

UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS
ESCUELA DE PREGRADO

Memoria de Título

CULTIVO DE HIGUERILLA (*Ricinus communis* L.) COMO MATERIA PRIMA
PARA LA ELABORACIÓN DE BIODIÉSEL

FRANCISCO GUILLERMO DELGADO VALENZUELA

SANTIAGO - CHILE

2013

UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS
ESCUELA DE PREGRADO

Memoria de Título

CULTIVO DE HIGUERILLA (*Ricinus communis* L.) COMO MATERIA PRIMA
PARA LA ELABORACIÓN DE BIODIÉSEL

CULTIVATION OF HIGUERILLA (*Ricinus communis* L.) AS RAW MATERIAL FOR
THE ELABORATION OF BIODIESEL

FRANCISCO GUILLERMO DELGADO VALENZUELA

SANTIAGO - CHILE

2013

UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS
ESCUELA DE PREGRADO

**CULTIVO DE HIGUERILLA (*Ricinus communis* L.) COMO MATERIA PRIMA
PARA LA ELABORACIÓN DE BIODIÉSEL**

Memoria para optar al título profesional de:
Ingeniero Agrónomo.

FRANCISCO GUILLERMO DELGADO VALENZUELA

Profesor Guía	Calificaciones
Jaime Rodríguez Muñoz. Ingeniero Agrónomo M. Sc.	6,8
 Profesores Evaluadores	
Mauricio Meyer de G. Ingeniero Agrónomo	6,5
Claudio Pastenes V. Ingeniero Agrónomo, Mg. Sc	6,5

Santiago, Chile

2013

ÍNDICE

	Pág.
RESUMEN	1
ABSTRACT	2
INTRODUCCIÓN	3
1. Antecedentes de la especie	4
1.1 Origen e historia.....	4
1.2 Características botánicas y morfológicas.....	5
1.2.1 Raíz.....	5
1.2.2 Tallo.....	6
1.2.3 Hoja.....	7
1.2.4 Flor.....	8
1.2.5 Fruto.....	10
1.2.6 Semilla.....	12
1.2.7 Hábito de crecimiento.....	13
1.3 Variedades Botánicas.....	14
1.3.1 <i>Ricinus communis</i> var. minor.....	14
1.3.2 <i>Ricinus communis</i> var. major.....	14
1.3.3 <i>Ricinus communis</i> var. sanguineus.....	14
1.3.4 <i>Ricinus communis</i> var. viridis.....	14
1.3.5 <i>Ricinus communis</i> var. zanzibarinus.....	15
1.4 Requisitos edafoclimáticos.....	16
1.4.1 Clima.....	16
1.4.2 Suelo.....	18
1.4.3 Agua.....	18
2. Biodiésel	18
2.1 Panorama energético en el país.....	22
2.2 Higuierilla y su rol energético.....	25
3. Manejo agronómico del cultivo de higuierilla	29
3.1 Establecimiento.....	29
3.1.1 Selección de variedad.....	29
3.1.2 Selección de zonas del cultivo.....	30
3.1.3 Fecha de establecimiento.....	41
3.1.4 Modo de establecimiento.....	41
3.2 Poda.....	43
3.3 Manejo fitosanitario.....	44
3.3.1 Control de malezas.....	44
3.3.2 Control de plagas.....	45
3.3.3 Control de enfermedades.....	51
3.4 Fertilización.....	52
3.5 Cosecha.....	53
3.6 Postcosecha.....	54

3.7 El proceso de extracción de aceite.....	55
3.7.1 Secado.....	56
3.7.2 Descascarado.....	56
3.7.3 Calentamiento de semillas.....	56
3.7.4 Prensado.....	56
3.7.5 Extracción por solvente.....	56
3.7.6 Filtración.....	57
3.7.7 Almacenamiento.....	57
4. Ficha técnica de la higuera para Chile.....	57
5. Otros potenciales usos para un cultivo de higuera.....	59
6. Experiencias de manejo agronómico de un cultivo de higuera en Chile.....	62
7. Estructura de costos para un cultivo de higuera para obtención de semillas.....	63
7.1 Antecedentes del cultivo.....	64
7.2 Inversión.....	65
7.3 Costos.....	66
7.4 Depreciaciones.....	70
7.5 Ventas.....	70
7.6 Flujo de caja.....	71
CONCLUSIONES.....	72
BIBLIOGRAFÍA.....	73
ANEXO I.....	80
APÉNDICE I.....	84
APÉNDICE II.....	94

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Jehová Dios por haberme brindado mediante mis padres la oportunidad de estudiar.

Agradezco a mis padres por la constante preocupación, sus retos, consejos y apoyo, así como a todos mis familiares que me ayudaron y brindaron su apoyo y orientación.

Agradezco a mi profesor guía, Don Jaime Rodríguez Muñoz, por creer constantemente en el potencial de la higuera, y haber estado dispuesto a apoyarme con mi proceso de titulación.

Agradezco de todo corazón, a Marcela (la abejita, mi abejita), por haber cruzado su camino con el mío en el momento exacto, y con su amor, me brindó el aliento y energías cuando más lo necesité.

RESUMEN

La creciente preocupación por la continua alza en los precios de los combustibles fósiles y la contaminación ambiental producto de los gases de efecto invernadero, ha motivado la búsqueda de nuevas alternativas de fuentes de combustión, que ofrezcan mayor independencia energética y sean más inocuas con el medio ambiente.

Una alternativa es el cultivo de especies con potencial bioenergético, como es el caso de la higuera (*Ricinus communis* L.), de la cual es posible elaborar biodiésel a partir del aceite de sus semillas.

El presente estudio se enfocó en recopilar información sobre esta especie, relacionada principalmente a sus requerimientos agronómicos, su uso como materia prima en fabricación de biodiésel, así como profundizar en los antecedentes necesarios para su cultivo en Chile, que permitan decidir por ejemplo: el lugar, fechas y modo de establecimiento. También se hace mención de las principales plagas y enfermedades que pudiesen afectar su cultivo, junto con los demás usos que pueden darse al aceite de esta especie, principalmente vinculados todos ellos al área industrial.

Se determinaron también las zonas más apropiadas en Chile para el establecimiento de un cultivo de higuera, en función de los requerimientos edafoclimáticos de esta especie y las características climatológicas de los distritos bioclimáticos presentes en el país.

Además, se realizó una estimación de costos y prefactibilidad para una producción de semillas de higuera en una superficie de 1 ha.

Para la realización de esta investigación, se recurrió principalmente a estudios realizados en Universidades y Departamentos Agrícolas de países Latinoamericanos como Brasil, Colombia y Ecuador, que llevan varios años cultivando higuera, así como publicaciones FAO y CEPAL, pues al no ser la higuera una especie cultivada en Chile, la información es relativamente escasa a nivel nacional.

Palabras clave: Higuera, biodiésel, diesel.

ABSTRACT

The growing concern about the continued rise in the price of fossil fuels and environmental pollution arising from greenhouse gases has motivated the search for new alternative fuel sources that offer greater energy independence and be more environmentally friendly atmosphere.

An alternative is the cultivation of bioenergy potential species, as in the case of higuierilla (*Ricinus communis* L.), which is possible to produce biodiesel from oil seeds.

This study focused on collecting information on this species, mainly due to its agronomic requirements, use as feedstock in biodiesel production, as well as deepen the necessary background for cultivation in Chile, in order to decide for example, the place dates and setting mode. References to major pests and diseases that may affect its culture, along with other uses that may be the oil of this species, all of them linked primarily to the industrial area is also made.

Chile the most appropriate for the establishment of a cultivation of higuierilla, depending on the soil and climate requirements of this species and the climatic characteristics of the districts bioclimatic zones in the country were also determined.

In addition, a cost estimate and feasibility for higuierilla seed production in an area of 1 ha was performed.

To carry out this research, mainly turned to studies in Universities and Agricultural Departments of Latin American countries like Brazil, Colombia and Ecuador, who have spent several years cultivating higuierilla and publications FAO and CEPAL, as to not be the higuierilla kind cultivated in Chile, the information is relatively scarce nationwide.

Keywords: Higuierilla, biodiésel, diesel.

INTRODUCCIÓN

La selección de especies o variedades establecidas y adaptadas a las zonas áridas y semiáridas de Chile, podría ser considerada una importante opción para el desarrollo agrícola de estas regiones. Una alternativa de la cual se desconoce su manejo agronómico y potencial agroindustrial en nuestro país, es la higuera (*Ricinus communis* L.).

Hace ya 2000 años atrás, los romanos empleaban el aceite de higuera como medicamento. Cailland incluso encontró granos de ella en sarcófagos egipcios, quienes probablemente lo usaban en la fabricación de mechas. El aceite de higuera era considerado por los antiguos como uno de los aceites más puros, siendo recogido y empleado para quemar. Ya en 1767 su uso empezó a extenderse, época en que los médicos ingleses lo usaron como purgante, difundiéndose con rapidez por los demás países, dando origen a una nueva industria que pronto adquirió grandes proporciones (Orellana, 1920).

Actualmente la higuera cuenta con una amplia gama de usos, en el área médica, farmacéutica e industrial (Anadón y Martínez, 2004).

El potencial de la higuera no ha pasado inadvertido, siendo cultivada en varios países, donde los mayores productores mundiales son: India, China y Brasil; responsables de cerca del 96% de la producción mundial. En América del Sur, Paraguay también resalta como un productor de higuera importante, con cerca del 1% de la producción mundial (Soares y De Souza, 2009). En Colombia el año 2004, mediante el Banco Agrario, se incentivó el cultivo de higuera implementando una línea de crédito de US\$ 2.795·ha⁻¹, para el establecimiento de este cultivo (Muñoz y Restrepo, 2009)

Considerando que en nuestro país no existe mayor información relacionada con cultivos comerciales de higuera, la presente monografía tiene como objetivo principal recopilar antecedentes sobre esta especie, a fin de elaborar una ficha técnica sobre su cultivo y una estimación de costos para producción de semillas, a fin de aportar a los productores interesados, información relacionada con el potencial bioenergético y agroindustrial de esta especie, junto con los conocimientos agronómicos básicos necesarios para un adecuado establecimiento y manejo de este cultivo.

1. Antecedentes de la especie

1.1 Origen e historia

El origen de la higuera (*Ricinus communis* L.) es incierto, según Orellana (1920) e INIA (1984) es una planta originaria de India, mientras que Cerón (1976) y Mazzani (2007) atribuyen su procedencia al norte de África, específicamente a la antigua Abisinia, actual Etiopía, donde se conoce desde hace más de seis mil años.

El aceite obtenido a partir de las semillas de higuera, según Cerón (1976) y Jiménez *et al.* (1994) hace más de 6000 años era utilizado por los egipcios como combustible en lámparas. Los romanos, hace unos 2000 años, fueron quienes la llevaron a Europa, pues empleaban su aceite como medicamento (Orellana, 1920), y le pusieron por nombre “*ricino*”, debido al parecido que tiene su semilla con la garrapata africana (*Ixodes ricinus* L.) (INIA, 1984).

En 1767 los ingleses, quienes denominaron “Castor oil” al aceite de higuera debido a la semejanza de su olor con aquél que emite la hembra del castor en su período de celo (INIA, 1984), extendieron el cultivo de esta especie, al usar los médicos su aceite como purgante. Se cree que a América fue traída por los primeros colonizadores, donde se desarrolló y propagó con mucha rapidez (Orellana, 1920). Según Cerón (1976), en 1850 Estados Unidos de América fue uno de los principales productores. Su cultivo experimentó un gran auge durante la primera y segunda guerra mundial, época en la cual el aceite era un producto crítico durante dichos conflictos, al ser usado como lubricante en vehículos motorizados.

Actualmente, la higuera es cultivada como planta ornamental y oleaginosa de uso industrial, siendo su aceite utilizado en una gran cantidad de aplicaciones industriales, incluyendo lubricantes, plásticos, jabones, líquidos hidráulicos y de frenos, pinturas, colorantes, barnices, tintas, plásticos resistentes al frío, ceras, nylon, en la producción de fibra óptica, productos farmacéuticos y en perfumes (Mazzani y Rodríguez, 2009). Además, su aceite se ocupa como materia prima para elaboración de biodiésel, siendo un combustible alternativo para motores diésel (Razo *et al.*, 2007).

Los principales países productores de higuera son, según FAOSTAT (2013), China, India y Brasil; siendo estos dos últimos países, aquellos con el mayor incremento en el área cosechada el año 2011 (véase Cuadro 1).

Cuadro 1. Principales países productores de higuera, según superficie cosechada (Ha)

País	Año				
	2007	2008	2009	2010	2011
India	787.000	866.200	734.900	884.680	1.250.000
China	210.000	220.000	200.000	210.000	210.000
Brasil	163.034	157.626	159.409	151.865	208.476

Fuente: FAOSTAT, 2013

1.2 Características botánicas y morfológicas

La higuera (*Ricinus communis* L.), pertenece al género *Ricinus* L., de la familia de las Euforbiaceas (Pabón, 2009).

Es una especie anual en climas fríos, mientras que en zonas tropicales y templadas con heladas suaves es perenne (Orellana, 1920). Es una planta herbácea de porte arbustivo, ligeramente leñosa en su adultez, con tallos y ramas huecas por dentro, de color verde claro a azul-grisáceo y en ocasiones rojiza (Pabón, 2009).

Córdoba (2012) menciona que la altura de la higuera es muy variable según la variedad, el tipo de suelo, y el clima; siendo clasificada según su altura en enanas (<1,8 m), medias (1,8 a 2,5 m) y altas (>2,5 m), las cuales pueden llegar hasta los 10 m de altura y lograr ciclos de hasta 10 años. Para siembras comerciales y a gran escala, y por razones climáticas, como déficit hídrico y elevadas temperaturas; el proceso de selección se ha enfocado en la identificación de plantas de ciclo corto, erectas, de porte bajo y que usualmente se comporten como plantas anuales.

1.2.1 Raíz

La higuera posee una raíz pivotante, con múltiples raíces voluminosas y densas, especialmente en la zona superficial del suelo (véase Imagen 1) (Cerón, 1976). Es de rápido crecimiento, pudiendo alcanzar más de 1 m de profundidad durante los dos primeros meses de edad, característica que le brinda resistencia a la sequía (Samayoa, 2007). En plantas de ciclo perenne la raíz puede alcanzar profundidades de hasta 6 metros (Córdoba, 2012).

Lobato (2008), indica que al ser el sistema radical de la higuera capaz de explorar los horizontes más profundos del suelo, que normalmente no son alcanzados por otros cultivos anuales, como soya, maíz y sorgo; el cultivo de esta especie es una excelente alternativa para cultivos asociados, pues promueve el aumento de la aireación y la capacidad de retención y distribución de agua en el suelo.



Imagen 1. Radícula de higuerilla.

1.2.2 Tallo

El tallo es cilíndrico, con múltiples nudos y entrenudos que varían su largo según la edad de la planta. Durante la juventud los entrenudos son largos, acortándose durante la vejez (Samayoa, 2007). Pueden tener colores, formas diferentes y estar o no cubiertos de cera, características importantes para diferenciar los cultivares. Algunas plantas pueden tener tallo verde en la juventud, pero adquieren una coloración rojiza durante la etapa más adulta, principalmente cuando las hojas se caen y el sol incide directamente sobre el tallo (*ver* Imagen 2). Este órgano generalmente es hueco cuando la planta es joven, pero tiende a ser leñoso cuando es ocupado por un tejido esponjoso a medida que la planta madura (Soares y De Souza, 2009). Se caracteriza, además, por la presencia de nectarios (*véase* Imagen 3) (Pabón, 2009) y terminar en un racimo, usualmente el más largo de la planta en el tallo principal (Cerón, 1976).

La mayoría de los cultivares de higuerilla se caracterizan por una abundante ramificación, por eso si una planta de porte medio, se mantiene en el campo por más de un año sin ser podada, puede adquirir la conformación de un árbol (Soares y De Souza, 2009).



Imagen 2. Diferentes coloraciones que pueden tener el tallo de la higuerilla.



Imagen 3. Tallo de higuerilla, con presencia de nectarios.

1.2.3 Hoja

Las hojas son grandes, similares a las de la higuera, creciendo alternadamente en el tallo (Cerón, 1976), su coloración es similar al de éste, son de forma generalmente redondeada, palminerva y palmilobulada; donde cada lóbulo es finamente dentado (Orellana, 1920). Poseen dimensiones variables, que van desde los 10 a 60 cm de diámetro; destaca además, la presencia de glándulas nectaríferas entre la lámina y el pecíolo, el cual puede ser tan o más largo que la lámina (Pabón, 2009) (véase Foto 1).

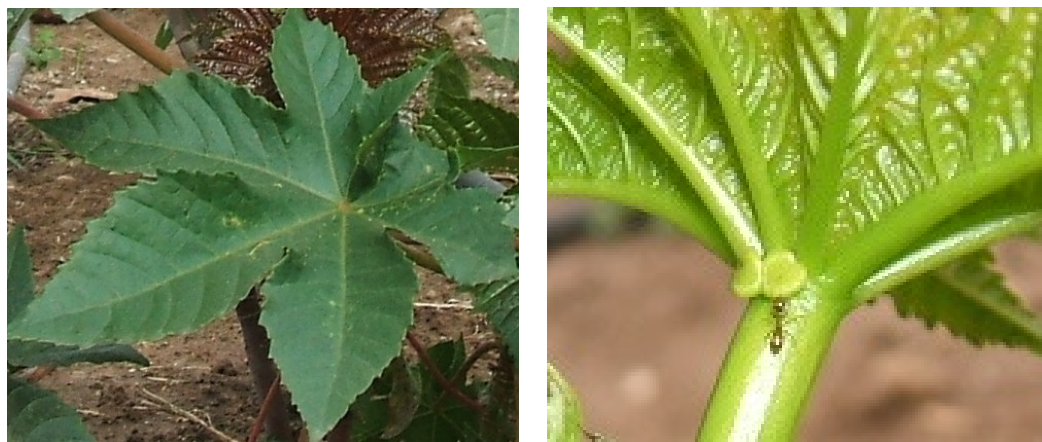


Foto 1. Hoja de higuera, multilobular con borde dentado (izquierda), nectarios en unión pecíolo-lámina (derecha)

El pecíolo de la hoja de higuera tiene la capacidad de flexionarse durante el día para posicionar la hoja frente al sol y aprovechar mejor la radiación. Esto ocurre principalmente al inicio o al final del día, cuando el sol está incidiendo de lado y no por encima (Soares y De Souza, 2009).

