOJOBA POR PRESION MECANICA*



* Proceso en uso en las plantas actualmente en funcionamiento. En el futuro, cuando haya mayores volúmenes, se prevee una serie de mejoramientos para aumentar el rendimiento como son: calentamiento de la semilla, quebrado y flaking de la semilla, y finalmente, extracción por solventes con hexano, benceno u otros comerciales.

Figura N° 6.2 PROCESAMIENTO DE JOJOBA POR PRESION MECANICA



Los rendimientos obtenidos en el procesamiento del grano en las plantas actualmente en operación, que son pequeñas (2 a 5 ton/día), fluctúan alrededor de un 40% a 42% de aceite en peso,, en prensas expeller. En prensas para aceite de olivas, en batch, con una presión de 7.000 lbs/pulgada², el rendimiento baja a alrededor de 36% en dos pasadas.

Esto representa una eficiencia de extracción de un 80%, ya que el grano de jojoba típicamente tiene alrededor de un 50% de aceite en peso. Esta eficiencia de extracción en el largo plazo debería aumentar hasta alrededor de 95% según opiniones autorizadas, debido al desarrollo tecnológico que es de esperar.

Además del aceite, se obtiene la torta residual del prensado. En las plantas actuales esta tiene alrededor de un 8 a 10% de aceite. Esta torta tiene 29% de proteína y alrededor de 22% de carbohidratos, por lo que podría constituir un buen alimento animal. Contiene unas toxinas de tipo ciano-glucósidos que inhiben el apetito en algunos animales. Estas toxinas se han podido eliminar en experiencias de laboratorio por diferentes medios, obteniéndose un alimento palatable que en pruebas de alimentación ha demostrado buenos resultados.

6.2

Costos de procesamiento

Es necesario hacer una estimación, aunque sea aproximada, de los costos de procesamiento y transporte de jojoba que habrían en el país en el largo plazo, para así poder estimar los precios al agricultor, a partir de los precios del aceite de jojoba en el mercado internacional.

Los costos de procesamiento estarán determinados principalmente por el volumen de operación de la planta procesadora, lo cual dependerá de la producción que pueda haber en el futuro en el país y del número y localización de las plantas.

Es posible procesar jojoba en plantas corrientes de extracción de aceite de varias oleaginosas, con leves adaptaciones a los equipos. Así por ejemplo, De Smet, una de las grandes empresas fabricantes de equipos de extracción de aceite, ya da la opción de ajustar sus diferentes modelos para procesar jojoba.

Los equipos para procesar jojoba pueden ser desde muy pequeños e intensivos en mano de obra a grandes plantas mecanizadas. Los más pequeños pueden procesar de 30 a 50 kgs/hora y tienen un costo de US\$ 7,560 FOB Chicago (S-R mini 40 screw press) o US\$ 4.135 FOB (Cecoco - Japón). Los equipos completos de plantas medianas con capacidad de 3.000 ton/año pueden costar alrededor de US\$ 150.000.

La existencia de varias plantas de extracción de oleoginosas en el Norte y Centro del país que pueden adaptarse para jojoba, asegura una capacidad de procesamiento para la futura producción de este

grano. Esta posibilidad es la más factible, ya que el grano de jojoba no es perecible estando seco, y la calidad del aceite se conserva muy bien en él, aún durante varios años. Por esto las plantas podrían procesar el aceite en épocas del año de baja utilización.

Como referencia, los costos de procesamiento en una planta actualmente en operación en Arizona (Sonora Jojoba Seed Co.), que tiene una capacidad de 3.000 ton/año y un diseño muy similar al de la figura 6.2, llegan a US\$ 0,17 a 0,25 por kilo de aceite, en operación continua (8).

Estimaciones de los costos de procesamiento de aceite de jojoba hechos por ONUDI para plantas especializadas de tamaño mediano (15.000 ton de grano/año), llegan a valores de US\$ 298 por tonelada de aceite en el largo plazo (1). Además se obtendría un ingreso neto de US\$ 90 por tonelada de torta procesada para consumo animal.

En base a los datos de referencia anteriores, se estima que en plantas de extracción de aceite existentes para otros productos, el costo en el país sería de alrededor de US\$ 0,20 a 0,25 por kilo de aceite, en el largo plazo, cuando haya una producción significativa.

6.3

Costos de transporte

Los costos de transporte del grano producido en la IV Región para su procesamiento en plantas en la zona Central, serían de alrededor de \$ 3.125 por ton. Alternativamente, si se procesan en el Norte, III ó IV Región, el costo de transporte sería mucho menor, pudiendo exportarse el aceite desde puertos del Norte.

El costo de procesamiento en plantas de la zona Central debería ser mucho menor que el de plantas en el Norte, debido a su mayor tamaño y posible mayor grado de utilización. Sin embargo, se estima que aún así no compensaría los mayores costos de transporte a la zona central, cuando hubieran volúmenes importantes de producción.

El costo de transporte del aceite de jojoba a los EE. UU., que es un de los mercados futuros de interés para su exportación, es actualmente de US\$ 179 por ton.

6.4 Precios al agricultor

En base a las estimaciones de costos anteriores, el precio al agricultor, bajo supuestos de una comercialización competitiva y no monopsonística, sería el siguiente:

	<u>US\$/ton aceite</u>
Precio internacional de largo plazo	4.000
menos	
Transporte a Estados Unidos	179
Gastos de embarque y otros	15
Costos de procesamiento	225
Flete a planta y puerto	<u>36</u>
	455
SALDO	3.545
Valor implícito de la tonelada de grano puesta en fundo	1.611

REFERENCIAS

1. Unido, The Jojoba Potential. op. cit.
2. National Academy of Sciences, Jojoba Feasibility for Cultivation on Indian Reservations in the Sonoran Desert Region. 1977.
3. Yermanos, D., "Jojoba Wax Extraction and Bleaching", California Agriculture, Oct. 1977.
4. Rawles, L. "Oil Processing at San Carlos". Jojoba Happenings N° 22, March 1978.
5. Jaime Wisniak, "Jojoba Oil and Derivatives", op. cit.
6. J.J. Spadaro and Lamboce "Preparation of Jojoba Products and the Potential Uses", International Conference, University of Arizona, 1972.
7. Medina J. L. y Yeomans H., "Detoxificación de la Pasta de Jojoba", IV Reunión Internacional de la Jojoba, Hermosillo, Sonora, México, 1980.
8. J. Brown, "Extraction of Jojoba Oil Using a Large Press", V Reunión Internacional, op. cit.
9. Verbiscar, A., "Jojoba Meal as a Livestock Feed", V Reunión Internacional, op. cit.

lc: \$75 / 05\$

7. ESTIMACIONES DE COSTOS, INGRESOS Y RENTABILIDAD DE LA JOJOBA

En esta sección se presentan los costos, ingresos y la rentabilidad estimada para los diferentes tipos de plantaciones que se pueden hacer en las zonas aptas para la jojoba, ya descritos en la sección 4 de este informe. Estas estimaciones se basan en: (1) las operaciones a realizar e insumos a utilizar en el cultivo, (2) los precios actuales de los recursos e insumos en las zonas de producción potencial, (3) rendimientos esperados en base a experiencias en el exterior y (4) los precios estimados al agricultor.