Normalmente, el número de hojas y área foliar de la higuera se incrementa hasta cerca de la mitad del ciclo, después tiende a disminuir, a medida que se van llenando los racimos (Soares y De Souza, 2009).

1.2.4 Flor

La higuera es una especie monoica, con una inflorescencia terminal o axilar, formada de racimos de espigas multiflorales dispuestas en panojas generalmente de 25 a 40 cm de largo (Orellana, 1920), no obstante el reciente mejoramiento varietal, hace posible encontrar especímenes con racimos de 80 cm de largo (Córdoba, 2012), e incluso superiores al metro de longitud (COLBIO, 2013) (véase Imagen .4).



Imagen 4. Híbrido de higuierilla desarrollado por Empresa COLBIO..

Los racimos en su parte superior tienen flores femeninas (30 a 50%) y en la parte inferior, las masculinas (50 a 70%) (Cerón, 1976) (véase Foto 2).

Las flores masculinas poseen un cáliz, con cinco piezas de 6 a 12 mm de largo, lanceoladas y múltiples estambres soldados, con forma de columna (Pabón, 2009). Las flores femeninas se caracterizan por poseer un cáliz tri o quinti partido, sin corola y con un ovario globoso; trilocular con las celdas uniovuladas, estilos cortos con cinco estigmas profundamente bipartidos, plumosos y coloreados (Orellana, 1920).

En la higuierilla la polinización es anemófila, pudiendo ser su polen transportado hasta 2 km (Cerón, 1976). Sin embargo, Córdoba (2012) menciona que aunque la especie sea considerada preferentemente autógama, suele manifestarse un grado de alogamia del 40%.



Foto 2. Inflorescencia de higuera.

1.2.5 Fruto

El fruto de la higuera corresponde a una cápsula trilocular que contiene una semilla por lóbulo (tricoco), de 1,5 a 2,5 cm de largo, exteriormente puede estar, o no, recubierto por espinas o púas no punzantes, cortas y gruesas (Pabón, 2009). Hay frutos dehiscentes e indehiscentes, cualidad muy importante al momento de elegir la variedad a cultivar, pues la indehiscencia dificulta mucho la extracción de los granos en la cosecha (Orellana, 1920) (véase Imagen 5).



Imagen 5. Fruto de higuera, corte transversal donde se aprecia cápsula trilocular (izquierda), fruto seco indehiscente (derecha).

En una planta dehiscente es imposible realizar la cosecha pues en el momento en que el racimo madura todas las semillas caen al suelo (*ver* Imagen 6). Los cultivares sembrados comercialmente pueden ser indehiscentes o semidehiscentes. Los indehiscentes son adecuados para la cosecha mecanizada, esto porque pueden permanecer largo tiempo en el campo hasta que se realice la cosecha; siendo, sin embargo, dificultoso el proceso de descascarado. En tanto, los cultivares semidehiscentes son los más apropiados para la cosecha manual, pudiendo realizar recolectas de forma parcelada en varias ocasiones y el descascamiento es más fácil (Soares y De Souza, 2009).



Imagen 6. Racimo dehiscente de higuera tras caída de semillas.

1.2.6 Semilla

La semilla de la higuera tiene un tamaño variable entre 5 y 20 mm según variedades (Pabón, 2009), con concentraciones de aceite aproximadas al 40-48% (CEPAL, 2007). Es de forma ovalada, de superficie lisa, de color generalmente gris jaspeado o pardo lustroso, presenta dos tegumentos de los cuales el externo es muy grueso, de apariencia estriada o rayada; generalmente de manchas color gris oscuros o completamente negras. Las manchas se deben a una materia resinosa que está localizada en ciertas células de la parte más externa del tegumento (Orellana 1920).

Una de las extremidades de la semilla es lisa y redondeada, mientras que la otra es más aguzada y presenta un abultamiento voluminoso denominado *carúncula* (Orellana, 1920), (véase Imagen 7).



Imagen 7. Semilla de higuera

La carúncula desempeña una importante función en la germinación de la semilla, no sólo constituye el principal punto de absorción de agua para iniciar el proceso germinativo; además, constituye una barrera para la entrada de microorganismos patógenos como hongos y bacterias (Soares y De Souza, 2009).

El peso de 100 semillas va desde 10 a 100 g, con una media de 30 g en los cultivares de porte enano y de 45 a 75 g en aquellos de porte medio (Córdoba, 2012).

1.2.7 Hábito de crecimiento

Córdoba (2012) describe que si bien la higuera es considerada un cultivo de ciclo anual, se caracteriza por presentar una maduración no uniforme y una tendencia hacia el crecimiento determinado, lo que conlleva, a encontrar distintas fases de desarrollo, alternas, de ciclos vegetativos y reproductivos durante su cultivo.

El tallo principal suele crecer verticalmente, sin ramificación, hasta la emisión de la primera inflorescencia, tipo racimo; por debajo de la cual, se genera una ramificación, donde ramas laterales se desarrollan a partir de las yemas axilares ubicadas en la parte inferior de la inflorescencia principal. Todas las ramificaciones de 2^{do}, 3^{er} y 4^{to} orden presentan crecimiento determinado, finalizando siempre en una flor, lo que genera varios estratos de flor-fruto, conocidos como órdenes de racimo (véase Figura 1).

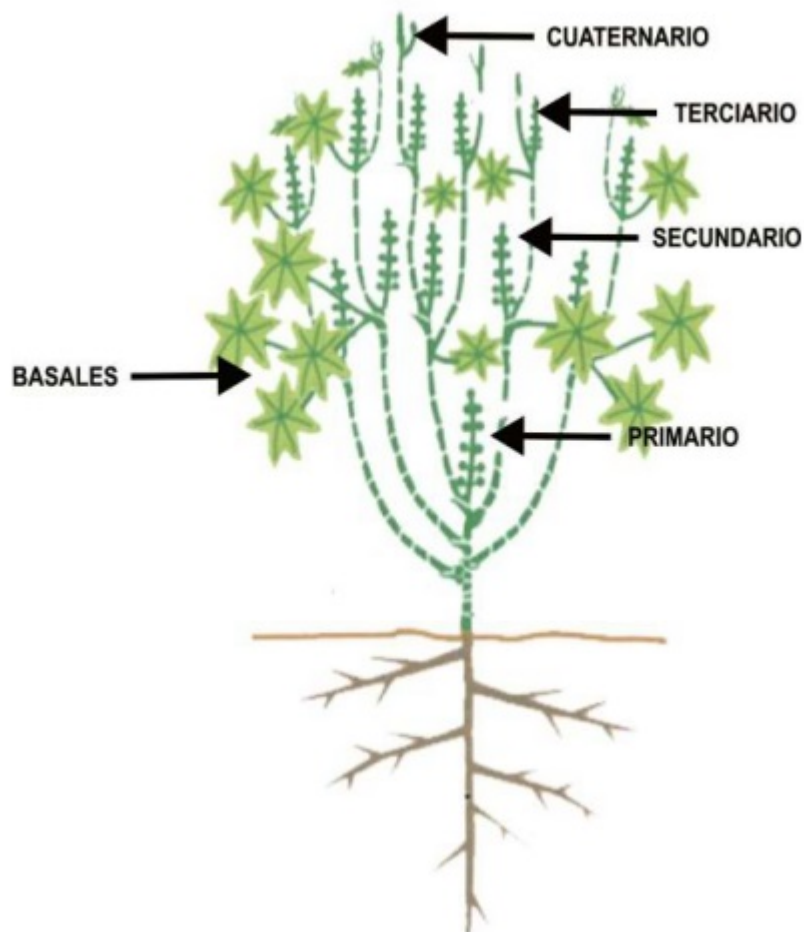


Figura 1. Esquema de hábito de crecimiento en higuera (Pabón, 2009)

1.3 Variedades Botánicas

La higuera es una especie de gran variabilidad y adaptación a diferentes climas, lo cual ha generado a lo largo de los años la existencia natural o artificial de diversas variedades botánicas (Orellana, 1920), que van desde plantas herbáceas anuales hasta arbolillos y arbustos perennifolios (Anadón y Martínez, 2004). Se estima que existen unas 22 subespecies de higuera, así como un significativo número de cultivares creados por viveristas, tanto para su cultivo comercial u ornamental (Mazzani, 2007). Según Pabón (2009), las principales variedades de higuera son:

1.3.1 *Ricinus communis* var. minor

Corresponde a la variedad más cultivada, pues se destaca por su precocidad, dehiscencia, semillas pequeñas, una baja altura, de 1 a 1,5 m (Pabón, 2009) y poseer mayores rendimientos en cantidad de aceite y de mejor calidad; frente a las variedades de grano grande (Orellana, 1920). Posee una abundante ramificación desde la base, con ramas inferiores tan desarrolladas como el tallo principal, un gran número de inflorescencias que son cortas y muy abundantes en flores machos. Cien granos de la variedad minor pesan aproximadamente 18 g, sin embargo, el pequeño porte de los granos y su poco peso, son compensados con el gran número de inflorescencias de la planta (Orellana, 1920).

1.3.2 *Ricinus communis* var. major

La variedad major, posee menor precocidad en comparación con la variedad minor, destaca por su mayor crecimiento, menor rendimiento en aceite, menor ramificación y menor número de inflorescencias. Sus racimos son muy alargados, de 30 a 50 cm, cónicos, abundantes y de frutos muy numerosos. Resalta el mayor peso de sus frutos en comparación con la variedad minor, donde cien granos pesan aproximadamente 35 g (Orellana, 1920).

1.3.3 *Ricinus communis* var. sanguineus

Su tallo, ramas, hojas y frutos, son de color rojo sanguíneo, lo que le da a la planta un gran uso ornamental (Orellana, 1920). Sin embargo, debido a que es una variedad con semillas grandes y alto porcentaje de aceite, su cultivo con fines productivos se ha masificado durante los últimos años (Pabón, 2009), principalmente en las zonas tropicales y subtropicales, pues es una variedad que exige más temperatura para la maduración de los frutos. Cien granos pesan aproximadamente 48 g, con una inflorescencia que da entre 25 a 30 frutos (Orellana 1920).

1.3.4 *Ricinus communis* var. viridis

Se caracteriza por ramificar desde la base, tener un gran número de inflorescencias con el pedúnculo principal largo y lampiño; llevando 4 a 6 frutos distanciados entre sí. Cien granos pesan en promedio 15 g. La planta es generalmente de coloración verde. Se le

considera una variedad menos valiosa que las anteriores, pues los frutos son de maduración más tardía y poco dehiscentes (Orellana, 1920).

1.3.5 *Ricinus communis* var. *zanzibarinus*

Es una planta vigorosa, de semillas grandes, pero con poco contenido de aceite, siendo cultivada principalmente con fines ornamentales (Pabón, 2009). Se caracteriza por su gran altura, hojas pardas muy grandes, tallo grueso rojizo y abundantes ramificaciones frondosas. Posee pocas inflorescencias con 10 a 30 frutos, donde cien granos pesan aproximadamente 92 g. (Orellana, 1920).

Actualmente mediante programas de innovación y desarrollo de energías renovables no convencionales (ERNC) basados en biomasa, Brasil y Colombia han desarrollado variedades propias de higuera, caracterizadas por su alta productividad, porte bajo, precocidad, uniformidad de madurez, elevados contenidos de aceite en semilla (42 a 55%), frutos semi-indehiscentes, inflorescencias bien desarrolladas y tolerancia a enfermedades. Incluso en el mercado, existen cultivares sin ramas o de una sola guía, apropiados para siembras altamente tecnificadas y de cosecha mecanizada (Mazzani, 2007).

Se citan, a modo de ejemplo, dos variedades colombianas, ofrecidas actualmente en el mercado, desarrolladas por la Empresa COLBIO (Colombiana de Biocombustibles S.A.) (2013) (véase Cuadro 2):

Cuadro 2. Comparación entre dos variedades creadas por COLBIO

Característica agronómica	RC-09	HR-171
Altura media de la planta (m)	2,5 a 3	1,6
Adaptación	Requiere suelo de alta fertilidad Tolerante a necrosis apical	Suelos franco arenosos Tolerante a sequía
Dosis de siembra·ha ⁻¹ (kg)	3	3,5
Marco de plantación (m)	2 x 2	1,5 x 2
Ciclo del cultivo ¹	240	160
Precocidad ²	60	50
Frutos	Semidehiscentes	Semidehiscentes
Porcentaje de aceite en semillas	47 a 49 %	49 %
Producción (Ton·ha ⁻¹ ·año ⁻¹)	4,3	4,5

Fuente: COLBIO, 2013

¹ Días desde la germinación hasta el secado del último racimo.

² Días desde germinación hasta la primera florescencia.

Es de destacar la variedad HR-171, no sólo por poseer frutos semidehiscentes que facilitarían las labores de cosecha, sino además, por el alto contenido de aceite en sus semillas (49%) y su tolerancia a sequía, lo cual la convierte en una importante alternativa para cultivos de higuera en zonas semiáridas de Chile.

Mientras que entre las principales variedades cultivadas por EMBRAPA (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuaria) (véase Cuadro 3) en Brasil están:

Cuadro 3. Resumen de las características de algunos cultivares utilizados en Brasil

Características agronómicas	Guaraní	IAC-80	IAC-226	Nordestina BRS 149	Paraguaçu BRS 188
Ciclo vegetativo medio (días)	180	240	180	250	250
Rendimiento medio (kg·ha ⁻¹)	1.500	2.000	2.000	1.500	1.500
Productividad potencial (kg·ha ⁻¹)	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000
Floración 1 ^{er} racimo (días)	72	80	55	50	54
Maduración (días)					
1 ^{er} racimo	145	150	95	100	100
2 ^{do} racimo	158	190	125	200	200
3 ^{er} racimo	178	240	150	250	250
Frutos	Indehiscentes	Dehiscentes	Indehiscentes	Semi dehiscentes	Semi dehiscentes
Tenor medio de aceite (%)	47	47	47	49	48

Fuente: Lobato, 2008

Siendo la variedad Nordeste BRS 149 una de las principales variedades de higuera cultivadas en Brasil y Colombia, debido a los altos rendimientos en grano y aceite, así como su precocidad (Lobato, 2008).

1.4 Requisitos edafoclimáticos

Entre los principales requisitos edafoclimáticos de un cultivo de higuera, están:

1.4.1 Clima

Según Cerón (1976) la higuera se adapta mejor en zonas de climas tropicales y templados, donde las temperaturas son favorables para los seis meses que dura el período vegetativo. En regiones costeras, frías y húmedas, la planta no tiene buen desarrollo, siendo atacada por enfermedades fungosas debido a una mayor humedad.

De acuerdo con Córdoba (2012), la temperatura límite para el proceso de germinación es de 14 a 15 °C, con un óptimo de 31 °C y un máximo de 35 a 36 °C, por lo que, temperaturas

inferiores a los 14 °C, retrasan la germinación y generan una desuniformidad en la emergencia de las plántulas.

Samayoa (2007), menciona en tanto que, temperaturas inferiores a 20° C repercuten en la germinación; haciendo que la emergencia ocurra entre 15 a 20 días, mientras que si la temperatura es mayor a 30° C, la emergencia será a los 6 días posteriores a la siembra.

La temperatura óptima para su desarrollo oscila entre los 20 a 30 °C (Mazzani, 2007), este mismo autor menciona que temperaturas superiores a los 38 °C afectan la producción, mientras que Lobato (2008) indica que cuando éstas son superiores a 40 °C, se provoca aborto floral y reversión sexual de las flores femeninas en masculinas, reduciéndose incluso el tenor de aceite en las semillas.

Pabón (2009) indica que la higuera es una especie que no soporta heladas de prolongada duración y demasiada intensidad, donde temperaturas menores a 10 °C provocan bajas en la producción de semillas debido a la pérdida de viabilidad del polen (Lobato, 2008).

Durante el año 2012, en un cultivo experimental realizado en la Facultad de Cs. Agronómicas de la Universidad de Chile, Campus Antumapu, se pudo comprobar la susceptibilidad de la higuera a heladas, ocasión en que temperaturas mínimas inferiores a 0 °C acontecidas durante 4 días seguidos, arrasaron con el cultivo (Delgado, 2012) (véase Foto 3).



Foto 3. Daño por helada en higuera, registrados en parcela experimental en Antumapu, temporada 2012.

Según Soares y De Souza (2009) la higuera es una planta heliófila, es decir, exigente de alta luminosidad, aspecto relevante en casos de asociación con otros cultivos como el maíz que podría sombrearla. Requiriendo para completar su ciclo de 10 a 12 horas de luz solar diariamente (Samayoa, 2007) y una intensidad lumínica promedio de $780 \text{ cal}\cdot\text{cm}^{-2}\cdot\text{día}^{-1}$ (ODEPA, 2010).

Lobato (2008) también recalca ésto, indicando que si bien la higuierilla es una especie que se adapta bien a zonas con fotoperíodos cortos no inferiores a 9 h., su mejor desarrollo se produce en áreas con buena radiación; con 12 h., de luz solar diaria como mínimo.

1.4.2 Suelo

La higuierilla crece muy bien entre las altitudes superiores a los 400 msnm, siendo encontrada, incluso, de manera silvestre hasta los 1200 msnm. (Samayoa, 2007).

Tanto Pabón (2009), como Lobato (2008) mencionan que si bien esta especie se desarrolla en varios tipos de suelos, excepto aquellos muy pesados y con drenaje deficiente, favorecen su desarrollo los suelos con textura arenosa o franco-arcillosa, profundos, bien drenados, de buena fertilidad natural y sin problemas de salinidad o muy sódicos, con topografía suavemente ondulada o plana; prefiriendo los suelos con pH entre 5-6,5, pero tolerando rangos desde 4,5 a 8.

Además, por ser una especie que durante los estadíos iniciales de desarrollo no posee gran cobertura y expone el suelo al impacto de las gotas de lluvia, su cultivo es recomendable en áreas donde la pendiente sea inferior al 12% (Lobato, 2008).

1.4.3 Agua

Según Pabón (2009) la higuierilla es una especie que soporta largos períodos de sequía, incluso en la fase de maduración de frutos, permitiendo que su cultivo sea económicamente viable en ambientes semiáridos donde hay pocas alternativas de desarrollo agrícola (Soares y De Souza, 2009).

Allen *et al.* (2008) mencionan para estimación de evapotranspiración en higuierilla, los siguientes coeficientes de cultivo (k_c): 1,15, 0,55 y 0,3; para las etapas de desarrollo inicial, media y de maduración, respectivamente.

Mientras que Soares y De Souza (2009) indican que una precipitación promedio anual de 500 mm de lluvia, es suficiente para satisfacer los requerimientos hídricos de un cultivo de higuierilla. Siendo éste uno de los principales criterios de establecimiento para empresas como EMBRAPA.

2. Biodiésel

La necesidad de reducir la dependencia actual al petróleo, que además ayude a disminuir la emisión de gases con efecto invernadero, ha incentivado a algunos países al desarrollo de estrategias para incentivar el uso de energías renovables (Acevedo, 2006).

El biodiésel ocupa un importante lugar entre la energía renovable, pues es una alternativa que puede ser usada en cualquier proporción en motores diésel, sustituyendo una parte del combustible fósil usado en la actualidad (Acevedo, 2006), con reducciones de las emisiones

de efecto invernadero de 2,45 T de CO₂ por tonelada de biodiésel (Ramírez, 2008). Incluso según estudios realizados por el IICA (2007) los vehículos que funcionan con biodiésel reducen las emisiones de dióxido de carbono hasta en un 78% y disminuyen los hidrocarburos cancerígenos hasta en un 75%.

La Unión Europea define biodiésel como un “éster metílico producido a partir de un aceite vegetal o animal de calidad similar al gasóleo (diésel) para su uso como biocarburante” (Acevedo, 2006), incluso puede ser elaborado a partir de grasas de desecho como son los aceites de frituras (Soares y De Souza, 2009).

El desarrollo del biodiésel moderno empezó en Austria en el año 1982 y su producción comenzó en 1988 en una planta construida por una cooperativa de agricultores, construyéndose en 1991 la primera planta de biodiésel de escala mundial. La producción de biodiésel ha experimentado un crecimiento explosivo en la UE desde el año 1998, principalmente por la preocupación de dichos países por reducir las emisiones de gases de efecto invernadero, según lo acordado en el protocolo de Kyoto (Acevedo, 2006).

Durante el año 2006, alrededor del 75% de biodiésel mundial se produjo en Europa, donde Alemania contribuyó con el 55%, y la mayor parte del 25% restante fue producido por Estados Unidos de América. La producción de biodiésel en la Unión Europea proviene principalmente del aceite de colza y en menor medida del aceite de palma aceitera, mientras que la producción de los Estados Unidos proviene principalmente del aceite de soja. En términos potenciales, se puede decir que para los países de climas templados, la materia prima para la producción de biodiésel proviene del aceite de la colza y de soja, mientras que para los países subtropicales y tropicales, procede del aceite de la palma africana y otras oleaginosas (IICA, 2010).

El biodiésel es producido mediante una reacción de transesterificación, consistente en la reacción resultante de mezclar un triglicérido (aceite) con un alcohol en presencia de un catalizador, produciendo un éster de ácido graso y glicerol (véase Figura 2) (Acevedo, 2006). Además, esta última, es una sustancia ampliamente usada como materia prima en la industria farmacéutica y cosmética, generando un valor agregado adicional al proceso de elaboración de biodiésel (Soares y De Souza, 2009).



Figura 2. Diagrama de la obtención de biodiésel a partir de aceite vegetal (Lumbreras, 2005)

En la producción de biodiésel la materia prima representa el 65 a 75% del costo total, siendo por lo tanto, fundamental escoger materias primas con adecuada disponibilidad a un buen precio, además de cumplir con los objetivos ambientales y de optimización en el funcionamiento del motor; pues la composición química y algunas de las características del biodiésel dependen de la composición de ácidos grasos en la materia prima, los cuales difieren tanto en la longitud de sus cadenas, como en el grado de insaturación (Acevedo, 2006).

La emisión de NO_x por el uso de biodiésel varía según la materia prima utilizada, siendo generalmente, mayores en comparación a las emisiones de NO_x del diésel convencional. Aquellos biocombustibles producidos a partir de un producto con mayor cantidad de ácidos grasos insaturados, producen emisiones de NO_x significativamente mayores que aquellas provenientes de materias primas con un menor grado de insaturación (Acevedo, 2006), siendo la selección de aceites vegetales y/o grasas animales con menor contenido de ácidos grasos poliinsaturados (linoleico y linolénico), y mayores concentraciones de ácidos grasos saturados (caprílico, cáprico, láurico, mistérico, palmítico y esteárico); una alternativa para reducir las emisiones de NO_x en biodiésel (Acevedo, 2006).

Los principales aspectos de calidad del biodiésel son la ausencia de contaminantes como jabón, catalizadores, agua y algunas características físicas propias de cada mercado, como son la viscosidad, densidad, lubricidad, cetanaje y calor de combustión (Soares y De Souza, 2009).

Entre las ventajas del uso de biodiésel en lugar de diésel, el IICA (2007), menciona:

- El biodiésel tiene mayor lubricidad que el diésel de origen fósil, por lo que extiende la vida útil de los motores.

- Es más seguro de transportar y almacenar, ya que tiene un punto de inflamación a los 100 °C, mayor que el diésel fósil. El biodiésel podría explotar a una temperatura de 150 °C.
- El biodiésel se degrada 4 a 5 veces más rápido que el diésel fósil y puede ser usado como solvente para limpiar derrames de diésel fósil.
- El biodiésel permite al productor agrícola autoabastecerse de combustible; además, su producción promueve la inclusión social de los habitantes menos favorecidos del sector rural, debido a que no requiere altos niveles de inversión.
- Prácticamente no contiene azufre, por lo que no genera SO₂ (dióxido de azufre), un gas que contribuye en forma significativa a la contaminación ambiental. El Consejo Internacional de Transporte Limpio (ICCT, por sus siglas en inglés) está considerando al azufre como el “plomo” del próximo siglo. Actualmente en todas partes las legislaciones están exigiendo disminuir el contenido de azufre del diésel, de manera que este sea Low sulphur diésel o LSD (diésel de bajo contenido de azufre). El LSD tiene un menor grado de lubricidad que el diésel, por lo que es necesario adicionarle biodiésel.
- El biodiésel no contamina fuentes de agua superficial ni acuíferos subterráneos.

Mientras que entre las principales desventajas, el mismo estudio realizado por el IICA (2007), señala:

- El biodiésel presenta problemas de fluidez y congelamiento a bajas temperaturas (<0 °C), especialmente el que se produce de palma africana.
- Los costos de la materia prima son elevados y guardan relación con el precio internacional del petróleo, por lo que este biocombustible, actualmente es un producto relativamente costoso.
- Por su alto poder solvente, se recomienda almacenar el biodiésel en tanques limpios; si esto no se hace, los motores podrían ser contaminados con impurezas provenientes de los tanques.
- El contenido energético del biodiésel es algo menor que el del diésel (12% menor en peso u 8% en volumen), por lo que su consumo es ligeramente mayor.
- El biodiésel de baja calidad (con un bajo número de cetano, índice que se utiliza para caracterizar la volatilidad y facilidad de inflamación de los combustibles utilizados en los motores diésel (Lobato, 2008)) puede incrementar las emisiones de NO_x (óxidos de nitrógeno), pero si el número de cetano es mayor que 68, las emisiones de NO_x serían iguales o menores que las provenientes del diésel fósil.

2.1 Panorama energético en el país

Chile tiene una excesiva dependencia de combustibles fósiles, casi el 100% de la energía del transporte nacional es en base a petróleo, siendo un gran problema pues la sociedad actual no puede funcionar sin combustibles líquidos, generando un aumento sostenible del precio de los combustibles fósiles, ante el agotamiento de las limitadas reservas de petróleo, y el calentamiento global (Ávalos, 2011).

Lamentablemente, tal como menciona Sauma (2012) en Chile, las fuentes de Energías Renovables No Convencionales (ERNC) no han sido explotadas de igual forma que las convencionales, debido principalmente a los altos costos de inversión asociados, a un desconocimiento de ellas en el mercado, y a la presencia de un marco regulatorio que no ha ofrecido grandes incentivos para su inversión.

En el año 2009, solo el 2,7% de la matriz energética chilena provenía de fuentes de ERNC, y para el 2012, dicha cifra aún no alcanzaba el 4% del total de la matriz energética.

En marzo del 2008 se promulgó la Ley 20.257 (o Ley de Energías Renovables No Convencionales) ante la necesidad de dar un mayor impulso a las inversiones en ERNC y acelerar el desarrollo de este mercado en Chile. Esta ley considera como fuentes de ERNC a las energías geotérmica, solar, eólica, de biomasa y biogás, de los océanos e hidráulica con una potencia máxima de 20 MW, además de considerar otras posibles fuentes renovables que contribuyan a diversificar las fuentes de abastecimiento y tengan un bajo impacto ambiental.

La Ley de Energías Renovables No Convencionales estableció varias modificaciones a favor de los generadores de ERNC, entre las que se pueden contar las siguientes:

- Establece una obligación para las empresas eléctricas con capacidad instalada superior a 200 MW de certificar ante la dirección de peajes del Centro de Despacho Económico de Carga (CDEC) que una cantidad equivalente de 10% provenga de medios de generación renovable no convencionales, ya sean propios o contratados.

- El porcentaje por acreditar será inicialmente de un 5% para los años 2010 al 2014, aumentando progresivamente en 0,5% anual desde el año 2015 en adelante hasta alcanzar el 10% en el 2024.

En caso de no cumplir con la obligación, se establece una multa de 0,4 UTM (alrededor de US\$30) por cada MWh de déficit respecto a la obligación. En caso de incurrir nuevamente en el incumplimiento de la obligación dentro de los tres años siguientes, la multa será de 0,6 UTM por MWh de déficit.

Se estipula también que esta ley regirá por 25 años a partir del 1° de enero de 2010.

Al mismo tiempo, la Comisión Nacional de Energía (CNE) en conjunto con la Corporación de Fomento de la Producción (CORFO) ha estado fomentando la realización de estudios y la recopilación de datos que puedan servir como un insumo inicial para el análisis de privados. Entre estos mecanismos adicionales se pueden mencionar estudios sobre la disponibilidad de cada fuente de ERNC en el país, mediciones de viento para la inversión en energía eólica, información sobre biomasa agrícola, forestal y pecuaria, disponibilidad de manuales para proyectos acogidos al Mecanismo de Desarrollo Limpio y guías para la evaluación de impacto ambiental, entre otros.

Adicionalmente, se ha fomentado la evaluación de proyectos de ERNC a través de la CORFO mediante un subsidio para estudios de preinversión o asesorías especializadas en proyectos de generación que sean elegibles de acuerdo al Protocolo de Kyoto. Se creó también otro subsidio adicional para financiar parte de los estudios que se realicen en las fases avanzadas de proyectos de ERNC.

A lo anteriormente señalado, se han sumado otros incentivos monetarios, a través de la creación del Crédito CORFO ERNC, un crédito a largo plazo para financiar a empresas que desarrollen proyectos en materia de ERNC, tanto para generación como para distribución.

Recientemente, se ha dado un nuevo impulso para las ERNC a través de la conformación de la Comisión Asesora de Desarrollo Eléctrico (CADE), convocada por el gobierno del Presidente Sebastián Piñera, y en cuyo informe de resultados se sugiere que las energías renovables adquieran un mayor protagonismo en nuestro país, a medida que se vayan haciendo más baratas. La CADE también sugirió profundizar el objetivo de penetración de las energías renovables de la Ley 20.257, desde un 10% a un 15% al 2024.

Sin embargo, pese a que la CADE reconoce que hay un enorme potencial de energías renovables en Chile, sugiere no forzar una política de penetración de energías renovables a través de subsidios, como se ha realizado en otros países, sino que entren a competir de igual a igual por mejores precios.

Entre otras medidas regulatorias que fomentan la investigación y desarrollo de ERNC, están (Ávalos, 2011):

Circular N° 30/2007, SII. Indica que los biocombustibles no son afectos al impuesto específico según Ley 18.502/1986.

Decreto N° 11/2008, Ministerio de Economía. Define las especificaciones de calidad para biodiésel y bioetanol, autoriza la mezcla de 2% y 5% con petróleo diésel y gasolina, y anuncia el registro voluntario de personas e instituciones en la Secretaría Nacional de Energía.

Ley N° 20.339/2009, modifica el DFL N°1/1979 del Ministerio de Minería, incorpora los biocombustibles como combustibles líquidos y otorga facultades a la Secretaría Nacional de Energía para su fiscalización.

Resolución exenta N° 746, Norma técnica para análisis y/o ensayos para bioetanol y biodiésel.

A su vez, el Estado mediante el Ministerio de Energía ha fomentado la creación de consorcios Tecnológicos Empresariales de Investigación en Biocombustibles. Dos enfocados en la producción de biocombustibles a partir de material lignocelulósico, y tres dedicados en la investigación y producción de combustibles a partir de micro y macro algas (véase Cuadro 4) (Ávalos, 2011).

Cuadro 4. Consorcios Tecnológicos Empresariales de Investigación en biocombustibles.

Consorcio	Tipo	Integrantes
Biocomsa	Lignocelulosa	ENAP Refinerías Universidad de Chile Consorcio Maderero S.A.
Bioenercel	Lignocelulosa	Universidad de Concepción Universidad Católica de Valparaíso Fundación Chile CMPC Celulosa S.A. Masisa S.A.
Algafuel	Micro algas	Edelnor Copec Rentapack Bioscan Universidad Católica de Chile
Desert Bioenergy	Micro algas	Universidad de Antofagasta Electroandina S.A. Prodalmar Ltda. Molinera Gorbea Ltda. Universidad de la Frontera CICITEM
Bal Biofuels	Macro algas	BAL Chile Enap Refinerías Bio Architecture Lab Universidad de Los Lagos

Fuente: Ávalos, 2011

A si mismo, el Estado de Chile, mediante la Comisión Nacional de Energía, ha establecido las especificaciones de calidad que deberá cumplir el biodiésel nacional e importado (véase Cuadro 5), fijando que sólo podrá mezclarse con petróleo diésel en un 2% a 5% del volumen resultante de la mezcla (CNE, 2008).

Cuadro 5. Especificaciones de calidad exigidas por Chile para biodiésel.

Propiedad	Unidad de medida	Valor
Densidad a 15 °C	$\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$	mín. 0,86 máx. 0,90
Viscosidad a 40 °C	$\text{mm}^2\cdot\text{s}^{-1}$	mín. 3,50 máx. 5,00
Punto de inflamación	°C	mín. 120
Punto de escurrimiento ¹	°C	máx. -1
Azufre total	% masa	Máx. 0,005
Residuos de Carbono Conradson (CCR) al 100%	% masa	máx. 0,05
Contenido de ceniza sulfatada	% masa	máx. 0,02
Agua y sedimentos	% volumen	máx. 0,05
Corrosión de la lámina de cobre (3 horas, 50 °C)	Grado de corrosión	N° 2
Valor de neutralización (valor ácido $\text{mg KOH}\cdot\text{g}^{-1}$)	$\text{mg KOH}\cdot\text{g}^{-1}$ muestra	máx. 0,50
Contenido de éster	% masa	mín. 96,5
Contenido de metanol ²	% masa	máx. 0,20
Glicerina libre	% masa	máx. 0,02
Glicerina total	% masa	máx. 0,25
Fósforo	$\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$	máx. 10
Contenido de alcalinos (Na + K)	$\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$	máx. 5
Contenido de metales (Ca + Mg)	$\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$	máx. 5
Estabilidad a la oxidación a 110 °C	Horas	mín. 6

Fuente: CNE, 2008

¹ En las Regiones de Aysén y del General Carlos Ibáñez del Campo y de Magallanes y de la Antártica Chilena el valor máximo del punto de escurrimiento será de -9 °C entre el 15 de abril y el 15 de septiembre de cada año, ambas fechas incluidas.

² En el caso que se utilice etanol en el proceso productivo de biodiésel, el productor o importador deberá informar a la Superintendencia de Electricidad y Combustibles, dentro del certificado de calidad del producto, el contenido de etanol y el método de ensayo utilizado para determinar el contenido de etanol en el producto final.