Estas estimaciones tienen como finalidad solamente determinar si se justifica una inversión en tecnología en este cultivo. Si la jojoba tiene una rentabilidad superior o igual a otros usos alternativos de la tierra, del agua y otros recursos escasos, tendrá posibilidades de plantarse y convertirse en un rubro de producción de significación, y por ello se justificará la inversión en transferir y adaptar tecnología.

Estas estimaciones no son indicaciones para la decisión sobre una inversión segura, ya que ello requeriría de experiencias significativas de costos de plantaciones y sus rendimientos en las zonas aptas del país y un mercado bien establecido de aceite de jojoba. Como no existe este tipo de información agronómica, se han usado supuestos bien informados y conservadores, basados en experiencias de otros países con condiciones agroclimáticas similares.

7.1 Plantaciones de los valles regados

Se presentan los costos, ingresos y la rentabilidad de tres tipos de plantaciones

- Pequeña escala (0 - 20 há) con riego por surco, agua de canal.
- Pequeña escala asociada con hortalizas, con riego por surco de agua de canal.
- Mediana a gran escala con riego de pozo profundo.

Los precios del producto se han valorado a sus niveles de largo plazo, que de acuerdo a las estimaciones de la sección 6 anterior, deberían ser del orden de US\$ 1,61 por kg de jojoba, puesto en el predio. (\$75 por US\$).

Los rendimientos de grano por há estimados para plantaciones comerciales con buena tecnología, son los siguientes:

<u>Año</u>	<u>Kg/ha</u>
4	100
5	500
6	900
7	1.200
8	1.500
9	1.800
10	2.100
11	2.300
12	2.500

Estos rendimientos son conservadores en relación a experiencias de plantaciones comerciales y mediciones de producción de plantas silvestres. En efecto, estos rendimientos significan una producción por planta femenina de 1,0 kg a los 10 años y 1,3 kg a los 12 años, lo cual es posible de alcanzar hoy día, de acuerdo a la evidencia mostrada en la sección 5.1.2, Rendimientos.

Varias autoridades en la materia y estudios de instituciones respetables indican que con la tecnología actual es posible obtener rendimientos superiores a los considerados. El Dr. Yermanos ha afirmado que es posible esperar rendimientos por há de 3.500 kg al 10º año (1). La Academia Nacional de Ciencias de EE. UU. estimó una producción de 2,3 kg por planta (4,4 T/há) a los 10 años, en plantaciones comerciales (2). En México también se considera que 2,5 Ton/há es un rendimiento alcanzable (3).

Como estas estimaciones se refieren a un largo plazo, es de esperar un avance tecnológico muy importante en la selección de plantas superiores, lo que podría duplicar los rendimientos considerados en este informe.

7.1.1 Plantaciones en pequeña escala.

El cuadro N° 7.1 muestra los costos, rendimientos y la rentabilidad esperada de este tipo de plantaciones en el largo plazo. A continuación se explicitan las bases de cálculo de este cuadro.

Los ingresos equivalen a la venta del grano de jojoba, puesto en el predio a \$ 121/kg (US\$ 1,61 a \$ 75 por US\$). En el año 12 se considera un valor residual que es el valor de una hectárea plantada en plena producción, avaluada muy conservadoramente en relación a su capacidad de generar ingresos netos.

La mano de obra utilizada se ha valorado entre \$ 250 y \$ 300 por día según diferentes labores.

COEFICIENTES TÉCNICOS INDICATIVOS DEL CULTIVO DE LA JOJOBA

Recursos e Insumos	Unidades por por hectárea	Edad de Plantación (años)		
		1	2 a 4	5 a 10
1. Mano de Obra				
Total/año	Jornada Hombre	24,7	13,6-27,1	55,8-117,1
Cosecha	"	--	0-10	41,6-105
2. Maquinaria con Implem.	Jornada Tract. Con Implem.	2,7	0,6	0,6-0,7
3. Semilla	kg.	10	--	--
4. Fertiliz.	Unidad de N	--	50	60-70
5. Pesticidas		Una aplicación localizada al año en lugares específicos atacados por enfermedad o peste.		
6. Energía (pozo prof.)	kwh	-----1200 a 1800 -----		

CUADRO Nº 7.1 COSTOS, INGRESOS Y RENTABILIDAD DE LA JOJOBA

PLANTACION EN PEQUEÑA ESCALA, RIEGO CON AGUA DE CANAL

(en miles de pesos por hectárea)

	AÑOS											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1. INGRESOS												
Venta de jojoba	-	-	-	12,1	60,5	108,9	145,2	181,5	218,7	255,1	279,5	302,5
Valor residual												300,0
2. COSTOS DIRECTOS												
Mano de obra	6,4	3,2	2,9	6,9	15,7	19,8	24,8	27,8	31,3	33,8	36,3	38,8
Maquinaria	16,0	3,0	3,0	3,0	3,2	3,2	3,2	3,2	3,5	3,5	3,5	3,5
Semilla	36,0											
Fertilizante	-	2,3	2,3	2,3	2,3	2,8	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2
Pesticidas	-	-	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7
Riegos	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
Materiales	0,8											
Imprevistos	2,5	1,0	1,0	1,3	1,4	2,0	2,3	2,7	3,3	3,6	3,9	4,2
Gastos financieros	-	-	-	-	0,9	1,3	1,5	1,8	2,2	2,4	2,6	2,8
Sub total	63,2	11,0	11,4	15,8	25,7	32,3	37,2	40,9	45,7	48,7	51,7	54,7
3. COSTOS INDIRECTOS	11,0	11,0	11,0	11,0	11,0	11,0	11,0	11,0	11,0	11,0	11,0	11,0
4. TIERRA	60,0											
5. TOTAL COSTOS	134,2	11,0	22,4	26,8	36,7	43,3	48,2	51,9	56,7	59,7	62,7	65,7
6. FLUJO DE CAJA	- 134,2	- 22,0	- 22,4	- 14,7	23,8	65,6	97,0	129,6	162,0	195,4	216,8	536,8

TIR = 27,9%

VAN (al 15%) = \$ 234,420

Período de recuperación del capital = 9 años

Se supone maquinaria arrendada en su totalidad a un costo que fluctúa entre \$ 5.000 y \$ 7.500 por jornada tractor con implementos, según el tipo de labor a realizar (incluye operario).

La semilla se valoró a US\$ 40 por kg. Si bien este rubro en el largo plazo podría disminuir, al igual que la disminución del precio del grano corriente, se ha mantenido el valor para cubrir la inversión en semillas y plantas de alta calidad, ya que se considera una necesidad en el largo plazo.

Los fertilizantes y pesticidas se valoraron a precios comerciales actuales.

Los gastos financieros incluyen sólo los intereses (12% real anual) por concepto de préstamos de corto plazo para capital de operación, una vez que el cultivo ha comenzado a producir. Se supone que la inversión total, del 1º al 4º año, se realiza con capital propio.

Los imprevistos se han calculado como un 10% de los costos directos.