2.2 Higuierilla y su rol energético

Autores como Aca *et al.* (2009), Álvarez (2011), Benavides *et al.* (2007), CEPAL (2007), Delgado (2006), Estrada (2008), Falasca *et al.* (2007), García *et al.*, (2009), Hofmann (2007), IICA (2007); Lobato (2008), Mazzani (2007), Palomino *et al.* (2010), Quintero (2005), Rastrepo *et al.* (2010), Recalde y Durán (2009) y Texo *et al.* (2009) aluden al uso que tiene el aceite de higuierilla como materia prima para la elaboración de biodiésel.

Según especialistas brasileros, el aceite de esta especie es el mejor para elaborar este tipo de biocombustible, pues a diferencia de las materias primas más utilizadas para producir este tipo de biocarburante (soya, girasol y canola), el aceite de higuierilla no es comestible, no

compitiendo, por tanto, con la industria alimentaria; aspecto por el cual ha sido muy criticada la producción de biocombustibles (García *et al.*, 2009).

Además, en comparación a otras especies usadas con fines bioenergéticos, la higuera destaca por su precocidad productiva y su elevado contenido de aceite en las semillas (véase Cuadro 6):

Cuadro 6. Características generales de cultivos utilizados para elaboración de biodiésel.

Característica agronómica	Palma aceitera	Soja	Girasol	Higuera	Algodón	Colza	Jatropha
Producción después de:	4 a 5 años	4 a 5 meses	2 a 3 meses	4 a 6 meses	5 meses	4 a 7 meses	1 a 5 años
Req. Agua mm·año ⁻¹	1500 a 3000	500 a 750	250	750 a 1000	600 a 1500	450 a 500	300 a 1000
% aceite	38 a 45	18 a 22	32 a 40	40 a 48	18 a 22	38 a 45	35 a 40

Fuente: Razo *et al.*, 2007

El aceite de higuera posee características únicas, pues está compuesto casi exclusivamente (90%) de un único ácido graso (ácido ricinoleico) que contiene un radical hidróxilo haciéndolo muy viscoso y soluble en alcohol a bajas temperaturas (Soares y De Souza, 2009), siendo de mucho interés en la actualidad para su uso como materia prima para elaboración de biodiésel (Acevedo, 2006).

Posee la viscosidad más alta de todos los aceites vegetales conocidos y ésta cambia poco con la temperatura. Tiene una alta densidad y, a diferencia de todos los demás aceites vegetales, es miscible con alcohol en cualquier concentración, pero sólo es miscible dentro de ciertos límites con disolventes alifáticos del petróleo. Su notable resistencia al frío (el punto de fluidez es 16 °C). Su igualmente notable resistencia al calor y su capacidad de arder casi sin residuo le confieren excelentes propiedades lubricantes (véase Cuadro 7) (Valderrama, 1994).

Cuadro 7. Propiedades físicas del aceite de higuera

Propiedad	Valor
Punto de fluidez [°C]	16
Punto de congelación [°C]	-30 a -40
Densidad (a 20 °C) [g·ml ⁻¹]	0,995 a 0,968
Viscosidad (a 20 °C) [P]	9,5 a 11

Fuente: Valderrama, 1994

(continúa)

Cuadro 7. Propiedades físicas del aceite de higuierilla (continuación).

Propiedad	Valor
Índice de refracción	1,473 a 1,479
Índice de yodo [g]	82 a 88
Índice de saponificación [mg]	176-187
Materia insaponificable [%]	0,3 a 0,7
Índice de hidróxilo	Min. 160
Índice de yodo	80-91
Peso específico	0,958-0,969
Color	Amarillo claro

Fuente: Valderrama, 1994

El aceite de higuierilla está compuesto de distintos ácidos como los ricinoleico e isoricinoleico (Anadón y Martínez, 2004) (véase Cuadro 8).

Cuadro 8. Composición de ácidos grasos del aceite de higuierilla

Ácido graso	%
Palmítico	0,9 a 1,2
Esteárico	0,7 a 1,2
Oleico	3,2 a 3,3
Linoleico	3,4 a 3,7
Linolénico	0,2
Ricinoleico	89 q 89,4
Dehidroxiesteárico	1,3 a 1,4

Fuente: Valderrama, 1994

Estudios realizados en Guatemala por parte de la Dirección General de Energía, confirman la factibilidad técnica y funcional de un biocombustible elaborado a partir del aceite de la higuierilla, no existiendo necesidad de modificar un motor diésel para utilizarlo en mezclas de diferentes proporciones (10%, 20% y 30%) que afecten su funcionamiento, consumo; torque y potencia. Siendo su principal característica una elevada viscosidad (véase Cuadro 9), propia de las propiedades químicas del aceite de higuierilla (Quintero, 2005).

Cuadro 9. Comparación de propiedades de dos combustibles vegetales y el biodiésel de higuierilla

Propiedad	EMAT ¹	Diésel	Biodiésel de higuierilla
Punto de inflamación °C	192	55	86
Viscosidad cinemática (a 30 °C)	4,84	2 a 8	23,6
% Azufre	0	Máx. 0,5	0,02
Poder calorífico (MJ)	41	45	37
Índice de cetano	---	45	38,5

Fuente: Quintero, 2005

¹ Biodiésel fabricado en Nicaragua a partir de aceite de una palma, bajo la marca comercial Tempate.

Benavides *et al.* (2007), señalan también la factibilidad de elaborar biodiesel a partir de aceite de higuera, no diferenciándose en gran manera, ni repercutiendo, en la funcionabilidad del motor con dicho biocombustible en mezclas con el combustible fósil en proporciones de 5, 15 y 30% (véase Cuadro 10).

Cuadro 10. Comparación de propiedades entre biodiesel de higuera, diesel corriente y mezclas preparadas.

Análisis	B100	B60	B30	B15	B5	Diesel
Agua por destilación (% por volumen)	0,8	0,5	0,1	0,0	0,0	0,0
Cenizas (% por peso)	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Punto final de ebullición	353,6	351,6	362,8	362,8	372,9	380,0
Densidad a 60 °F (kg·m ³)	926,05	901,85	882,17	871,30	868,63	865,97
Índice de cetano	38,0	45,0	49,0	50,5	51,0	50,0
Poder calórico (MJ·kg ⁻¹)	37,52	40,0	42,95	44,2	45,01	45,43
Punto de inflamación (°C)	84,3	64,3	64,3	62,3	62,3	62,3
Punto de fluidez (°C)	-18,0	-12,0	-13,0	-18,0	-14,0	-14,0
Punto nube (°C)	-4,0	4,0	3,0	2,0	1,0	1,0
Residuo carbonoso (% por peso)	< 0,05	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Viscosidad cinemática a 40 °C (mm ² ·s ⁻¹)	14,89	8,75	6,11	5,02	4,79	4,66

Fuente: Benavides *et al.*, 2007

En el Cuadro 10, se puede apreciar como el biodiesel de higuera mezclado en proporciones del 5, 15 y 30% con combustible fósil, no tiene mayores diferencias en cuanto a poder calórico, punto de inflamación y residuo carbonoso. Siendo por lo tanto, un biodiesel viable y funcional, para mezclas de combustibles para motores diesel. Se aprecia además, que a mayores proporciones de biodiesel de higuera en la mezcla con diesel, el punto nube (o de congelación) y viscosidad aumentan, mientras que el número de cetano disminuye debido a las propiedades físico químicas propias del aceite de higuera (Benavides *et al.*, 2007).

Si bien el aceite de higuera representa una alternativa viable para la producción de biodiesel, la presencia de un grupo hidróxilo en la estructura del ácido ricinoleico, no permite la separación entre las fases biodiesel-glicerina, formadas durante la reacción de transesterificación, lo cual dificulta la purificación del biodiesel resultante. Sin embargo, la implementación de técnicas como: el lavado de la mezcla con agua inmediatamente después de concluir la reacción, propiciando la formación de fuertes emulsiones; la utilización de mezclas de aceites como materias primas, soya/higuera, algodón/higuera que facilitan la formación de fases; o la incorporación de glicerina adicional en un 7,5%, son consideradas técnicas viables para facilitar la purificación del biodiesel de higuera (García *et al.*, 2009).

La producción de aceite de higüerilla y su respectivo uso en la fabricación de biodiésel de manera intensiva, es considerada como un beneficio económico y ambiental para cualquier país, pues contribuiría a reducir la factura petrolera, además de reducir las emisiones de gases de efecto invernadero, reforestar zonas degradadas, fomentar las pequeñas empresas artesanales y desarrollar fuentes de empleo rural (Quintero, 2005).

3. Manejo agronómico del cultivo de higuerilla

3.1 Establecimiento

3.1.1 Selección de variedad

El primer paso para el establecimiento de un cultivo comercial de higuerilla, es la selección y obtención de semillas de una variedad de calidad comprobada y de alto rendimiento.

Según Coto (2008), es recomendable la elección de variedades semi-dehiscentes de higuerilla, a fin de minimizar la pérdida de granos durante la ejecución de la cosecha y el traslado de los racimos hasta los patios de secado.

La elección de una variedad dehiscente no es recomendable, debido a los mayores riesgos de pérdida de granos durante la cosecha y el traslado de los racimos, pues el fruto es capaz de lanzar las semillas hasta 4 m de distancia, aspecto que se acrecienta en caso que el productor deje el racimo más tiempo en la planta (Coto, 2008); lo cual requeriría, como medida preventiva, realizar varios cortes durante la etapa de cosecha, no resultando práctico ni económicamente rentable (Goytia, 2010).

En el mercado nacional hay empresas que comercializan semillas de higuerilla. Sin embargo, el germoplasma ofrecido corresponde ejemplares naturalizados dispersos a lo largo del territorio nacional, y no ofrecen por tanto, calidad comprobada referente a las características de dichas accesiones (Belov, 2005).

Considerando que no existen restricciones adicionales para el ingreso de semillas de higuerilla (SAG, 2003), es recomendable, por tanto, la selección y obtención de semillas de una variedad de calidad comprobada, como aquellas ofertadas por empresas como COLBIO de Colombia y/o EMBRAPA de Brasil.

3.1.2 Selección de zonas del cultivo

Tal como lo expresa Cerón (1976), el área de producción comercial de cualquier cultivo está limitada por el tipo de suelo, el largo de la estación de crecimiento, la temperatura y la humedad, siendo por lo tanto; fundamental cumplir con los requisitos de clima, suelo y agua de cada especie; para un óptimo y sustentable manejo productivo. Una vez conocidos los requerimientos edafoclimáticos mínimos de la higuera, es posible determinar las zonas de cultivo adecuadas para su establecimiento.

La higuera al ser una especie de extraordinaria adaptación, se distribuye ampliamente en los trópicos de ambos hemisferios. Se le encuentra en zonas con climas tropicales secos y húmedos, en estepa o semiáridos, subtropicales húmedos, y subtropicales secos de verano (ODEPA, 2010).

Actualmente no se cuenta con registros oficiales de superficies cultivadas con esta especie en Chile, encontrándose sólo como maleza desde Arica hasta la Región Metropolitana, tanto en la zona costera como en la andina, no sobrepasando los 1.300 msnm (Belov, 2005). Sin embargo, estudios realizados por la Oficina de Estudios y Políticas Agrarias, informan que las regiones más importantes para la producción de esta especie bajo condiciones de riego serían desde Coquimbo hasta el Maule (*véase* Figura 3), mientras que bajo condiciones de secano, se consideran el Maule, Bio Bío y La Araucanía (*véase* Figura 4) (ODEPA, 2010).

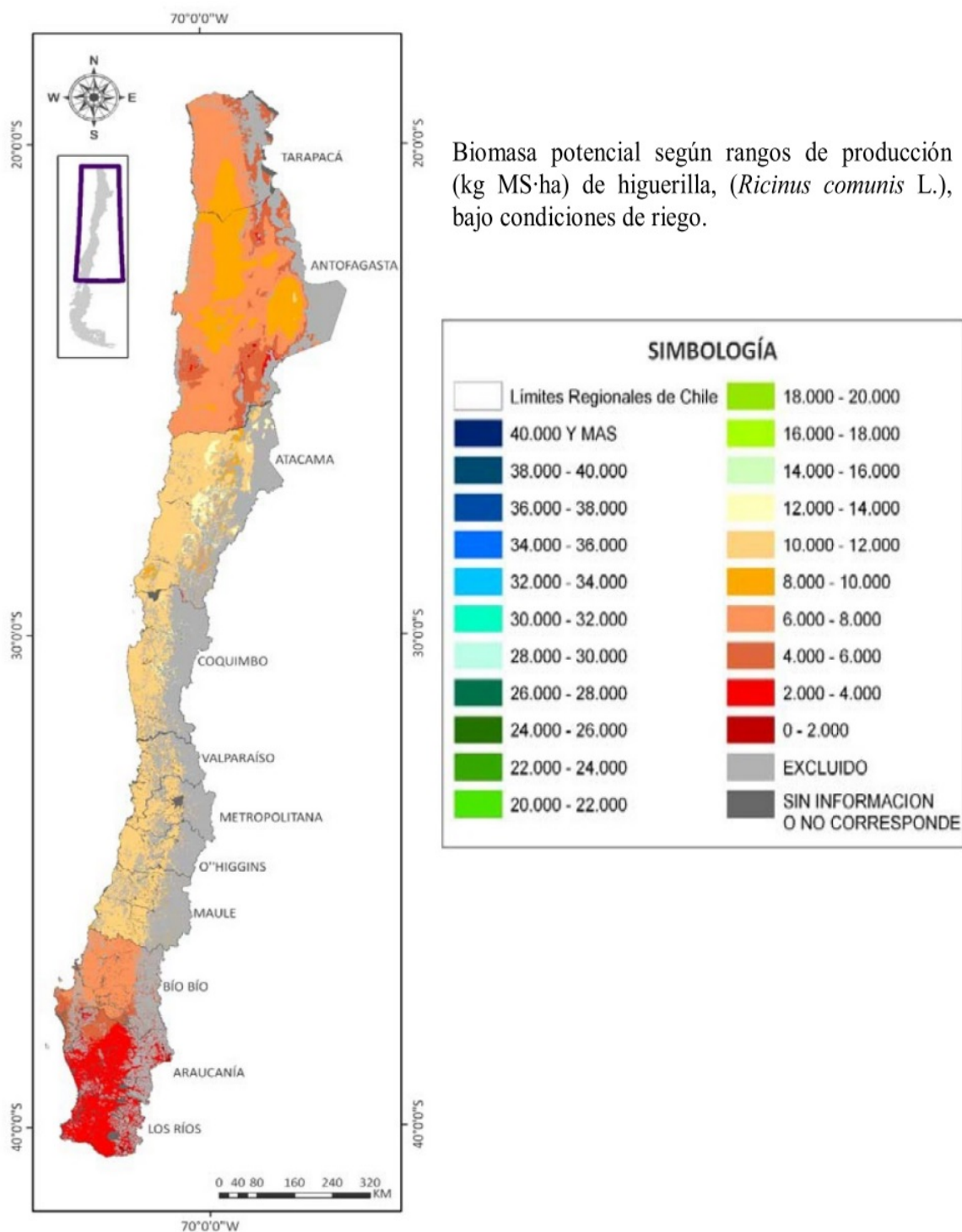


Figura 3. Mapa de aptitud productiva para higuierilla (*Ricinus communis* L.), bajo condiciones de riego (ODEPA, 2010).

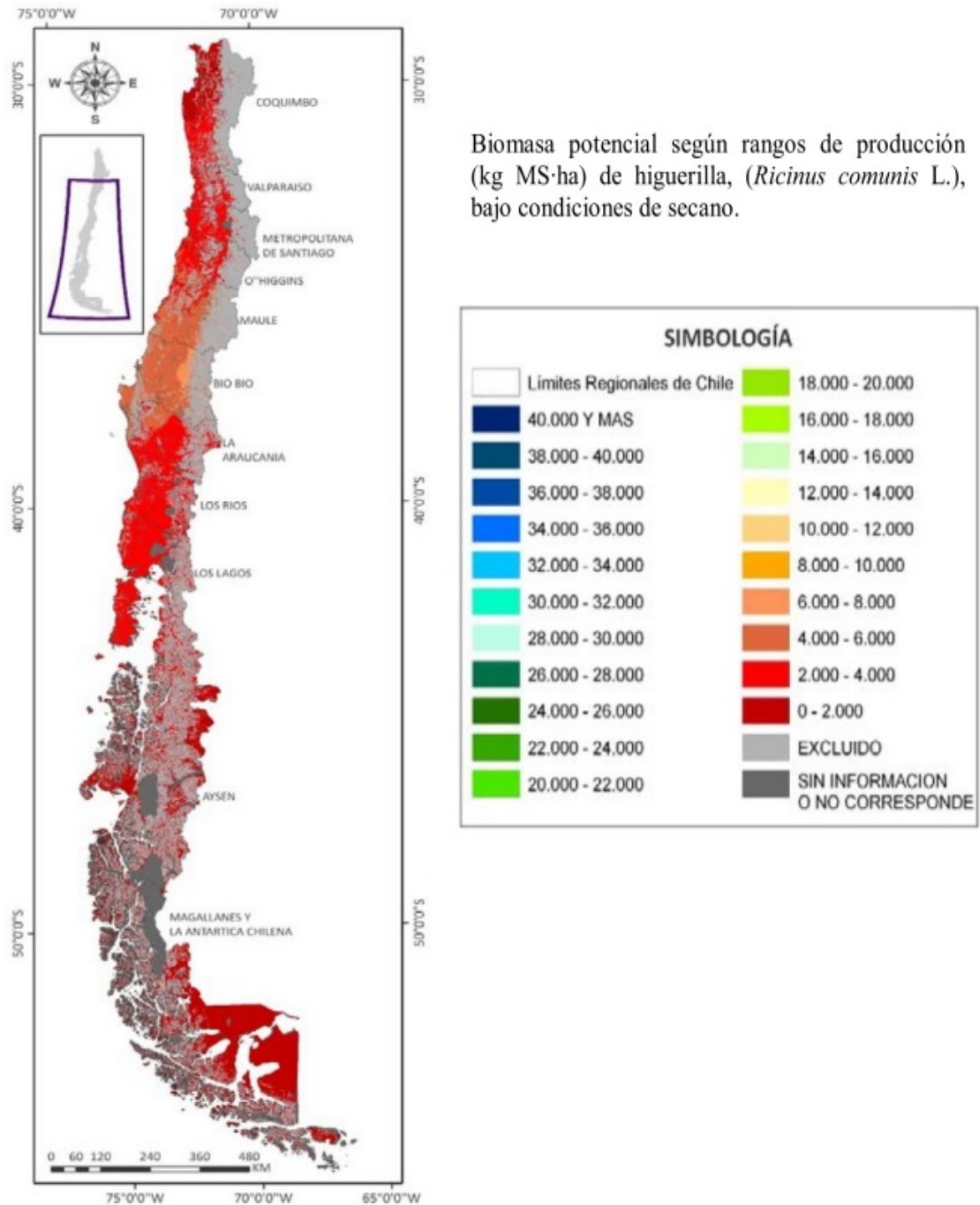


Figura 4. Mapa de aptitud productiva para higuerrilla (*Ricinus comunis* L.), bajo condiciones de secano (ODEPA, 2010).

Sin embargo, el mapa realizado por ODEPA (2010), requiere ciertas rectificaciones, pues pasa por alto la sensibilidad a bajas temperaturas de la higuera, así como sus requerimientos hídricos.

Considerando que la temperatura media óptima mínima para el desarrollo de la higuera se estima en 20 °C y la máxima óptima en 30 °C (Mazzani, 2007), así como el hecho de no tolerar heladas (Pabón, 2009) con mínimas óptimas de 10 °C (Lobato, 2008), los k_c estimados para esta especie (Allen *et al.*, 2008), y la caracterización bioclimática de Chile mencionada por Uribe *et al.* (2012). Las zonas que satisfacen los requerimientos térmicos e hídricos para establecer cultivos comerciales de higuera es mucho más acotada, ciñéndose a un total de 43 distritos bioclimáticos comprendidos entre el norte chico y la zona sur del país (véase Apéndice I).

En la zona del norte chico de Chile, según caracterización bioclimática recogida por Uribe *et al.* (2012) y los requerimientos climáticos de higuera, ya mencionados, se observa un solo distrito bioclimático que cumple con los requisitos térmicos e hídricos de la higuera, el cual posee la siguiente nomenclatura o denominación, según la clasificación asignada en el Atlas Bioclimático de Chile (Uribe *et al.*, 2012) (véase Figura 5):

- S344 sa54

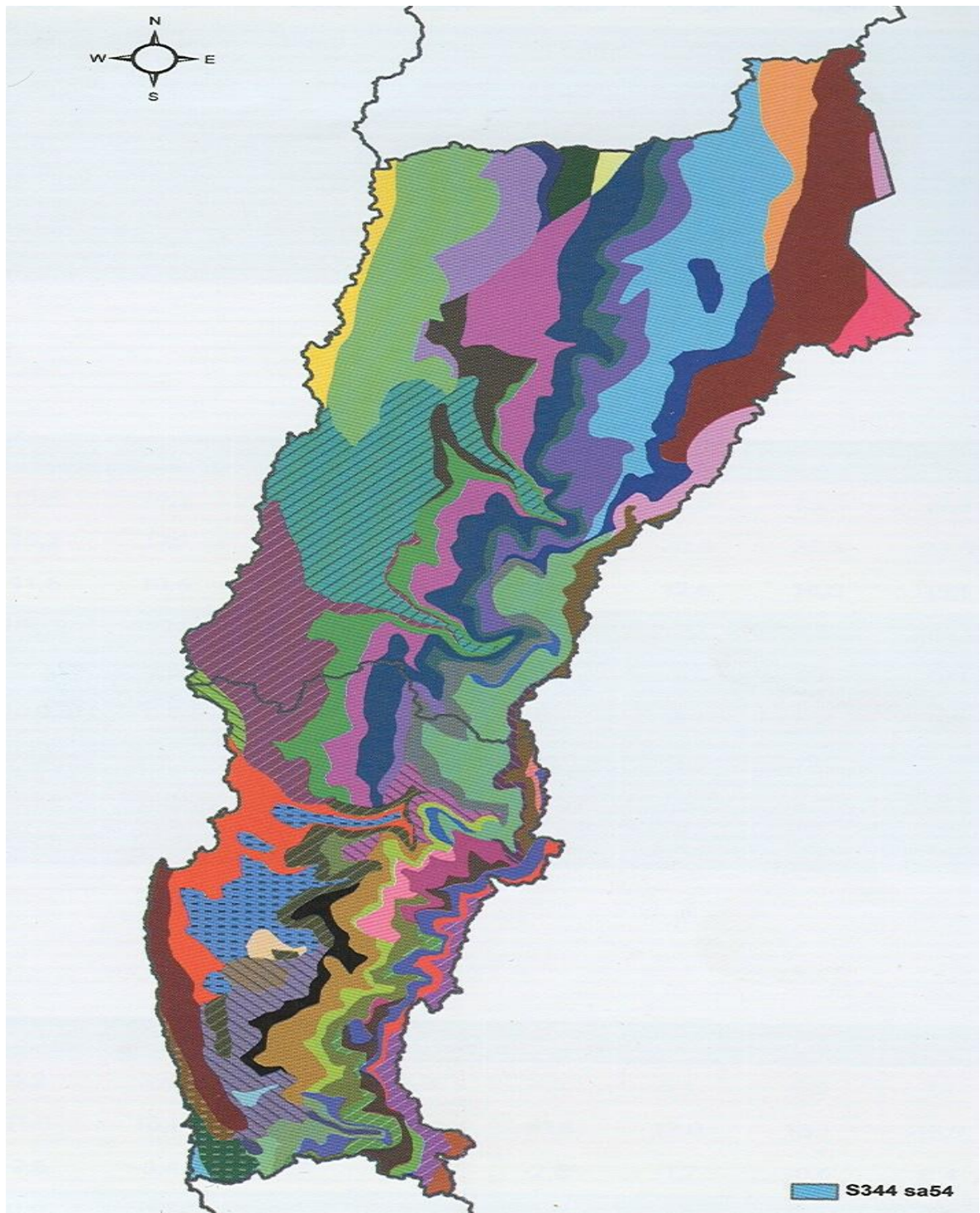


Figura 5. Distritos bioclimáticos con potencial apropiado para el cultivo de higuera en la zona del norte chico de Chile.

En la zona central del país, 13 de los 44 distritos bioclimáticos caracterizados en dicha zona, se asemejan a los requisitos climáticos que requiere la higuera (véase Figura 6):

- Mt242 sa44
- Mt243 sa44
- S243 sa44
- S344 sa44
- m241 Shs44
- Mt242 Shs44
- Mt243 Shs44
- Mt345 Shs44
- S243 Shs44
- S344 Shs44
- Mt344 Shh44
- S344 Shh44
- S344 sa54

Considerando como principal factor limitante la sensibilidad de la higuera a las bajas temperaturas y la ocurrencia de heladas, de los distritos bioclimáticos apropiados para el establecimiento de un cultivo de higuera, los 5 (véase Apéndice II) más aptos por representar menos riesgo de incidencia de temperaturas próximas a los 0 °C en la zona central son:

1. Mt345 Shs44
2. Mt344 Shh44
3. S344 sa54
4. S344 Shs44
5. S344 sa44

Mientras que distritos bioclimáticos más riesgosos a incidencia de temperaturas bajas que pudiesen afectar el cultivo de higuera en la zona central son:

1. S243 sa44
2. Mt243 Shs44
3. Mt242 sa44
4. Mt242 Shs44
5. m241 Shs44

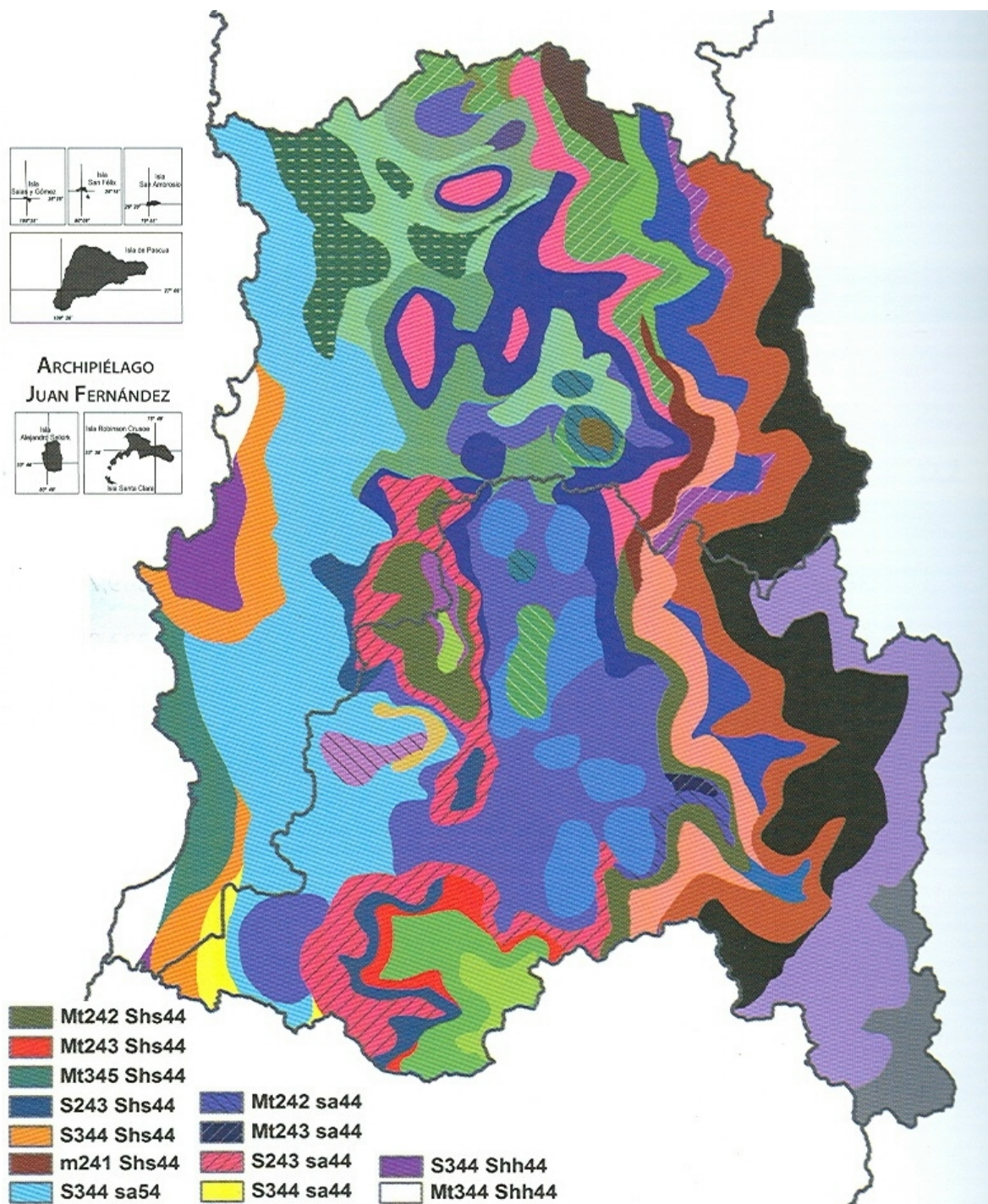


Figura 6. Distritos bioclimáticos con potencial apropiado para el cultivo de higuera en la zona central de Chile.

En la zona centro sur del país, 19 de los 35 distritos bioclimáticos caracterizados en dicha zona, satisfacen los requerimientos climáticos mínimos de la higuera (véase Figura 7):

- S242 sa44
- S243 sa44
- S344 sa44
- Mt242 Shs44
- Mt243 Shs44
- S242 Shs44
- S243 Shs44
- S344 Shs44
- M344 Shs44
- I241 Shh44
- Mt242 Shh44
- Mt243 Shh44
- Mt344 Shh44
- S243 Shh44
- S344 Shh44
- Mt344 h44
- S243 Shh45
- Mt241 h45
- S344 Sa54

Considerando como principal factor limitante la sensibilidad de la higuera a las bajas temperaturas y la ocurrencia de heladas, de los distritos bioclimáticos apropiados para el establecimiento de un cultivo de higuera, los 5 más aptos por representar menos riesgo de incidencia de temperaturas próximas a los 0 °C en la zona centro sur son:

1. Mt344 h44
2. Mt344 Shh44
3. S344 Sa54
4. S344 Shs44
5. S344 sa44

Mientras que los distritos bioclimáticos más riesgosos a incidencia de temperaturas bajas que pudiesen afectar el cultivo de higuera en la zona centro sur son:

1. Mt242 Shh44
2. S242 Shs44
3. S242 sa44
4. I241 Shh44
5. Mt241 h45

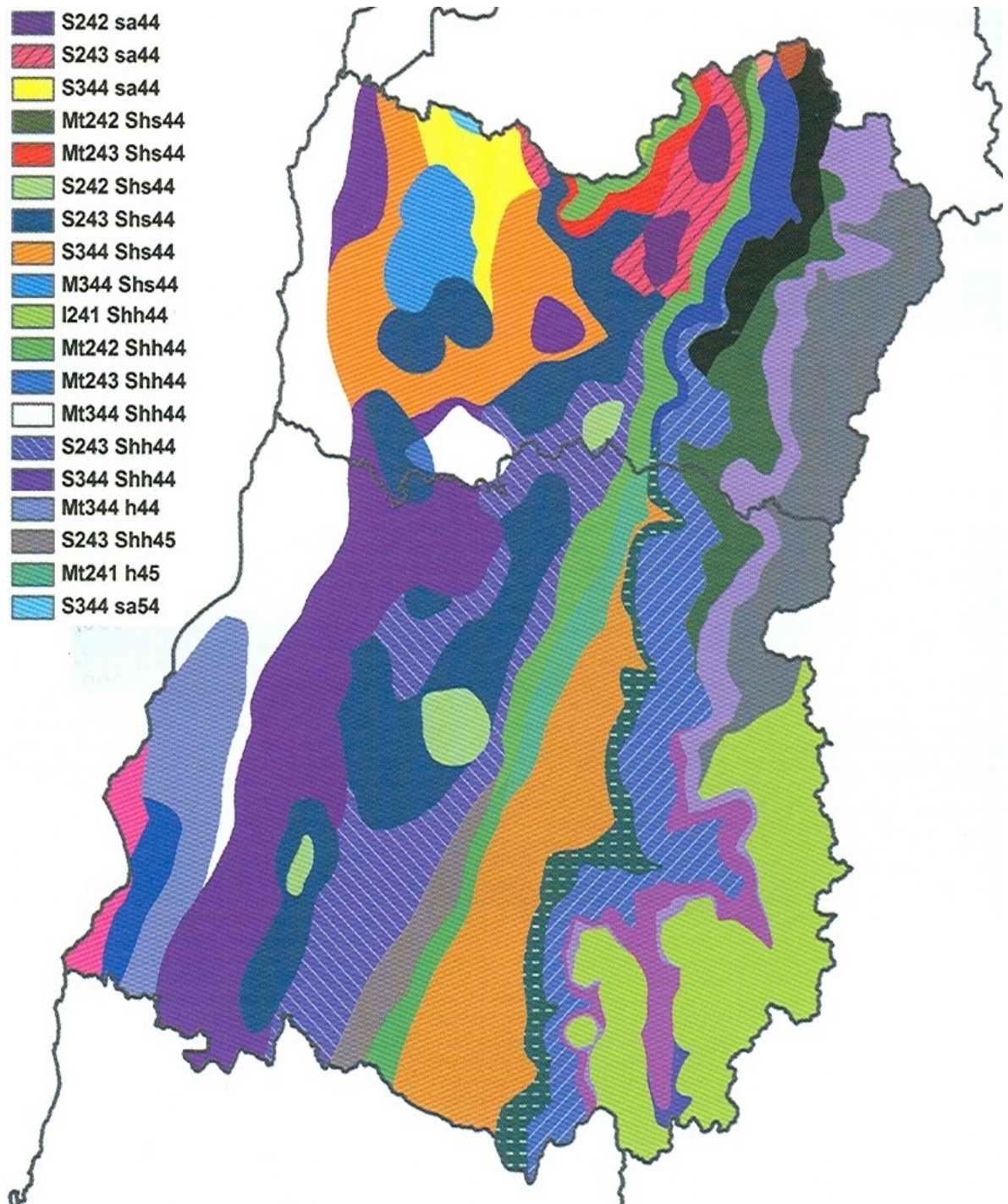


Figura 7. Distritos bioclimáticos con potencial apropiado para el cultivo de higuera en la zona centro sur de Chile.