Los costos indirectos incluyen la administración, gastos generales, contribuciones, asistencia técnica y otros costos. No se incluyen aquí las depreciaciones. Esta es una cifra indicativa que puede variar mucho según el tipo de explotación.

El costo de tierra corresponde a precios comerciales actuales de terrenos regados con derechos de agua de clase IIr y IIIr en la III y IV región. Esto también es un factor muy variable de la inversión, que puede ser menor.

7.1.2 Plantaciones en pequeña escala asociadas con hortalizas.

El cuadro Nº 7.2 muestra los resultados económicos de una plantación de jojoba asociada con hortalizas entre el 2º y el 4º año.

Se seleccionaron especies y variedades que fueran aptas para cultivarse con la jojoba. Esto es posible bajo condiciones de baja salinidad y muy buena dotación de agua. Las especies consideradas fueron las siguientes: ají, ajo, alcachofa, cebolla, melón, pimiento y poroto verde. Se consideraron rendimientos y precios conservadores de estas hortalizas.

La tierra para este cultivo asociado debe ser de clase I o II, por esto se consideró un valor por há 50% superior al del caso anterior.

CUADRO No 7.2 COSTOS, INGRESOS Y RENTABILIDAD DE LA JOJOBA

PLANTACION EN PEQUEÑA ESCALA ASOCIADA CON HORTALIZAS, RIEGO CON AGUA DE CANAL

(en miles de pesos por hectárea)

	1	2	3	4	5 al 12
1. INGRESOS					
Jojoba	-	-	-	12,1	igual a Cuadro No 7.1
Hortalizas	-	122,0	106,0	70,0	
Total Ingresos	-	122,0	106,0	82,1	
2. COSTOS DIRECTOS					
Jojoba	63,2	11,0	11,4	15,8	
Hortalizas	-	34,4	28,8	19,0	
Sub-Total	63,2	45,4	40,2	34,8	
3. MARGEN BRUTO				15,0	
4. COSTOS INDIRECTOS	15,0	15,0	15,0	-	
5. TIERRA	90,0	-	-	49,8	
6. TOTAL COSTOS	178,2	60,4	55,2	32,3	
7. FLUJO DE CAJA	- 178,2	61,6	50,8		

TIR = 38,0%

VAN (al 15%) \$ 349,370

Periodo de Recuperación del Capital: 6,5 años

7.1.3 Plantaciones en escala mediana a grande con riego de pozo profundo.

El cuadro Nº 7.3 muestra los resultados de este tipo de plantación, expresados por hectárea. Este sistema de plantación se ha calculado para extensiones de 100 a 120 há, debido a la indivisibilidad de ciertas inversiones en equipos (maquinaria, pozo, bomba, cosechadora) y en la administración especializada.

Los rendimientos considerados son iguales a los de los casos anteriores.

Una diferencia importante es el uso de una cosechadora especializada de jojoba a partir del 7º año, ya que en ese año la cosecha manual sería alrededor de un 100% más cara, y mucho más complicada.

Se considera que toda el agua proviene de pozo profundo y el riego se hace por surco, en suelos con texturas no muy livianas. Los costos de inversión presentados son un promedio de estimaciones de pozos "típicos" en profundidad y caudal en los valles de la III y IV región, de acuerdo a informaciones del inventario de pozos profundos y a cálculos de CAPTAGUA S. A., la empresa con la más larga experiencia en este campo en el país.

Los costos de operación de riego se estimaron en base a las tarifas eléctricas vigentes de EMELAT para la III Región en Febrero de 1983. El costo de riego indicado incluye el agua y la mantenimiento de equipos.

Ambos costos de inversión y operación de riego deben considerarse como aproximaciones, ya que pueden variar mucho según la producción de cada pozo en particular.

Los gastos financieros considerados son los intereses (12% mensual) sobre préstamos de capital de operación, a partir del 5º año, una vez que la inversión se ha concluido. La inversión se considera totalmente con recursos propios.

El valor residual incluye además de la plantación, la maquinaria y los pozos, avaluados conservadoramente.

7.2 Plantaciones fuera de los valles regados

El último tipo de plantación considerado es en pampas y llanuras con napas subterráneas aprovechables y con suelos aptos, mencionada como una posibilidad en las secciones anteriores de este estudio. Esta posibilidad por ahora es hipotética, ya que no se dispone de estudios de suelos de estas zonas.

CUADRO Nº 7.3 COSTOS, INGRESOS Y RENTABILIDAD DE LA JOJOBA
PLANTACION DE MEDIANA A GRAN ESCALA CON AGUA DE POZO PROFUNDO
(en miles de pesos por hectárea)

	AÑOS											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1. INGRESOS												
Venta de jojoba	-	-	-	12,1	60,5	108,9	145,2	181,5	218,7	255,1	279,5	302,5
Valor residual												343,8
2. COSTOS DIRECTOS												
Mano de obra	6,4	3,2	2,9	4,4	5,7	10,8	3,7	3,8	4,3	2,3	2,3	2,3
Maquinaria	13,6	2,6	2,6	2,6	2,7	2,7	8,8	8,8	9,1	9,1	9,1	9,1
Semilla	36,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Fertilizante	-	2,3	2,3	2,3	2,3	2,8	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2
Pesticidas	-	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7
Riegos	14,0	7,7	7,7	7,7	7,7	7,7	7,7	7,7	7,7	7,7	7,7	7,7
Imprevistos	2,5	1,6	1,6	1,7	1,7	2,2	2,4	2,4	2,5	2,3	2,3	2,3
Gastos financieros	-	-	-	-	1,0	1,3	1,4	1,4	1,5	1,4	1,4	1,4
Sub-Total	72,5	18,1	17,8	19,4	21,8	28,2	27,9	28,0	29,0	26,7	26,7	26,7
3. COSTOS INDIRECTOS	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0
4. OTROS COSTOS INVERSION												
Tierra	15,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Maquinaria	20,7	-	-	-	-	-	72,2	-	20,7	-	-	-
Pozos, bomba y acces.	40,5	-	-	-	-	-	-	-	12,2	-	-	-
5. TOTAL COSTOS	158,7	28,1	27,8	29,4	31,8	38,2	110,1	38,0	71,9	36,7	36,7	36,7
6. FLUJO DE CAJA	- 158,7	- 28,1	- 27,8	- 17,3	28,7	70,7	35,1	143,5	146,8	218,4	242,8	609,6

VAN (al 15%) \$ 206,270

TIR: 24,9%

Periodo Recuperación del Capital: 10 años

Los resultados de este tipo de plantación se muestran en el cuadro N^o 7.4.

Las principales diferencias con relación al tipo de plantación en 7.1.3. (Cuadro 7.3) se refieren a: (1) uso de cosechadora a partir del 5^o año, debido a la escasez de mano de obra en estas zonas, (2) uso de riego por goteo, debido a una menor capacidad de producción de agua que se supone que tendrían los pozos en estas zonas y (3) mayores necesidades de infraestructura, que es totalmente inexistente, (4) uso forzoso de grupos electrógenos para operar bombas de pozo profundo.

Las estimaciones se han hecho para una empresa con 360 há, y se expresan en valores promedio por hectárea.