En la zona sur del país, 10 de los 39 distritos bioclimáticos caracterizados en dicha zona, se asemejan a los requisitos climáticos que requiere la higuera (véase Figura 8):

- S243 Shh35
- Mt344 h35
- S243 h35
- S344 h35
- Mt243 Shh44
- S243 Shh44
- S344 Shh44
- M243 Shh44
- Mt344 h44
- S243 Shh45

Considerando como principal factor limitante la sensibilidad de la higuera a las bajas temperaturas y la ocurrencia de heladas, de los distritos bioclimáticos apropiados para el establecimiento de un cultivo de higuera, los 5 más aptos por representar menos riesgo de incidencia de temperaturas próximas a los 0 °C en la zona sur son:

1. Mt344 h44
2. Mt344 h35
3. S344 Shh44
4. S344 h35
5. Mt243 Shh44

Mientras que los distritos bioclimáticos más riesgosos a incidencia de temperaturas bajas que pudiesen afectar el cultivo de higuera en la zona sur son:

1. M243 Shh44
2. S243 Shh44
3. S243 Shh45
4. S243 Shh35
5. S243 h35

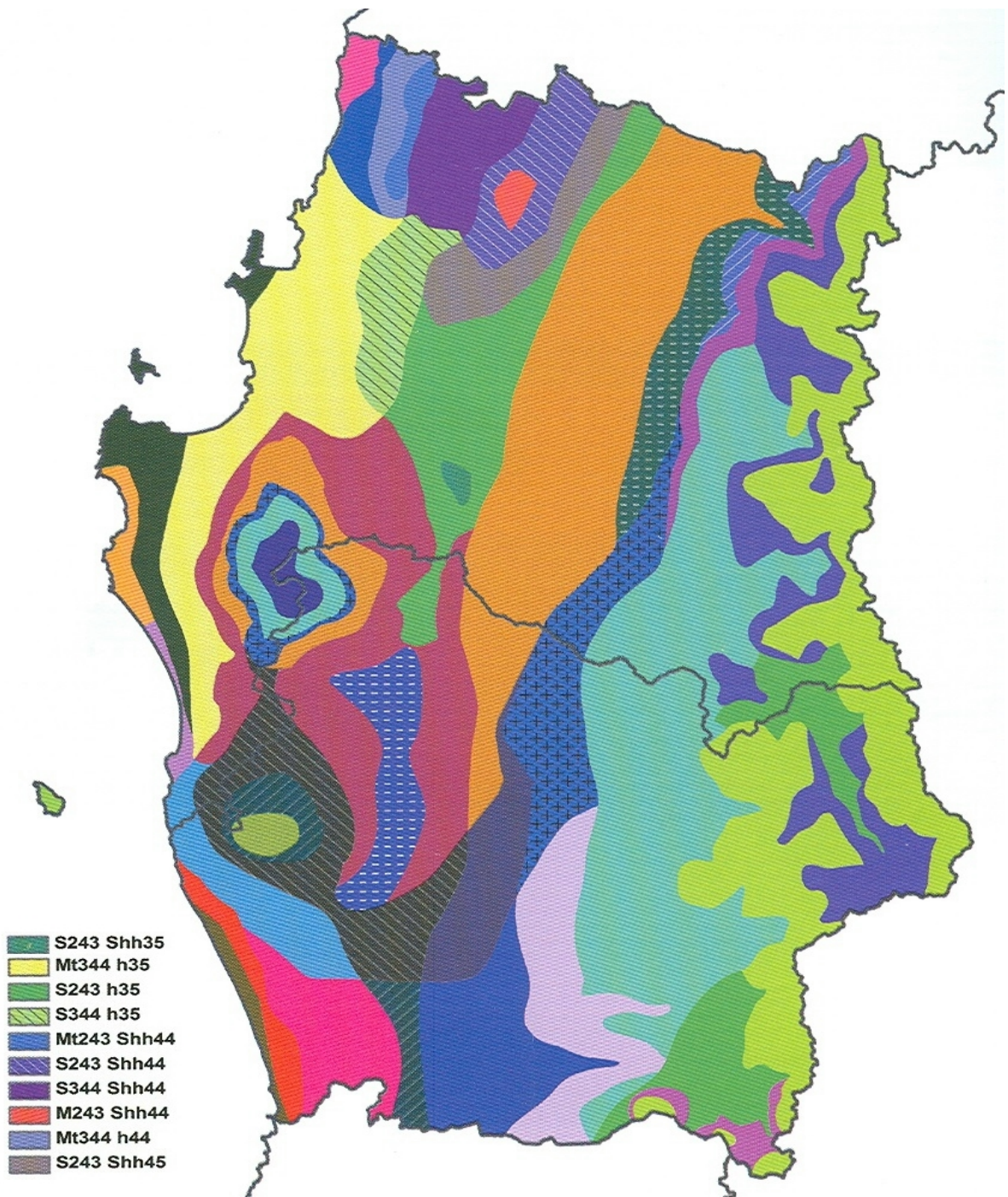


Figura 8. Distritos bioclimáticos con potencial apropiado para el cultivo de higuera en la zona sur de Chile.

De los 43 distritos bioclimáticos donde es posible establecer cultivos de higuera, distribuidos entre el norte chico y sur de Chile, los 5 más apropiados por representar menos riesgo de ocurrencia de heladas son:

1. Mt345 Shs44 (zona central)
2. Mt344 h44 (zona centro sur)
3. Mt344 h44 (zona sur)
4. Mt344 Shh44 (zona centro)
5. Mt344 Shh44 (zona centro sur)

Mientras que los más riesgosos a incidencia de temperaturas bajas, que pudiesen afectar el cultivo de higuera son:

1. S242 Shs44 (zona centro sur)
2. S242 sa44 (zona centro sur)
3. I241 Shh44 (zona centro sur)
4. Mt241 h45 (zona centro sur)
5. m241 Shs44 (zona centro)

3.1.3 Fecha de establecimiento

Una vez determinada la variedad de higuera y el lugar de establecimiento, es necesario planificar la fecha en que se establecerá el cultivo, tendiendo como objetivo que la cosecha coincida con la época seca de la zona elegida (Coto, 2008). Conforme a esto y considerando que según Allen *et al.* (2008) en promedio los días transcurridos desde germinación hasta la maduración de los primeros racimos corresponde a 180 días para zonas semiáridas, se estiman en promedio 6 meses previos a la época seca, como fecha recomendada para establecer un cultivo de higuera.

Teniendo claridad respecto a la fecha de establecimiento y las respectivas labores de labranza, comunes para la generalidad de los cultivos (araduras, rastrajes) es necesario determinar el modo de establecimiento, sea siembra directa o por transplante.

3.1.4 Modo de establecimiento

Si bien la higuera tolera establecimiento tanto por siembra directa o transplante, se recomienda éste último pues favorece mayor uniformidad en la plantación (INIA, 1984).

Previo a la siembra, sea directa o en bolsas para posterior transplante, se recomienda desinfectar las semillas poniéndolas en una solución de 5 cm³ de formol comercial (28%) en un litro de agua durante 15 minutos (COLBIO, 2013), para posteriormente remojar mínimo 12 hr para hidratar las semillas, adelantando la germinación 2 a 4 días (Delgado, 2006).

Según Leal (s.a.) se recomienda sembrar 3 a 4 semillas por sitio a una profundidad de 3 a 5 cm, para conseguir un alto porcentaje de germinación. Información corroborada empíricamente por parte de éste autor, obteniendo excelentes resultados en germinación (98%) y supervivencia post trasplante (100%) (Delgado, 2012) (véase Foto 4). Debiendo realizar, conforme a manual de cultivo de la empresa COLBIO (2013), a los quince días post trasplante un raleo; dejando sólo una planta por punto, la más vigorosa. Teniendo la precaución que las plantas a eliminar sean cortadas y no arracadas para evitar daños en el sistema radicular en la planta elegida.



Foto 4. Cultivo de higerilla establecido por trasplante en parcela experimental de Antumapu durante la temporada 2012.

Considerando el porte arbustivo y la altura media que posee esta especie, en variedades tradicionales, o naturalizadas, el marco de plantación que suele usarse en el establecimiento de un cultivo de higerilla corresponde a 1,5 x 2 m, equivalente a una densidad de plantación de 3.333 plantas·ha⁻¹ (COLBIO, 2013). Sin embargo, el empleo de variedades enanas como la COSTASEM H-343, permite el establecimiento de cultivos de altas densidades, con 7.203 plantas·ha⁻¹ y elevados rendimientos; que fluctúan entre los 13.000 a 15.000 kilos de grano·ha⁻¹ en el primer ciclo (Muñoz y Rastrojo, 2009).

Lobato (2008) menciona que el establecimiento de un cultivo de higerilla puede ser único o asociado como ocurre en Brasil. Donde el cultivo único es practicado con fines industriales por parte de grandes productores, mientras que su cultivo asociado, está principalmente vinculado a la agricultura familiar; donde el productor suele asociar la higerilla con cultivos alimenticios como porotos, habas, arvejas maíz o soya (véase Imagen 8 y Cuadro 11).



Imagen 8. Cultivos asociados de higuierilla con fréjol (*Phaseolus vulgaris* L.) (izquierda), y maíz (*Zea mays* L.) (derecha) en Brasil.

Cuadro 11. Recomendaciones de espaciamiento para cultivos de higuierilla asociados

Cultivo único de secano, cultivares de porte medio		
Suelo de baja fertilidad	Suelo de media fertilidad	Suelo de alta fertilidad
2 x1 m	3 x1 m	4 x1 m
Cultivo de secano, cultivares de porte enano		
Suelo de baja fertilidad	Suelo de media fertilidad	Suelo de alta fertilidad
1 x 0,5 m	1 x 0,7 m	1,5 x 0,5 m
Cultivo asociado, siembra en filas simples		
Suelo de baja fertilidad	Suelo de media fertilidad	Suelo de alta fertilidad
4 x 0,5 m	4 x 0,8 m	4 x 1 m
Cultivo asociado con maíz		
Suelo de baja fertilidad	Suelo de media fertilidad	Suelo de alta fertilidad
3 filas (1 x 0,5 m)	3 filas (1 x 0,5 m)	3 filas (1 x 0,6 m)
Cultivo asociado con poroto		
Suelo de baja fertilidad	Suelo de media fertilidad	Suelo de alta fertilidad
5 filas (0,5 x 0,2 m)	5 filas (1 x 0,25 m)	5 filas (0,5 x 0,25 m)
Cultivo asociado, siembra en filas dobles		
Suelo de baja fertilidad	Suelo de media fertilidad	Suelo de alta fertilidad
1 x 0,8 x 4 m	1 x 1 x 5 m	1 x 1 x 6 m

Fuente: Lobato, 2008

3.2 Poda

Leal (s.a.), indican que el cultivo comercial de higuierilla requiere poda, la cual se hace necesaria para:

- Evitar que alcance alturas inapropiadas durante la cosecha.

- Priorizar la producción de granos, más que de follaje.

A su vez, Soares y De Souza (2009), mencionan la importancia del despunte cuando la planta tiene una altura entre 15 a 20 cm, pues se estimula la ramificación y con ello un mayor número de racimos por planta, al eliminar la fuerte dominancia apical que posee la inflorescencia de la rama primaria.

3.3 Manejo fitosanitario

Si bien el cultivo de la higuera ha adquirido en los últimos años una gran importancia económica, en Chile no existe una masificación de su cultivo, y por ende; hay escaso conocimiento sobre su manejo fitosanitario a nivel nacional (FAOSTAT, 2013).

Es necesario generar estudios e información nacional que se traduzcan en cultivos comerciales rentables y sustentables, pues la mayoría de la información al respecto, por no decir su totalidad, está sólo presente en el extranjero.

3.3.1 Control de malezas

El principal control de malezas debe efectuarse en higuera los primeros 60 días del cultivo, tras dicho período, la planta ya tiene una suficiente altura y área foliar como para sombrear a las plantas y reducir los niveles de competencia (COLBIO, 2013).

Existe una gran diversidad de alternativas que van desde el control químico al orgánico (como es el uso de coberturas vegetales, coberturas sintéticas, y/o el uso de organismos vivos y plantas agresivas) para el control de malezas (CCO, 2004). No obstante, considerando que el cultivo de higuera está enfocado para zonas marginales (semiáridas), donde se insta el uso de sistemas de riego eficientes en el suministro de agua, la diseminación de malezas se ve disminuida, siendo el regular control manual de malezas, una alternativa apropiada de control.

Durante el establecimiento de una parcela experimental en el Campus Antumapu de la Facultad de Cs. Agronómicas de la Universidad de Chile, bajo sistema de riego por goteo, se corroboró la efectividad del control manual. Donde controles mensuales fueron suficientes para controlar la diseminación de malezas y la presencia de éstas disminuyó notoriamente en la base de las plantas de higuera (lugar donde había disponible agua debido al sistema de riego por goteo) una vez que éstas alcanzaron una buena cobertura foliar y mayor sombreado (Delgado, 2012).

.3.3.2 Control de plagas:

A nivel internacional, existe una amplia gama de información respecto a las principales plagas que afectan a la higuera, siendo identificadas más de 90 especies de artrópodos asociados a esta especie (Jiménez *et al.*, 1994).

Sin embargo, en Chile, al no ser esta especie un cultivo comercial, la información más precisa se restringe a un solo estudio realizado por un Proyecto conjunto entre CONAF, el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo y la Compañía de Aceros del Pacífico S.A., en el cual se identificaron los principales insectos y ácaros fitófagos que pudiesen afectar un cultivo de higuera en el territorio nacional, entre las regiones I a III (Jiménez *et al.*, 1994).

Jiménez *et al.* (1994) menciona, según observaciones en parcelas experimentales, que en Chile existen 26 especies fitófagas que afectarían un cultivo de higuera (véase Cuadro 12), siendo sólo tres a cuatro las especies, que eventualmente, podrían ser consideradas de algún riesgo futuro, por su calidad de plagas primarias o secundarias en otros cultivos, como es el caso de la araña bimaclada (*Tetranychus urticae* (Koch))entre otros.

Cuadro 12. Lista de insectos y ácaros detectados que potencialmente pueden afectar a *Ricinus communis* L. en Chile..

Orden	Familia	Categoría*	Género/Especie	Nombre vulgar	Distribución (regiones geográficas)
Acarina	Tetranychidae	1,4,5	<i>Tetranychus urticae</i> Koch	Araña bimaclada	I a la XII
Acarina	Tetranychidae	3,4,5	<i>Eotetranychus lewisi</i> Mc. Grez.	Araña amarilla	I
Lepidóptera	Noctuidae	2,4,5	<i>Heliothis</i> sp.		I
Hemíptera	Pentatomidae	2,3,4,5	<i>Nezara viridula</i> L.	Chinche verde	I a la XII
Homóptera	Ortheziidae	4,5	<i>Orthezia</i> sp.	Conchuela móvil	I
Homóptera	Diaspididae	3,4,5	<i>Aspidiotus heredae</i> Vallot	Conchuela blanca de la hiedra	I a la IV

Fuente: Jiménez *et al.*, 1994

(continúa)

Cuadro 12. Lista de insectos y ácaros detectados que potencialmente pueden afectar a *Ricinus communis* L. en Chile. (continuación)

Orden	Familia	Categoría *	Género/Especie	Nombre vulgar	Distribución (regiones geográficas)
Homóptera	Diaspididae	4,5	<i>Pinnaspis aspidistrae</i>		I, Isla de Pascua
Homóptera	Diaspididae	3,4,5	<i>Hemiberlesia lataniae</i> Signoret	Conchuela del plátano	I a la VI
Thysanóptera	Thripidae	1,2,3,4,5	<i>Thrip tabaci</i> Linderman	Trips de la cebolla	I
Homóptera	Aleyrodidae	1,2,4,5	<i>Trialeurodes</i> sp.	Mosquita blanca	I a la X
Lepidóptera	Noctuidae	2,4,5	<i>Heliothis virescens</i> F.	Gusano del tabaco	I
Homóptera	Margarodidae	4,5	<i>Icerya purchasi</i> Mask.	Conchuela acanalada de los citrus	I a la VIII
Lepidóptera	Noctuidae	1,2,4,5	<i>Spodoptera eridania</i> Cramer	Gusano de la alfalfa	I a la IV
Díptera	Agromyzidae	2,4,5	<i>Liriomyza sativae</i> BI.	Minador de las hortalizas	I
Lepidóptera	Noctuidae	3,4,5	<i>Pseudoplusia includens</i> Walter	Cuncunilla verde de la alfalfa	I
Homóptera	Diaspididae	2,3,4,5	<i>Pinnaspis strachani</i> Cooley	Piojillo blanco del olivo	I a la IX, Isla de Pascua
Lepidóptera	Noctuidae	1,2,4,5	<i>Agrotis ipsilon</i> Hufnagel	Gusano cortador de las chacras	III a la IX

Fuente: Jiménez *et al.*, 1994

(continúa)

Cuadro 12. Lista de insectos y ácaros detectados que potencialmente pueden afectar a *Ricinus communis* L. en Chile. (continuación)

Orden	Familia	Categoría *	Género/Especie	Nombre vulgar	Distribución (regiones geográficas)
Lepidóptera	Noctuidae	1,2,4,5	<i>Spodoptera frugiperda</i> J. E. Smith	Gusano cogollero	III a la VIII
Lepidóptera	Noctuidae	4,5	<i>Spodoptera ochrea</i> Hampson		I y II
Thysanóptera	Phlaeothripidae	4,5	<i>Haplotrips</i> sp.		I a la IX
Homóptera	Cicadellidae	1,2,4,5	<i>Empoasca</i> sp.		III a la VIII
Lepidóptera	Noctuidae	2,4,5	<i>Trichoplusia ni</i> Hubner	Gusano medidor del repollo	I a la X
Lepidóptera	Noctuidae	4,5	<i>Spodoptera sunia</i> Gene	Gusano cortador	I y II
Acarina	Tetranychidae	2,4,5	<i>Tetranychus desertorum</i> Banks.	Arañita roja desértica	I a la VIII
Acarina	Tetranychidae	2,4,5	<i>Panonychus citri</i> Mc. Gregor	Arañita roja de los citrus	I a la VII
Lepidóptera	Pyralidae	4,5	<i>Pooccera</i> sp.		I y II

Fuente: Jiménez *et al.*, 1994

- *1: Plaga primaria
- 2: Plaga secundaria
- 3: Plaga ocasional
- 4: Especie asociada
- 5: Especie detectada

Actualmente el mercado dispone de una gran variedad de agroquímicos para el control de la generalidad de las plagas mencionadas, no obstante, es de interés mencionar la presencia de enemigos naturales de los fitófagos prospectados, que pueden ser empleados en el manejo fitosanitario (véase Cuadro 13).