CUADRO Nº 7.4 COSTOS INGRESOS Y RENTABILIDAD DE LA JOJOBA
PLANTACION EN GRAN ESCALA FUERA DE LOS VALLES REGADOS

AGUA DE POZO PROFUNDO, RIEGO POR GOTEO Y MECANIZADA

(miles de pesos por ha)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1. INGRESOS												
Venta de jojoba	-	-	-	12,1	60,5	108,9	145,2	181,5	218,7	255,1	279,5	302,5
Valor residual	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	300,0
2. COSTOS DIRECTOS												
Mano de obra	3,0	1,5	1,5	5,7	2,2	2,8	2,3	1,8	3,5	2,5	1,5	1,5
Maquinaria	9,9	2,6	2,6	2,6	9,1	9,1	9,1	9,1	9,1	9,1	9,1	9,1
Semilla	36,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Fertilizante y pestic.	-	4,0	4,0	4,0	4,0	4,5	4,9	4,9	4,9	4,9	4,9	4,9
Riego	7,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0
Imprevistos y varios	2,5	1,4	1,4	1,8	2,3	2,2	2,2	2,2	2,3	2,3	2,1	2,1
Gastos financieros	-	-	-	-	1,4	1,5	1,5	1,4	1,5	1,5	1,5	1,5
Sub-Total	58,4	15,5	15,5	20,1	25,0	26,1	26,0	25,4	27,3	26,3	25,1	25,1
3. COSTOS INDIRECTOS	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0
4. OTROS COSTOS INVERSION												
Tierra	1,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Maquinaria	13,8	-	-	-	72,2	-	-	-	13,8	-	-	-
Pozos, bombas y acces.	46,0	-	-	-	-	-	-	-	18,2	-	-	-
Riego por goteo	135,0	-	-	-	-	-	-	-	135,0	-	-	-
Vehiculos	2,8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Construcciones y otros	3,3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5. TOTAL COSTOS	268,3	23,5	23,5	28,1	105,2	34,1	34,0	33,4	202,3	34,3	33,1	33,1
6. FLUJO DE CAJA	- 268,3	- 23,5	- 23,5	- 16,0	- 44,7	74,8	111,2	148,1	16,4	220,8	246,4	569,4

VAN (al 15%) = \$ 49.780

TIR = 16,9%

P.R. = 12 años

7.3

Análisis de rehtabilidad y sensibilidad

Todos los tipos de plantaciones en los valles tienen una rentabilidad interesante, que fluctúa entre el 24,9% y 38%. Estas tasas son superiores a las del costo de capital a largo plazo y a las de rentabilidad de muchas otras alternativas de producción en estas zonas aptas identificadas. Por esto se puede concluir que se justifica la inversión en transferencia y adaptación de tecnología en el cultivo de la jojoba. Esta inversión produciría sistemas de producción técnicamente adecuados que permitiría inversiones rentables en plantaciones de jojoba.

Los indicadores de evaluación de los tipos de plantaciones se presentan en forma resumida a continuación:

<u>Tipo de Plantación</u>	<u>TIR %</u>	<u>VAN al 15%</u> <u>en miles \$/há</u>	<u>Recup. del Cap.</u> <u>Años</u>
<u>EN LOS VALLES</u>			
Pequeña escala, agua canal	27,9	234,4	9,0
Pequeña escala, agua canal asociada con hortalizas	38,0	349,4	6,5
Mediana a gran escala agua de pozo profundo	24,9	206,3	10,0
<u>FUERA DE LOS VALLES</u>			
Gran escala, riego por goteo, agua pozo profundo	16,9	49,8	12,0

Sólo las plantaciones fuera de los valles, en gran escala y mecanizadas no tienen una rentabilidad que pudiera inducir a plantaciones futuras.

El período de recuperación del capital es bastante largo debido a que la jojoba no produce grano comercialmente hasta el 5º año. Esto, sin duda será una restricción para que algunos inversionistas y agricultores planten jojoba, aunque este obstáculo financiero no es mayor que en el caso de algunos frutales y forestales.

La plantación de jojoba asociada con hortalizas tiene un período de recuperación del capital aceptable: 6,5 años.

La evaluación de resultados económicos esperados de estos tipos de plantaciones se sensibilizó para analizar el efecto que tendrán posibles cambios imprevistos en los rendimientos, los precios y la inversión inicial, considerada en los cálculos hechos.

Estos cambios fueron los siguientes:

- a) Con precios 20% menores a los estimados para el largo plazo, es decir, en vez de US\$ 1,61 por kg puesto en predio, se tomó US\$ 1,29 por kg.
- b) Con precios 20% menores a los estimados para el largo plazo y además rendimientos un 20% menores a los considerados.
- c) En vez de precios del producto a largo plazo, se tomaron precios supuestos para la posible evolución del mercado entre 1985 y 1995, para calcular los ingresos de plantaciones a iniciarse en 1983 - 1984.
- d) Costos de inversión que en el año 1 son \$ 143.000 mayores a los considerados, lo que representa desde un 53% a un 106% adicional en estos costos, según el tipo de plantación.

Esta estimación da una idea de los resultados si el costo de la tierra, equipos o pozos fuera mayor al estimado en nuestros cálculos.

- e) Costos de inversión en plantas de rendimientos superiores, a razón de US\$ 2 por planta. Esto permite analizar si sería rentable introducir en el país y reproducir plantas de muy alta calidad, mediante tecnologías avanzadas. En este caso se considera una inversión inicial en el año 1 de \$ 419.610 por há y un rendimiento en grano de 50% superior al considerado, debido a la mayor productividad de estas plantas.

Los resultados de este análisis de sensibilidad se presentan en el Cuadro N° 7.5.

CUADRO N° 7.5 TASAS INTERNAS DE RETORNO DE DISTINTOS

TIPOS DE PLANTACIONES DE JOJOBA CON CAMBIOS EN EL
MERCADO, EN LOS RENDIMIENTOS Y EN LOS COSTOS DE INVERSION

TIPO DE PLANTACION	Situación Base	(a)	(b)	(c)	(d)	(e)
		Precios o Rendimientos 20% menores	Precios 20% menores y rend. 20% menor	Precios 1985-95	Costos Mayor Inversión Año 1	Inversión en Plantas superiores 50% mayores
EN LOS VALLES						
1. Pequeña escala, agua canal	27,9	23,0	17,1	37,2	19,5	20,3
2. Pequeña escala, agua canal asociada con hortalizas	38,0	-	-	44,6	-	-
3. Mediana a gran escala agua de pozo	24,9	20,4	-	27,2	17,2	-
FUERA DE LOS VALLES						
1. Gran escala, agua de pozo, mecanizada, riego por goteo	16,9	-	-	21,3	12,1	-

El análisis de sensibilidad indica que el tipo de plantación en pequeña escala en los valles sería rentable aún con rendimientos o precios 20% inferiores a los considerados y también con una inversión inicial 106% superior a la considerada. La rentabilidad para plantaciones a iniciarse en 1983 - 1984 sería sustancialmente mayor, 37,2%.