Cuadro 13. Enemigos naturales de los insectos y ácaros detectados que potencialmente afectarían a un cultivo de *Ricinus communis* L. en Chile.

Plaga fitófaga	Enemigos naturales
<i>Tetranychus urticae</i> Koch.	<i>Scolotrips</i> sp. <i>Stethorus histrio</i> Chazeau <i>Oligota pygmaea</i> Sol. <i>Aphidoletes</i> sp. <i>Euseius fructicolus</i> Gonz. & Schuster. <i>Galendromus occidentales</i> Nesbitt <i>Neoseiulus chilensis</i> Dozze <i>Phytoseius decoratus</i> Gonz. & Shuster.
<i>Nezara viridula</i> L.	<i>Ectophasiopsis arcuata</i> Bigot.
<i>Orthezia</i> sp.	<i>Gitona</i> sp.
<i>Aspidiotus heredae</i> Vallot	<i>Chrysoperla</i> sp. <i>Coccidophilus citricola</i> <i>Rhizobius lophanthae</i> Blaisd. <i>Aphytis chilensis</i> How. <i>Aphytis lignanensis</i> Comp. <i>Aphytis melinus</i> De Bach <i>Aphytis notialis</i> De Santis <i>Encarsia aurantii</i> How. <i>Encarsia citrine</i> Craw <i>Azotus platensis</i> Brethes <i>Coccophagus immaculatus</i> How. <i>Signiphora aspidiori</i> Ash.
<i>Trialeurodes</i> sp.	<i>Encarsia haitiensis</i> Dossier <i>Encarsia luteola</i> How. <i>Encarsia lycopersici</i> De Santis <i>Encarsia porteri</i> Merced <i>Encarsia</i> sp. <i>Eretmocerus corni</i> Hald.
<i>Icerya purchasi</i> Mask.	<i>Rodolia cardinalis</i> Muls. <i>Cryptochaetum iceryae</i> Will.
<i>Heliothis virescens</i> F.	<i>Trichogramma minutum</i> Riley

Fuente: Jiménez *et al.*, 1994

(continúa)

Cuadro 13. Enemigos naturales de los insectos y ácaros detectados que potencialmente afectarían a un cultivo de *Ricinus communis* L. en Chile. (continuación)

Plaga fitófaga	Enemigos naturales
<i>Hemiberlesia lataniae</i> Signoret.	<i>Chrysoperla</i> sp. <i>Coccidophilus citricola</i> Brethes <i>Rhizobius lophanthae</i> Blaisd. <i>Aphytis chilensis</i> How. <i>Aphytis notialis</i> De Santis <i>Aphytis hispanicus</i> Mercet <i>Aphytus melinus</i> De Bach <i>Encarsia citrina</i> Craw <i>Azotus</i> sp. <i>Signiphora aspidioti</i> Ashm. <i>Signiphora flavopalliata desantisi</i> De Santis
<i>Thrips tabaci</i> Lindermann	<i>Orius tristicolor</i> White <i>Chrysoperla</i> sp. <i>Neozygites parvispora</i> Mc. Leod, Tyrrel, Carl.
<i>Spodoptera eridania</i> Cramer	<i>Archytas marmoratus</i> Townsend <i>Eucelatoria australis</i> Towns. <i>Stomatomyia parvipalpis</i> Wulp <i>Winthemia trinitatis</i> Thompson.
<i>Pseudoplasia includens</i> Walker	<i>Copidosoma truncatellus</i> Dalman.
<i>Pinnaspis strachani</i> Cooley	<i>Coccidophilus citricola</i> Brethes
<i>Agrotis ipsilon</i> Hüfnagel	<i>Bornetia comta</i> Fallen <i>Apanteles bourquini</i> BI.
<i>Trichoplusia ni</i> Hübner	<i>Incamyia chilensis</i> Aldrich <i>Stomatomyia parvipalpis</i> Wulp. <i>Tetrastichus</i> sp <i>Hyposoter</i> sp.
<i>Empoasca</i> sp.	<i>Anagrus armatus</i> Ashmed

Fuente: Jiménez *et al.*, 1994

(continúa)

Cuadro 13. Enemigos naturales de los insectos y ácaros detectados que potencialmente afectarían a un cultivo de *Ricinus communis* L. en Chile. (continuación)

Plaga fitófaga	Enemigos naturales
<i>Spodoptera frugiperda</i> J. E. Smith	<i>Archytas incasanus</i> Towns. <i>Archytas incerta</i> Macq. <i>Archytas marmoratus</i> Towns. <i>Eucelatoria asustralis</i> Towns. <i>Incamya chilensis</i> Aldrich <i>Peleteria robusta</i> Wied. <i>Winthemia</i> sp. <i>Ophium</i> sp. <i>Trichogramma minutum</i> Riley.
<i>Heliothis virescens</i> F.	<i>Trichogramma minutum</i> Riley
<i>Tetranychus desertorum</i> Banks.	<i>Scolotrips</i> sp. <i>Euiopis connexa</i> Germ. <i>Mesoseiulus longipes</i> Evans <i>Neoseiulus chilensis</i> Dozze <i>Phytoseiulus permisilis</i> A. & H.
<i>Panonychus citri</i> Mc. Gregor	<i>Stethorus histrio</i> Chazeau <i>Euseius fructicolus</i> Gonz. & Schuster <i>Neoseiulus chilensis</i> Dozze

Fuente: Jiménez *et al.*, 1994

Durante el establecimiento de una parcela experimental en el Campus Antumapu de la Facultad de Cs. Agronómicas de la Universidad de Chile en la temporada verano 2012, no se detectó mayor incidencia de plagas, a excepción de la presencia de hormigas, asociadas a los nectarios y observaciones de *Naupactus xanthographus* (Germar). No obstante, no se evidenciaron daños por parte de este curculiónido, durante los 8 meses que duró el establecimiento de éste cultivo (Delgado, 2012) (véase Foto 5).



Foto 5. Presencia de hormigas (izquierda), y burrito de la vid detectada en higuera (derecha).

3.3.3 Control de enfermedades:

Quiroz *et al.* (2011), menciona que la principal enfermedad que afecta al cultivo de higuera es la necrosis de los brotes terminales o muerte apical, causada por *Xanthomonas campestris*, la cual se manifiesta por la presencia de manchas de apariencia aceitosa y de color negro o café en los brotes terminales y hojas jóvenes; además de exudado bacterial. Esta bacteria se encuentra en las semillas, contaminando la testa y el embrión, constituyéndose en la fuente primaria de inóculo de la enfermedad.

Entre las otras enfermedades comunes de higuera se citan (véase Cuadro 14):

Cuadro 14. Enfermedades que afectan a la higuera

Agente	Sintomatología
<i>Fusarium</i> sp.	Lesiones y pudriciones en cuello y raíces
<i>Rhizoctonia</i> sp.	
<i>Pythium</i> sp.	
<i>Colletotrichum</i> sp.	Lesiones en tallo y defoliación de ramas principales
<i>Botrydiploia</i> sp.	
<i>Cercospora</i> sp.	Lesiones foliares
<i>Alternaria</i> sp.	
<i>Cladosporium</i> sp.	
<i>Botrytis</i> sp.	Lesiones y pudriciones en el fruto

Fuente: Quiroz *et al.*, 2011

Para prevención y control de *Fusarium* sp., *Botrytis* sp, *Rhizoctonia* sp., *Pythium* sp. CCO (2004) menciona como alternativa de manejo orgánico Binab-T wp. Mientras que para prevención y control de *Cercospora* sp., *Alternaria* sp., la misma publicación recomienda, por ejemplo, el empleo de Phyton-27, ambos según indicaciones del envase.

Según Cerón (1976) entre las medidas de control para Damping-off se encuentra desinfectar semillas con productos mercuriales, ejemplo: Thiram en una dosis de $15 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$. Mientras que para el control de *Alternaria* sp. recomienda el uso de variedades resistentes, buena fertilización de nitrógeno y aspersiones de follaje cada 15 días con Ditrocarbamatos.

Además, Lobato (2008) menciona varias enfermedades causadas por virus: CPSMV (Cowpea Severe Mosaic Comovirus), CPSMO (Cowpea Severe Mottle Potyvirus) y CPRMV (Cowpea Rugosa Mosaic Potyvirus); en su mayoría transmitido por pulgones.

3.4 Fertilización

El manejo nutricional de la higuierilla debe planificarse según la disponibilidad de nutrientes, determinado por ejemplo mediante un análisis de suelo, y la propia demanda del cultivo; que según Orellana (1920), es una especie que requiere suelos fértiles, principalmente en cuanto a concentraciones de fósforo, calcio y potasio, elementos indispensables, pues son precisamente los que se encuentran en mayor proporción en el grano (véase Cuadro 15).

Cuadro 15. Análisis de ceniza del grano de higuierilla

Nutriente	%
Calcio	11,31
Magnesio	7,33
Hierro	0,89
Fósforo	38,65
Azufre	2,21
Cloro	0,89
Potasio	29,52
Sodio	8,75
Material complementario	0,45

Fuente: Orellana, 1920

Mientras que según Orellana (1920), el contenido nutricional en las cáscaras procedentes de las semillas de higuierilla es (véase Cuadro 16):

Cuadro 16. Contenido nutricional en cáscaras de higuierilla

Nutriente	%
Nitrógeno	1,63
Fósforo	5,75
Potasio	0,19

Fuente: Orellana, 1920

3.5 Cosecha

La cosecha de la higuera suele realizarse de manera escalonada, pues los racimos no maduran al mismo tiempo, no obstante, la elección de variedades con una producción más uniforme, permite cosechar de una sola vez. Estas variedades suelen ser enanas y desfoliarse naturalmente antes de la cosecha, lo cual permite adaptar una cosecha mecanizada. Sin embargo, no existen prototipos de cosechadoras mecánicas para higuera (Coto, 2008).

En variedades dehiscentes se considera indicador de madurez la presencia de 2 a 3 frutos secos en el racimo, como garantía que los frutos de éste han llegado a madurez fisiológica. Mientras que en una variedad indehiscente, la presencia de todos los frutos completamente secos en el racimo y la abscisión de hojas, son considerados como indicadores de madurez para realizar cosecha (Goytia, 2010).

El criterio que predomina para definir el punto de cosecha, es cuando el racimo está totalmente seco, cápsulas de coloración café; o tiene sólo tres frutos verdes, de lo contrario, la calidad del aceite es baja por el aumento de la acidez y su contenido es menor (Coto, 2008).

No es aconsejable cosechar fruto a fruto, cuando estos se van secando, debido al alto costo de mano de obra, siendo, además, innecesario de realizar cuando las variedades son indehiscentes (Coto, 2008).

La cosecha debe realizarse en las horas tempranas de la mañana, pues la humedad que posee el fruto, por el rocío, permite el manejo sin que el fruto se abra y expulse las semillas. A su vez, las setas que posee el fruto, están dóciles, no dañando las manos de los cosechadores, reduciendo incluso el uso de guantes (Coto, 2008).

La cosecha debe hacerse cortando el racimo, con herramientas afiladas evitando desgarres que puedan dañar la planta y ser foco de enfermedades (*véase* Imagen 9) (Coto, 2008).



Imagen 9. Cosecha de racimos de higuera

Los racimos ya cortados deben ser colocados en sacos y/o canastos y ser trasladados a la brevedad a los lugares de secado (Coto, 2008).

Cuando los racimos de higuera son cosechados antes del punto de maduración apropiado, el descascarado es mucho más difícil, debido a que en los frutos verdes los tejidos todavía están inmaduros, no rompiéndose fácilmente para liberar la semilla (Soares y De Souza, 2009).

La cosecha mecanizada en higuera aún no ha sido realizada, no obstante en países como Brasil se han adaptado cosechadoras de arroz y trilladoras de trigo, para cosechar variedades enanas (Goytia, 2010).

3.6 Postcosecha

Los racimos cosechados deben amontonarse y cubrirse con plástico o con una lona, a fin de evitar que la humedad ambiental humedezca los frutos y prolongue su secado (Coto, 2008).

Para el secado se puede utilizar plástico negro sobre el cual se colocan los racimos. Pues éste absorbe el calor y contribuye a que el secado sea más rápido (*véase* Imagen 10) (Coto, 2008).



Imagen 10. Patio de secado para frutos de higuera.

Se estiman entre 7 a 10 días para secar racimos con frutos verdes, donde una superficie de 100 m² de patio de secado, son necesarios para una ha sembrada (Coto, 2008).

Cuando el grano o semilla son destinados a la industria de extracción de aceite, se utilizan secadoras que alcanzan temperaturas de secado entre 50° y 55° C; cuando se trata de semilla para siembra, se usan temperaturas entre 40° y 45° C, ya que éstas no dañan el vigor ni el poder germinativo de la semilla (Coto, 2008).

Para un adecuado almacenamiento de la semilla, es necesario que ésta tenga un contenido de humedad del 10%, lo cual es posible en patios de secado. Mayores índices de humedad repercuten en ataques fúngicos y acidificación del aceite, con la respectiva pérdida de la semilla y calidad del aceite (Coto, 2008).

El descascarado puede hacerse de forma manual o mecánica, en caso de optar por la segunda opción, para que el fruto pueda ser descascarado en forma mecanizada es necesario que no esté adherido al raquis del racimo y no tener una humedad superior al 10%, de lo contrario aumenta el desgaste de las piezas de las máquinas descascaradoras, la cantidad de frutos sin descascarar y el porcentaje de semillas quebradas. Si se hace en forma manual es necesario desprender el fruto del racimo y luego golpear, con una vara flexible, de manera suave, tras la separación de semillas es necesario aventarlas para separar la basura del descascarado o piedras (Coto, 2008).

3.7 El proceso de extracción de aceite

Según Valderrama (1994), el proceso completo de extracción, desde la recolección de las semillas hasta la producción del aceite y su comercialización, considera siete etapas principales: secado, descascarado, calentamiento de semillas, prensado, extracción por solvente, filtración y almacenamiento.

3.7.1 Secado

Implica el secado completo de los racimos, pues cuando éstos son cortados, un porcentaje de él aún no termina de secarse. Para completar el secado los racimos deben ser llevados a una cancha o patio de secado solar o en su defecto, a algún sistema artificial de aire forzado. Un secado adecuado de los racimos disminuye las semillas vanas, reduciendo la humedad de las semillas a un valor adecuado para la extracción (Valderrama, 1994).

3.7.2 Descascarado

Consiste en la extracción de las tres semillas que contiene el fruto de la higuera, sacando y separando las semillas de su envoltorio. Esto se consigue partiendo el envoltorio y mediante un ventilador adicionado al equipo, se separa, por diferencia de peso, las semillas de la cáscara (Valderrama, 1994).

3.7.3 Calentamiento de semillas

Previo a la extracción de aceite, se deben acondicionar las semillas mediante un calentamiento indirecto, a fin de que las semillas alcancen una temperatura máxima de 50 °C., y no provocar alteraciones en el aceite. Con esto se obtiene un mayor rendimiento de aceite durante la etapa de prensado. El tiempo de calentamiento va a estar en directa relación con el equipo a utilizar para tal efecto (Valderrama, 1994).

3.7.4 Prensado

Tras el calentamiento de las semillas, se procede al prensado. Se recomienda colocarlas dentro de un saco de tela filtrante para retener la mayor cantidad de borra (*torta*) posible. El prensado de la higuera produce muchas de éstas impurezas, por tratarse de una semilla blanda. La carga de la prensa debe ser rápida, evitando que las semillas se enfríen y se disminuyan los rendimientos. El aceite obtenido pasa por filtración y la torta residual, a su acondicionamiento, para un segundo prensado o para extracción por solvente. Este proceso se realiza a una temperatura constante de 40 °C y la torta, almacenada en los canastillos del estanque extractor, es regada mediante una ducha de solvente durante un tiempo aproximado de seis horas. El aceite obtenido mediante este proceso se clasifica como de segunda calidad (Valderrama, 1994).

3.7.5 Extracción por solvente

La torta resultante del primer prensado aún contiene un porcentaje importante de aceite, razón por la cual debe efectuarse una segunda extracción, empleando el proceso de extracción por solvente, donde el equipo que suele usarse corresponde a un “Soxhlet” y como solvente, éter de petróleo (Valderrama, 1994).

El equipo “Soxhlet” emplea reactores de vidrio provistos con sistema de agitación magnética y reflujo a presión atmosférica con calentamiento constante (Córdoba, 2012).

3.7.6 Filtración

El aceite de higuierilla sale del filtrado con bastantes impurezas debiendo, por lo tanto, ser filtrado. La alta viscosidad del aceite hace de la etapa de filtración un proceso lento, que se ve complicado con la cantidad de borra que trae del prensado. Un aumento de la temperatura del aceite (hasta 105 °C) ayuda en este proceso, pero han de tomarse las precauciones de no calentar en demasía el aceite, a fin de no alterar su calidad (Valderrama, 1994).

3.7.7 Almacenamiento

El aceite filtrado puede ser almacenado en estanques de fibra de vidrio o en tambores metálicos. Debiendo ser resguardado en un lugar fresco, oscuro y de poca humedad.

4. Ficha técnica de la higuierilla para Chile

1. Clasificación:

Euphorbiaceae

Ricinus communis L.