Las mismas observaciones son válidas para las plantaciones medianas a grandes en los valles.

Sólo en el caso de plantaciones en gran escala fuera de los valles, con agua de pozo, e inversiones en mecanización, infraestructura y riego por goteo, la rentabilidad no es muy alta, 16,9% en la situación base, y cae a 12,1% con costos de inversión de 143.000 superiores en el Año 1 (53% mayores).

REFERENCIAS

- (1) Yermanos, D., "Jojoba, a Crop Whose Time has Come", op. cit.
- (2) National Academy of Sciences, op. cit.
- (3) Ramonet, R. R., "Productividad de la jojoba en la costa de Hermosillo; Base para un análisis económico", IV Reunión Internacional de la Jojoba, México, 1980.

8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

8.1 Conclusiones

Las principales conclusiones de este estudio son las siguientes:

- 1) Debido a las propiedades únicas del aceite de jojoba, que han sido comprobadas por empresas e instituciones respetables, es posible visualizar una serie de aplicaciones comerciales que representan una demanda considerable a largo plazo. Se estima que entre 1990 y 1995 la demanda mundial podría fluctuar entre 42.500 y 65.000 toneladas de aceite, frente a una oferta de alrededor de un tercio a la mitad de estas necesidades. En consecuencia, existiría un interesante potencial de mercado para este producto durante muchos años.
- 2) La jojoba es un arbusto del desierto bastante rústico capaz de sobrevivir en condiciones muy adversas. Sin embargo, para producir comercialmente los requerimientos de suelo, clima y agua son relativamente exigentes y deben estudiarse con mucho cuidado antes de iniciar una plantación. Sus requerimientos, así como los cuidados en la forma de plantación y las técnicas para su producción, hacen que la jojoba se asemeje a una plantación de frutales de zonas semi-áridas.
- 3) En la I, III y IV regiones del país hay 41.341 há con suelos y climas aptos para plantar jojoba, que son susceptibles de regarse. De éstas, 25.527 há (62%), pueden tener limitaciones leves de clima y 15.814 no tienen ninguna limitación. Esta superficie representa un potencial agrícola teórico significativo, especialmente en la III y IV Regiones. Las zonas aptas de mayor interés se encuentran en los valles de Limarí, Elqui, Huasco, Choapa y Copiapó.
- 4) El cultivo de la jojoba sería rentable a largo plazo ya que la tasa interna de retorno a la inversión fluctúa entre un 25% y un 38% para los diferentes tipos de plantaciones posibles en estos valles. Sólo en el caso de plantaciones mecanizadas en gran escala, fuera de los valles, en pampas y llanuras con aguas subterráneas, la rentabilidad no parece muy alta.

Estos índices de rentabilidad, que representan estimaciones aproximadas de lo que puede ocurrir en el futuro, muestran que la jojoba sería un cultivo que podría competir ventajosamente por las aguas y tierras frente a otras alternativas de producción en los valles del norte, una vez que se cuente con una tecnología de éxito demostrado en el país.

- 5) El impacto de la introducción de una tecnología exitosa y del desarrollo de la jojoba en los próximos 15 años sólo en unas 8.000 há, que representarían menos del 20% de la superficie en zonas aptas, sería muy significativo. En cifras globales, representaría lo siguiente:
- \$ 2.400 millones anuales en producción.
 - US\$ 29 millones de dólares en exportaciones.
 - Empleo de alrededor de 4.000 hombres-año equivalente.

Estos resultados serían incrementales a lo ya existente sólo si la jojoba fuera a utilizar tierras y aguas con muy poco o ningún uso alternativo. Se piensa que esta sería la situación, aunque es de esperar alguna producción en sustitución de cultivos de baja rentabilidad.

- 6) Para lograr este desarrollo es necesario lograr una tecnología adecuada a las condiciones del país que permita obtener rendimientos entre 1.600 y 2.500 kg de grano por hectárea como mínimo. Este nivel tecnológico aún no se ha logrado en el país, y sería necesario realizar inversiones para transferir y adaptar la tecnología actualmente disponible en el exterior, a fin de lograr tales rendimientos.

8.2

Recomendaciones

- 1) Para lograr el desarrollo de una actividad económica de significación basado en el cultivo de la jojoba, se debe iniciar a la brevedad un programa de largo plazo para lograr la transferencia y adaptación de la tecnología existente en el exterior. Este proceso de transferencia tecnológica debe conducir a pruebas en escala comercial con rendimientos convincentes.
- 2) Este programa debe concentrarse en las principales zonas aptas identificadas, las que en orden de prioridad serían las siguientes:
 1. Valles de Limarí y Choapa
 2. Valles de Huasco y Copiapó
 3. Valle de Elqui
 4. Pampas y llanuras con aguas subterráneas
 5. Valles de la 1ª Región
- 3) Los principales aspectos de adaptación tecnológica a considerar deberían ser los siguientes:
 1. Selección e importación de germoplasma de alta calidad proveniente de EE.UU., México e Israel.
 2. Ensayos de asociación de la jojoba con otros cultivos intercalados, durante los primeros años improductivos.

3. Identificación y reproducción experimental de plantas de alto rendimiento resistentes a las heladas, a la salinidad y a bajas temperaturas medias en los meses de verano.
 4. Definición de un conjunto de recomendaciones de prácticas culturales y sistemas de plantación para las diferentes zonas aptas. Uno de los principales aspectos a considerar debería ser los sistemas de riego.
 5. Selección y reproducción masiva de plantas de rendimientos superiores en las condiciones chilenas.
-
- 4) En un futuro no lejano deberían iniciarse experiencias de extracción de aceite y de adaptación de los equipos existentes en el país para poder procesar jojoba.
 - 5) Paralelamente debería analizarse la aptitud para plantar jojoba que podría existir en ciertos micro climas y zonas mayores en la V, VI y Región Metropolitana, no incluidas en este estudio.
 - 6) Las inversiones a realizarse en jojoba deberían considerarse sólo con "capital de riesgo" hasta que en el país no se haya desarrollado la tecnología necesaria para obtener una alta productividad y rentabilidad en el cultivo de la jojoba.



ANEXO DEL

ESTUDIO DEL POTENCIAL DE LA JOJOBA EN CHILE



1. INTRODUCCION

Por solicitud explícita de ODEPA se ha preparado este anexo para complementar el Estudio del Potencial de la Jojoba en Chile, con lo siguiente:

- "a) Señalar en forma general el desarrollo alcanzado por el cultivo en el país y las dificultades que ha enfrentado.
- b) Señalar con mayor detalle los diferentes parámetros utilizados en los cálculos de cada uno de los ítems de costos."



2. DESARROLLO ALCANZADO POR EL CULTIVO DE LA JOJOBA EN EL PAÍS Y DIFICULTADES A LAS QUE SE HA ENFRENTADO

En el tiempo de desarrollo de este estudio, y en otras actividades anteriores y posteriores realizadas por Fundación Chile, se ha logrado tener una visión bastante completa de las experiencias en Chile con la jojoba. Se visitó la mayoría de los lugares de los que se tuvo conocimiento que había jojoba, y se trató de obtener la mayor cantidad de información posible, lo que generalmente fue muy escasa.

Las primeras plantas de jojoba en Chile se iniciaron en 1977 en la IV Región. Desde entonces, hasta principios de este año se han iniciado diferentes clases de ensayos en 19 lugares, desde la I a la VI Región. La mayor parte de ellos no ha tenido éxito. La información y el conocimiento con que se cuenta sobre el comportamiento de la jojoba en el país es limitada.

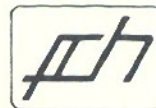
Todos los ensayos realizados son muy meritorios por su contribución, aunque a veces escasa pero valiosa para el conocimiento de esta planta, y además porque significaron importantes esfuerzos personales e institucionales. Por este motivo las observaciones que siguen son deliberadamente generales y anónimas, salvo en el caso de las dos experiencias más relevantes en el país.

2.1 Experiencias realizadas de conocimiento de Fundación Chile.

Tres instituciones oficiales han realizado experiencias con jojoba en forma independiente en 5 diferentes lugares. Otra institución oficial lo ha hecho en asociación con alrededor de 5 empresarios privados. El resto de las experiencias han sido realizadas por empresarios en forma individual. Entre estas cabe destacar la experiencia de la Hacienda Camarones encabezada por el Sr. Gastón St. Jean, que constituye la única de tamaño de consideración (aprox. 110 há).

La mayor parte de las experiencias han sido de muy pequeña escala, con sólo unas pocas o decenas de plantas. Por esto, salvo algunas excepciones, no se ha tenido el suficiente interés, o no se han puesto los recursos técnicos y materiales para darle el cuidado necesario a las plantas. Muchas experiencias han concluido.

A continuación se muestra la distribución geográfica de las experiencias realizadas hasta comienzos de 1983.



<u>Región</u>	<u>Lugar</u>	<u>Año Inicio</u> <u>Aprox.</u>	<u>Observaciones</u>
I	Valle Camarones Esmeralda	1981 1982	Problemas salinidad Aprox. 200 plantas con 8 meses.
II	Antofagasta	1981	Pocas plantas se secaron
III	Copiapó Vallenar	1980 1980	Pocas plantas se secaron Una decena de plantas con buen desarrollo.
IV	Vicuña La Serena	1979	Pocas plantas 196 plantas con buena información y cuidado.
	Hda. Camarones Corral de Julio Los Vilos	1979 1978	Aprox. 110 há cultivo comercial Tres experiencias con pocas plantas; poco desarrollo y secas.
V y RM	Alrededor de 5 lugares	1980 1982	Buen desarrollo en un lugar, en los otros se han helado o secado.
VI	3 lugares diferentes	1981 1982	Pocas plantas
VIII	1 lugar	1982	Se helaron

2.2 Comportamiento y desarrollo observados en la jojoba

Las Cardas

Los únicos datos estadísticos confiables de que se dispone son los del Centro de Zonas Áridas de la Facultad de Agronomía de la Universidad de Chile. Estos son los siguientes, para el crecimiento de las plantas en la Estación Experimental Las Cardas en la IV Región:

	Altura IX-79	Altura V-82 en metros	Diámetro V-82
Promedio	0,24	0,35	0,39
Máxima	0,55	0,80	1,35
Mínima	0,11	0,10	0,07



El crecimiento promedio anual fue de 3,6 cm en altura y 11,7 cm en diámetro. Estas plantas han recibido alrededor de 107 mm de lluvia (promedio) y riego suplementario de 5 lts quincenales por planta entre Septiembre 1979 y Enero de 1980. No se regaron entre esa fecha y Noviembre 1981. Se continuó con la misma tasa de riego a un 50% de las plantas entre Noviembre 1981 y la fecha.

Un 31% de estas plantas florecieron al tercer año, con fructificación y maduración de frutos en un 3%.

Hacienda Camarones

No disponemos de datos estadísticos de esta plantación, que en una parte tiene la misma edad que las plantas de Las Cardas, 4 años.

En una inspección visual reciente, queda la impresión de que el desarrollo es similar al de las plantas de Las Cardas. La pluviometría es de 133 mm/año, y se ha dado riego suplementario en cantidades desconocidas y aparentemente bajas.

Estas plantas han florecido bien, fructificando y madurando frutos en proporciones desconocidas.

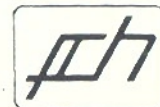
Otros lugares

En la III Región, en unas pocas plantas de 2 años, se ha logrado con riego por goteo un buen desarrollo y buena floración.

En la Región Metropolitana en unas pocas plantas de 11 meses se ha logrado un crecimiento notable, hasta 60 cm, con floración muy precoz.

En casi todos los lugares visitados en la IV Región y Metropolitana se han presentado ataques leves de hongos en invierno.

En todos los lugares se observa una gran diversidad de fenotipos de plantas.



2.3 Conclusiones generales

- a) Todas las experiencias son de gran interés, pero en su conjunto aportan bastante poco al conocimiento y adaptación de la jojoba en Chile, debido a las siguientes causas:
- o Las experiencias no han seguido una organización basada en el potencial en el país, y en una concepción de las limitaciones y las posibilidades de la planta. Cada una de ellas se ha generado en forma espontánea y con muy poca o ninguna información entre sus gestores.
 - o La gran mayoría ha sido muy pequeña para generar el interés suficiente para invertir en recursos técnicos y materiales que permitieran tener un cuidado apropiado y datos para evaluar los problemas o el progreso de las plantas.
 - o La mayoría de las experiencias son muy recientes y sin registros de producción.
 - o El conocimiento sobre la jojoba en el mundo es todavía relativamente poco, y era bastante menor hace 4 ó 5 años, cuando se iniciaron estas experiencias en el país. En esos años recién se iniciaban las primeras plantaciones en el mundo. Por este motivo, algunas de las experiencias se iniciaron con la expectativa de que la jojoba prosperaría con los niveles de provisión de agua, con que crecen en su condición silvestre en el desierto de Sonora.
 - o Por la misma razón anterior, algunas experiencias se establecieron en condiciones inapropiadas de clima, suelo y manejo.
- Los hechos anteriores no son raros y han ocurrido en muchos otros países con la jojoba y en general con cultivos nuevos.
- b) Es imprescindible continuar las experiencias intentando darles una organización y orientación que esté de acuerdo con:
- o las potencialidades de las diferentes zonas aptas identificadas y sus principales limitaciones agrológicas.
 - o las posibilidades de la planta de alcanzar niveles de producción comercial rápidamente.
 - o las experiencias tecnológicas exitosas de cultivos comerciales en el exterior.
- c) La escasa información y las observaciones de la jojoba indican que:



- o En todas las zonas climáticamente aptas la jojoba debe regarse a niveles mucho mayores a los que se han probado en el país, llegando a niveles de 5.000 m³/há o superiores.
- o En lugares de la IV Región florece, fructifica y madura bien.
- o Se presentan problemas leves de hongos en invierno, e insectos que son totalmente solucionables.
- o Sólo se han introducido semillas provenientes de EE. UU.



COEFICIENTES TECNICOS INDICATIVOS DEL CULTIVO DE LA JOJOBA

Recursos e	Unidades por	Edad de Plantación (años)		
Insumos	por hectárea	1	2 a 4	5 a 10
1. Mano de Obra				
Total/año	Jornada Hombre	24,7	13,6-27,1	55,8-117,1
Cosecha	"	--	0-10	41,6-105
2. Maquinaria	Jornada Tract.	2,7	0,6	0,6-0,7
con Implem.	Con Implem.			
3. Semilla	kg.	10	--	--
4. Fertiliz.	Unidad de N	--	50	60-70
5. Pesticidas		Una aplicación localizada al año en lugares específicos atacados por enfermedad o peste.		
6. Energía	kwh	-----1200 a 1800 -----		
(pozo prof.)				

Jojoba cultivada en Estados Unidos
Plantación en California de 4 años





Jojoba adulta en el desierto de Arizona, arraigada en roca porosa, creciendo aproximadamente, 0,5 m de altura.



Planta de jojoba femenina
de 2.1/2 años con flores
bien formadas. IV Región



Planta adulta silvestre
en el desierto en Tucson,
Arizona, donde hay 110 m.
de lluvia/año en promedio
y suelo muy pobre. Alcanza
aprox. 1 m. de altura.

planta de jojoba de 2 años en Huasco

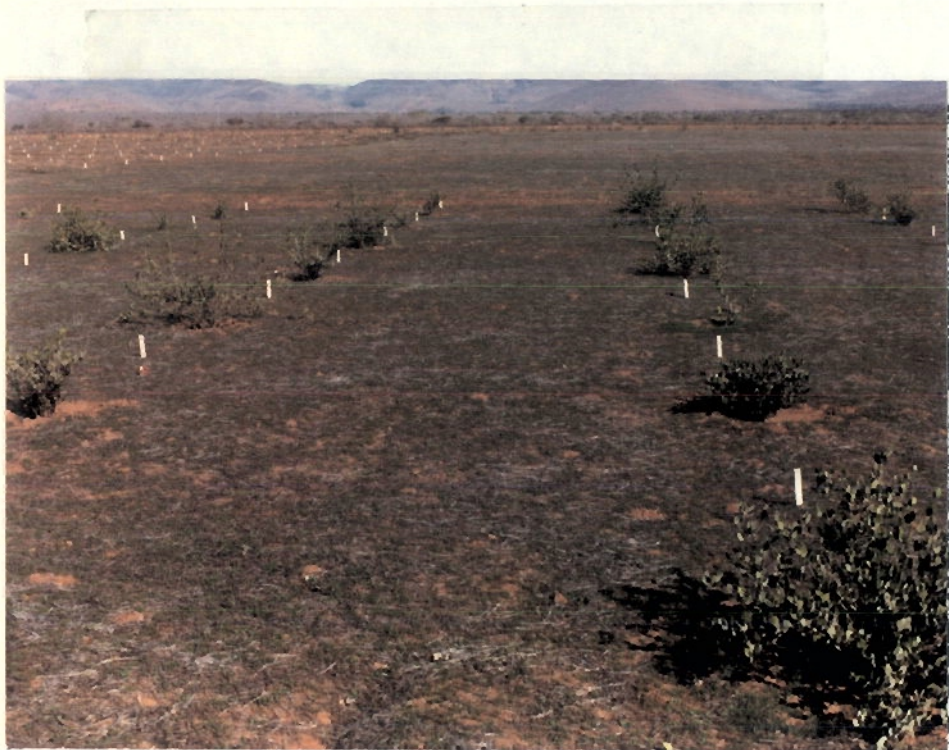




planta de jojoba
femenina con dos
flores por nudo.



Yair Inov, Director
General de Nagev
Jojoba Co. de Israel
invitado a Chile por
F. Chile inspecciona
plantas de 2 años en
la Hacienda Camarones.
(Julio 1982)



LAS CARDAS
 Julio 1983
 plantas de jojoba
 de 3 años 10 meses



HACIENDA CAMARONES
 (Abril 1982)
 plantas de jojoba
 de 2 1/2 años.

Jojoba — Optimismo Cauteloso

Los científicos están investigando como la Jojoba — una planta glamorosa durante la década del 70 — responde a las condiciones diferentes de ambiente a fin de que se pueda cumplir con las exigencias de clima y requerimientos agronómicos en gran escala. La Jojoba ha sido llamada el "Super Poroto" pero en realidad no es un poroto sino más bien una bellota — pero este nombre refleja la reverencia que muchas personas le tienen.

Hace unos años se creía que esta planta podría ser la salvación de la ballena de esperma, la cual era sacrificada por su aceite de gran valor, pero felizmente legislación internacional prohibiendo el uso de aceite de ballenas ayudó a su prohibición en los EE.UU. de América y el Reino Unido. Quizás la publicidad creada por la Jojoba haya contribuido a la veda del aceite de ballenas, pero también resultó que muchos agricultores en Australia decidieron plantarla sin conocimiento técnico, causando una pérdida de entusiasmo cuando su cultivo no produjo millonarios instantáneos.

Como muchas otras nueces, la Jojoba no da frutos hasta varios años después de plantar y recién a los 4-5 años se puede anticipar cosechas significativas. Existen además varias otras dificultades como ser clima, riego, etc.

La Jojoba es un arbusto nativo de las regiones áridas del sur de California, Arizona y noroeste de México y por lo tanto debería ser apta para plantar en Australia, el continente más seco del mundo, pero lamentablemente, esto no es necesariamente cierto. Aparte de algunas plantas introducidas en Broken Hill en 1930, las primeras plantaciones experimentales fueron establecidas en 1970 por el Departamento de Agricultura o Aforestación de varios Estados.



Cada fruta contiene de 1 a 3 semillas — los depósitos del aceite.



Flores femeninas son verdes, no conspicuas.

En su forma silvestre la Jojoba necesita lluvias y temperaturas favorables solamente dos o tres veces al siglo para producir semillas y reproducirse, pero en su vida normal de 100 a 200 años. El fin de la Jojoba en su forma silvestre es de sobrevivir, mientras que en su forma comercial se busca producir una Jojoba provechosa. En su forma comercial la planta se busca producir una buena cosecha de semillas — generalmente más a menudo que dos veces cada cien años.

El futuro desarrollo de la Jojoba dependerá de la selección de métodos y ambientes favorables para su cultivo, se ha tratado de buscar factores ambientales como son temperatura, humedad y luz, estudios para la fisiología de la planta, especialmente el proceso de crecimiento y reproducción. Haciendo como la planta responde a distintas condiciones de ambiente será posible predecir en qué se puede anticipar buenas cosechas y cuáles las regiones más aptas para su cultivo comercial. Los científicos quieren saber cuál es el secreto de su tolerancia a altas temperaturas y falta de agua, factores normales en zonas áridas. En Canberra se ha experimentado con la planta en invernaderos y laboratorios con ambiente controlado (fitotron), complementados con pruebas en el campo como también con estudios publicados por trabajos técnicos del exterior, especialmente de Israel, México y los EE.UU. de América. Existe actualmente más de 10,000 hectáreas de plantaciones de Jojoba en Arizona, California y en las zonas reconocidas por su producción de aceite de Jojoba crudo.

Tolerancia a las Sequías

Un sistema vigoroso de raíz tipo taladro es una característica que le permite subsistir en zonas de escasas lluvias. En México se ha descubierto que las raíces de plantas de un año de edad tienen 2,1 metros de largo o sea más de 7 veces la altura total de la planta, mientras que raíces de plantas de más edad han sido encontradas a más de 10 metros debajo de la superficie del suelo y abarcando un volumen enorme de tierra.

En experimentos controlados a 27°C de temperatura, científicos de la CSIRO observaron que, cuando emerge de una semilla germinada, la raíz perforadora crece más de 2 cms por día y puede alcanzar una largura de 50 a 60 cms antes de que la planta aparezca sobre la superficie, luego de esto el crecimiento se reduce a un cm por día.

Plantas cultivadas en tubos largos de plástico bajo condiciones de invernadero, desarrollaron un sistema de raíz taladro en la tierra con buen drenaje, pero produjeron raíces laterales en tierra húmeda justo arriba de una capa de agua artificialmente preparada. Se observó que dicha capa podía ser levantada o bajada sin perjudicar a la planta siempre que ella no estuviera cerca de la superficie, una consideración muy importante para productores que desean regar.

Mientras que las raíces son receptoras eficientes de agua, las gruesas hojas tienen ciertas características que reducen la pérdida de agua al ser cubiertas por una cutícula cerosa y con poros hundidos que reducen la transpiración. Las hojas crecen verticalmente y reciben poca luz solar especialmente

durante el mediodía, el período de máxima radiación.

Investigaciones han demostrado que la Jojoba tiene escaso grado de transpiración bajo condiciones de gran evaporación, solo el 10% del trigo o girasol aparte de utilizar el agua disponible mucho más eficientemente que el trigo.

Semillas de Aceite

Los productores de Jojoba tratan de obtener un aumento en la cantidad de semillas ya que ésta es la que contiene el aceite. Por esa razón se ha prestado mayor atención a las flores y semillas — el proceso reproductivo. Flores masculinas y femeninas son producidas en diferentes plantas pero no se puede determinar su sexo hasta 9-24 meses después de plantar.

Las yemas de las flores que se forman en los meses cálidos de la primavera, verano y otoño, pueden mantenerse inactivos en forma latente por hasta tres años y entonces abriendo luego de lluvias otoñales y tiempo fresco y, es por esa razón que la planta exige inviernos fríos no obstante que su crecimiento máximo es bajo temperaturas de 27 a 30°C. Sin embargo, en algunas áreas de inviernos templados las flores pueden ser estimuladas por lluvia o riego después de un período seco.

La mayoría de las flores se producen en invierno o primavera y las flores verdes femeninas son polinizadas por el viento y se transforman en frutas con una tres semillas que pueden ser cosechadas en el verano.

Los científicos descubrieron que las yemas de las flores normalmente permanecen inactivas bajo altas temperaturas (30°C de día y 25°C de noche) pero muchas más flores se abrieron cuando las plantas fueron transplantadas a condiciones más frescas (12°C de noche) para flores femeninas y 15°C y 10°C respectivamente para las masculinas.



Estas pruebas demostraron que el contenido de aceite es independiente de la temperatura, aunque se comprobó que frutas con semillas más pequeñas contenían más semillas y un peso mayor de semillas por fruta que las semillas de mayor tamaño. Esto significa que la mejor forma de aumentar la cosecha podría ser el de elegir por mayor cantidad de semillas en lugar del peso de la fruta individual, la práctica utilizada en la actualidad.

Peligros para nuevos Productores

La mayoría de las plantaciones establecidas en Australia entre 1977 y 1980 fracasaron al utilizar cercas incapaces de aislarlas del ganado, por fallas en el control de malezas, plantar demasiado profundo y en tierra seca sin antes tratar de romper la capa dura debajo de la superficie, etc.

Desde 1980 las plantaciones de más de 200 has quizás totalizan menos de 24 aunque en realidad para tener éxito este tamaño sería el mínimo según los productores profesionales.

Los científicos recomiendan que el suelo debe cumplir con las siguientes condiciones:

- Dejar la tierra en barbecho para asegurar un perfil húmedo en la siembra
- Buen control de malezas para permitir a las plantas de semillero lograr un buen crecimiento inicial
- Arado profundo para permitir la penetración de agua y de las raíces.
- Un sistema de plantación que le permitirá a las máquinas cultivar con exactitud entre las hileras (4 a 5 mts aparte).

Después del arado profundo y la preparación de un lecho de siembra, plantar con una máquina sembradora a precisión (la profundidad es muy crítica) o transplantar plantas de semillero entubadas previamente crecidas en un invernadero dentro del lecho. Se debe sembrar preferiblemente durante la primavera cuando la tierra está húmeda y la temperatura excede 24°C en la profundidad de siembra (25mm) por más de 5 horas por día.

La condición de la tierra durante el trasplante no es tan importante y las plantitas en tubos pueden ser plantadas mecánicamente y regadas a la vez. De esta manera hasta el 90% de las plantas pueden sobrevivir. Se puede reemplazar las que fracasan con plantas en tubos luego de los 6 a 12 meses.

Los científicos recomiendan experimentar con la Jojoba en lugares que tienen mayormente lluvias en el invierno a fin de reducir el pudrimiento de las raíces, crecimiento de malezas y efectos adversos en la maduración de las semillas. Además de un buen rendimiento de semillas se debe tratar de contar con un tiempo de floración estable y previsible a fin de evitar heladas, ataques por insectos y un arbusto de crecimiento vertical para facilitar los trabajos de cultivo y cosecha por medio de máquinas.



Estas flores masculinas crecen en arbustos aparte de las femeninas y son polinizadas por el viento.

Cual es su Futuro

Dado que la planta se adapta tan bien a condiciones áridas merece más investigación en Australia en vista de que se han logrado buenas cosechas en Arizona, lugar que recibe precipitaciones anuales similares a las de la zona triguera de Australia (450mm). Plantas sembradas en Condobolin, N.S.W. en 1981, toleraron grandes sequías complementadas con heladas severas y hasta crecieron en 1982 a pesar de no recibir más lluvias después de Marzo de ese año. Al mismo tiempo, el trigo bajo las mismas condiciones se mostró casi inexistente. Aparentemente la Jojoba pudo aprovechar el agua existente en el profundo subsuelo mientras que el trigo fracasó en el suelo superior, seco y polvoriento. Considerando esta experiencia, quizás la Jojoba podría servir como una cosecha complementaria del trigo suministrando una entrada auxiliar en los años en que falla el trigo.

No se conoce los rendimientos en Australia hasta la fecha ya que la mayoría de las plantaciones son muy recientes pero la experiencia del exterior indica que los arbustos maduros pueden brindar desde 800 a 1000 kilos por hectárea.

Además se debe buscar un entendimiento entre los productores y los procesadores de aceites ya que cada grupo parece estar esperando ver lo que hace el otro y quizás habrá un mercado para el producto tan pronto que haya un producto para el mercado!



Frutas maduras.