2. Requerimientos climáticos básicos:

T° germinación óptima:	≥ 20 °C
T° crecimiento óptimo:	20 – 30 °C
T° daño de heladas:	Sensible a heladas
Requerimientos horas luz:	10 – 12 horas diarias de luz solar

3. Suelos:

Textura:	Arenosa, franco-arcillosa
pH:	4,5 – 8,3
Profundidad mínima:	1 m

4. Sistema de cultivo:

Almácigo y transplante (a mediados de agosto)

5. Fecha de establecimiento:

2 a 3 semanas tras siembra en almácigo. Planificando 6 a 7 meses previos a meses secos.

6. Dosis de siembra:

7 kg·ha⁻¹

7. Distancia de siembra:

DSH:	1,5 m
DEH:	2 m

8. Variedad:

Semindehiscente

(continúa)

Ficha técnica de la higuera para Chile (continuación)

9. Fertilización¹:

Elemento	Resultado del análisis de suelo	Cantidad a aplicar	Momento de aplicación	Método
Encalado	Mg < 5 mmol _c ·dm ³	Según cálculo	3 meses previo a siembra o trasplante	En cobertura e incorporado
Nitrógeno N kg·ha ⁻¹		15	A la siembra	En cobertura
Nitrógeno N kg·ha ⁻¹		30-60	Inicio de floración	En cobertura
Fósforo P ₂ O ₅ kg·ha ⁻¹	< 0,6 mg·dm ³	80	A la siembra	Al costado y por debajo de siembra o trasplante
	7-15 mg·dm ³	60		
	> 15 mg·dm ³	40		
Potasio K ₂ O kg·ha ⁻¹	< 0,7 mmol _c ·dm ³	40	A la siembra	Al costado y por debajo de siembra o trasplante
	0,8-1,5 mmol _c ·dm ³	30		
	> 1,5 mmol _c ·dm ³	20		

10. Riego:

Por goteo, cintas o aspersión, según demanda evapotranspirativa del cultivo. La cual puede calcularse según la Etp de la zona y los coeficientes de cultivo para higuera determinados por FAO².

11. Control de malezas:

Control manual de malezas los primeros 60 días de establecido el cultivo.

12. Control de plagas:

- Tras establecimiento, monitorear y controlar contra gusanos cortadores (*Agrotis ipsilon* y *Spodoptera sunia*), que pudiesen afectar el desarrollo inicial de las plántulas.
- Desde el mes 1 en adelante, una vez que las plantas cuenten con mayor ramificación, monitorear y controlar ante presencia de pulgones, trips y ácaros.

(continúa)

Ficha técnica de la higuera para Chile (continuación)

13. Control de enfermedades³:

Previo trasplante realizar aplicaciones preventivas contra *Fusarium* sp., *Rhizoctonia* sp., *Pythium* sp.; que pudiesen afectar el desarrollo radical de las plántulas, tomando como principal medida, evitar la excesiva humedad en suelo.

Durante floración y fructificación, se pueden realizar aplicaciones de azufre preventivas/control contra *Botrytis* sp. que pudiese afectar el desarrollo de los racimos.

14. Fecha de primera cosecha aproximada:

6 a 7 meses post trasplante

15. Rendimientos esperados⁴:

1 ^{er} año:	6 Ton·ha ⁻¹
2 ^{do} año:	8 Ton·ha ⁻¹
3 ^{er} año:	22 Ton·ha ⁻¹
4 ^{to} – 12 ^{vo} año:	33 Ton·ha ⁻¹

¹: Lobato, 2008.

²: Allen *et al.*, 2008.

³: Samayoa, 2007.

⁴: INIA, 1984.

5. Otros potenciales usos para un cultivo de higuera

El principal producto de la higuera es el aceite de sus semillas, al cual se le atribuyen más de más de 700 usos industriales según la empresa COLBIO (2013) (véase Cuadro 16).

Comparativamente, el precio de referencia para el aceite de higuera se cotizó un 66% superior al de soya, desde el 2003 hasta el 2011 fluctuando desde US\$ 650 la tonelada en febrero del 2002, a un máximo de US\$ 2.700 la tonelada de aceite en febrero del año 2011 (Córdoba, 2012).

En el área médica y farmacéutica resalta el efecto anticoagulante de los extractos acuosos procedentes de sus hojas (Apecechea *et al.*, 2002), su rol como purgante, contra la sarna y quemaduras (Orellana, 1920); usos anticonceptivos (Dnyaneshwar *et al.*, 2011), alternativa al lindano (Bejarano *et al.*, 2006), fabricación de pinturas, jabones, barnices, cosméticos y lubricantes (Anadón y Martínez, 2004). En el área de los agroquímicos, se menciona el uso como insecticida de la hormiga negra común (*Acromyrmex lundii*) (Caffarini *et al.*, 2008) y de la polilla de la harina (*Plodia interpunctella*) (Collavino *et al.*, 2006), además de la acción nematoestática para el control de *Meloidogyne incognita* (Rich *et al.*, 1989). Mientras que en el ámbito agroindustrial, destaca el eventual uso en la fabricación de papel, cartón corrugado, fibras (Fonseca *et al.*, 2009) y poliuretanos degradables (Gil *et al.*, 2007).

Cuadro 16. Aplicación industrial de derivados del aceite de higuera

Sitio de reacción química	Derivado	Aplicación
Enlace éster	Metilricinoleato	Nylon- 11 (hilos,tubos, mangueras, conexiones industria automotriz, aeronáutica)
Doble enlace	Aceite hidrogenado Aceite oxidado	Ceras, lubricantes, cosméticos, plásticos Plastificantes, protectores, tintas, adhesivos
Grupo hidroxilo	Aceite deshidratado Aceite sulfonado Ácido sebácico Aceite etoxilado Poliuretanos Transesterificación	Secativo Industria textil Lubricantes, Nylon-6-10 Cosméticos, detergentes, lubricantes de superficie, aceite de corte, fluido hidráulico, industria textil Telecomunicaciones, construcción, aislantes, materiales eléctricos, productos biomédicos, filtros industriales Biodiésel

Fuente: Lobato, 2008

Córdoba (2012) también señala la gran cantidad de usos que es posible darle al aceite de higuera (véase Cuadro 17):

Cuadro 17. Principales usos del aceite de higuera.

Sector de uso	Producto
Pinturas y tintas	Pinturas, plastificantes y recubrimientos, barnices, lacas, removedores, aditivos, glicerina, aceite ricinoleico, poliamidas.
Farmacéutica	Anticaspa, catártico, emoliente, emulsificante, encapsulante, expectorante, laxativo y purgante, glicerina.
Productos químicos textiles	Materiales para terminados textiles, Nylon, fibras sintéticas y resinas, detergentes sintéticos, surfactantes.
Perfumería	Heptaldehido, ácido heptanoico, alcohol heptílico, acetato de heptilo.

Fuente: Córdoba, 2012

(continúa)

Cuadro 17. Principales usos del aceite de higuera (continuación)

Sector de uso	Producto
Cosméticos	Labiales, tónicos capilares, chamús, brillos, emulsificantes, desodorantes, ceras.
Lubricantes	Grasas lubricantes para aviones, jets, autos; fluidos hidráulicos, aditivos, agentes anticorrosión, ácido sebácico.
Plásticos y caucho	Nylon 11, películas plásticas, adhesivos, resinas sintéticas, plastificantes, polioles.
Electrónica y telecomunicaciones	Polímeros, poliuretanos, aislamientos, polioles.
Alimentario	Recipientes, surfactantes, aditivos.
Industria papelera	Antiespumante, aditivo a prueba de agua.
Agricultura	Fertilizante orgánico
Otros	Sellante, componente de vidrios para blindados, jabones, sales metálicas.

Fuente: Córdoba, 2012

Entre los otros usos para subproductos del proceso productivo de higuera, como es la torta de ésta, tras el proceso de extracción de aceite, Razo *et al.*, (2007), Mazzani (2007) y Lobato (2008) mencionan su uso como fertilizante orgánico, caracterizándose por un alto contenido nutricional frente a otras tortas como la de algodón, e incluso abonos animales (véase Cuadro 18 y 19) (Delgado, 2006), sumado a propiedades insecticidas y nematocidas.

Cuadro 18. Contenido de N-P-K en torta de higuera

Material	%N como NH₃	%P como P₂O₅	%K como K₂O
Torta de higuera	1,91 – 3	0,28	3,02
Torta de algodón	0,5	0,05	1,1
Abono fresco establo	0,5	0,25	0,5

Fuente: Delgado, 2006

Cuadro 19. Características físicas del fertilizante obtenido de la torta de higuierilla

Humedad (%) 100-110 °C	Densidad aparente suelta (g·cm³)	Densidad aparente compacta (g·cm³)	Granulometría (%) ABNT-2,0 mm	Granulometría (%) ABNT-0,5 mm
6,43	0,616	0,710	11,52	67,13

Fuente: Lobato, 2008

Además, debido a su composición nutricional (véase Cuadro 20), la torta de higuierilla también puede emplearse como suplemento alimenticio de ganado. Sin embargo, se hace necesario la realización de un procedimiento de destoxificación para eliminar la ricina (Mazzani, 2007), mediante un tratamiento térmico de la torta, durante 10 minutos a 80 °C ò durante aproximadamente 1 hora con una temperatura de 50 °C (Anadón y Martínez, 2004).

Cuadro 20. Composición nutricional de la torta de higuierilla.

Propiedad	%
Humedad	9,8
Grasa	5,5
Proteína	20,4
Hidratos de carbono	24
Fibra	24
Minerales	10,5

Fuente: Mazzani, 2007

6. Experiencias de manejo agronómico de un cultivo de higuierilla en Chile

Actualmente no existen antecedentes de cultivos comerciales de higuierilla en el país, y los dos únicos registros encontrados se ciñen a la empresa Ricino Planters Ltda., que durante la temporada de 1984, vendió semillas anuales y perennes a numerosos agricultores de distintas zonas del país, entre la IV y VIII regiones (INIA,1984).

El más reciente cultivo comercial de higuierilla, lo realizó la empresa BioAtacama S.A., la cual estableció las primeras plantaciones de esta oleaginosa en la provincia de Huasco el 2008, utilizando material vegetal procedente de diversas localidades del país, obteniendo buenos resultados en germinación y crecimiento de plantas. No obstante, nevazones inusuales acontecidas la temporada del año 2010, arrasaron con el cultivo, no pudiendo a la fecha realizar las replantaciones respectivas.

No obstante, el interés por el cultivo de la higuierilla y su potencial uso como materia prima en elaboración de biodiésel sigue latente. Es así como el presente autor el año 2012 logró adjudicarse un Proyecto FONDEF-CONICYT titulado “Desarrollo del cultivo agronómico de higuierilla de (*Ricinus communis* L.) para la obtención de biocombustibles” (véase, Imagen), donde comprobó el interés por parte del consorcio Biocomsa S.A. en la higuierilla como especie de potencial energético y de desarrollo para zonas áridas y semiáridas del

país, y de empresas como Bioengine; la cual manifestó su interés en desarrollar una técnica para elaboración de biodiésel a partir de aceite de higuera, mientras que la Empresa Nutraoils, manifestó interés por desarrollar una técnica de extracción de aceite de las semillas de esta especie (Delgado, 2012) (véase Anexo I).

Durante la ejecución del Proyecto, el autor pudo desarrollar técnicas básicas de manejo agronómico, relacionadas con la obtención de plantas y el establecimiento, pudiendo corroborar la información de la literatura internacional, relacionada al cultivo de esta especie; particularmente sobre los períodos de desarrollo del cultivo, confirmando que la accesión chilena tiene una gran adaptabilidad y precocidad, alcanzando primera floración a los 7 meses tras una germinación exitosa del 97%.

Lamentablemente, la ocurrencia de una fuerte helada en junio del 2012 arrasó con el cultivo, por lo cual se imposibilitó continuar con el estudio y proyecto respectivo. No se pudo obtener aceite a partir de las semillas y por lo tanto, desarrollar un biodiésel prototipo que hubiese permitido desarrollar la segunda parte del proyecto.

7. Estructura de costos para un cultivo de higuera para obtención de semillas

Muñoz y Rastrepo (2009), mencionan al aceite de higuera como la mejor materia prima para elaborar biodiésel, por ser el único soluble en alcohol y no requerir los gastos de energía calórica que exigen otros aceites vegetales para la fabricación de biocarburantes..

El cultivo de esta especie ha reportado diversos beneficios ambientales y técnicos, pues ha representado una gran oportunidad para el desarrollo de zonas áridas y empobrecidas de Colombia. Incluso El Banco Agrario de este país el año 2004 incentivó el cultivo de higuera mediante la otorgación de créditos para fomentar la masificación del área cultivada con esta especie, lo cual actualmente se ha traducido en el desarrollo de variedades mejoradas de higuera por parte de dos principales empresas, COLBIO y CORPOICA (Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria).

Es interesante por tanto, una consideración de los principales costos para el establecimiento de una explotación comercial de higuera, a fin de evaluar su rentabilidad como alternativa de desarrollo en nuestro país.

7.1 Antecedentes del cultivo

Se asume como antecedente para el establecimiento del cultivo el uso de 7 kg de semilla para establecer una ha de higuera. Dicho valor está en función de un marco de plantación de 1,5 x 2 m con porcentaje de germinación del 90% (COLBIO, 2013), el empleo de 3 semillas por punto de siembra en almácigo (Leal, s.a.) y que el peso estimado para 60 semillas corresponde a 60 g (Córdoba, 2012). Además, considerando los rendimientos señalados por planta señalados por INIA (1984) y un supuesto porcentaje de menor producción y/o pérdida del 30%, se estiman rendimientos de 0, 4.433, 6.066, 15.865, 23.331 y 23.331; respectivamente, para los años 0, 1, 2, 3, 4 y 5; estimados para este proyecto (véase Cuadro 21).

Cuadro 21. Supuestos para el establecimiento de un cultivo de higuera para 1 ha.

DSH (Distancia sobre hilera) (m)	1,5	
DEH (Distancia entre hilera) (m)	2	
Densidad (pl·ha⁻¹)	3333	
Germinación	90%	
Semillas/punto siembra	3	
N° semillas requeridas	11110	
Peso de 100 semillas (g)	60	
Semillas requeridas (kg)	7	
Rendimientos	Rendimientos	Rendimientos
	(kg·pl⁻¹)	(kg·ha⁻¹)
0 año	0	0
1er año	1,9	6333
2do año	2,6	8666
3er año	6,8	22664
4to año	10	33330
5to año	10	33330
% de pérdida	30%	
Rendimientos (kg·ha⁻¹)	Año 0	0
	Año 1	4.433
	Año 2	6.066
	Año 3	15.865
	Año 4	23.331
	Año 5	23.331

7.2 Inversión

Se estiman como costos de inversión aquellos asociados a la preparación del terreno (ODEPA, 2012), obtención de plántulas para lo cual se usarán bolsas de 750 cm³ y un sustrato mezcla correspondiente a ¼ de tierra de hoja y suelo agrícola del sector, que según la experiencia de este autor, en un previo establecimiento de un cultivo de higuera, permite buen resultado en germinación y emergencia de plántulas.

Se considera como costos por compra de semilla US\$ 4, según única oferta encontrada como proveedor de semillas de higuera nacional (Belov, 2005).

Se asume también dentro de la inversión la compra de herramientas y el costo respectivo para trazado del cultivo y labores de realización de almácigos, transplante, raleo, y establecimiento del sistema de riego, el cual es estimado en \$1.200.000 (véase Cuadro 22).

Cuadro 22. Supuestos de inversión para el establecimiento de un cultivo de higuera para 1 ha.

Preparado del terreno	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Precio total
Aradura	ha	1	\$ 60.000	\$ 60.000
Rastraje	ha	1	\$ 30.000	\$ 30.000
Sistema de riego por goteo	ha	1	\$ 1.200.000	\$ 1.200.000
Almácigos				
Bolsas	Unidad	3333	\$ 1	\$ 3.333
Semillas	kg	7	\$ 2.120	\$ 14.840
Tierra de hoja	L	625	\$ 174	\$ 108.750
Equipamiento				
Carretilla	Unidad	2	\$ 19.990	\$ 39.980
Palas	Unidad	3	\$ 8.790	\$ 26.370
Rastrillo	Unidad	3	\$ 7.590	\$ 22.770
Picotas	Unidad	2	\$ 7.190	\$ 14.380
Mano de obra establecimiento				
Trazado y hoyado	JH	1	\$ 12.000	\$ 12.000
Almácigos	JH	1	\$ 12.000	\$ 12.000
Transplante	JH	2	\$ 12.000	\$ 24.000
Raleo	JH	1	\$ 12.000	\$ 12.000
Establecimiento sistema de riego	JH	5	\$ 12.000	\$ 60.000
			Total	\$ 1.640.423

7.3 Costos

Se estiman como costos para el año 0, aquellos relacionados con: arriendo del terreno, desmalezado, poda, fertilización y un sueldo de \$400.000 mensuales para un supervisor de campo, encargado de coordinar y fiscalizar la realización de labores.

El costo asociado a la operación del sistema de riego (una vez las plantas hayan sido transplantadas) se asume en un riego semanal, correspondiente a 1 JH estimada para dicha labor. Requiriéndose 40 JH para labores de riego el año 0 (10 meses, pues los 2 primeros meses las plántulas aún no han sido establecidas en terreno) (véase Cuadro 23) y 48 JH para labores de riego desde los años 1-5.

También se consideraron costos relacionados a la difusión del negocio, correspondiente a la creación de una página web¹ y su respectiva manutención mensual, junto con la emisión de un anuncio radial por semana².

Cuadro 23. Supuestos de costos para el año 0, de un cultivo de higuera para 1 ha.

	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Precio total
Arriendo terreno	por año	1 ha	\$ 350.000,00	\$ 350.000,00
Riego	JH	40	\$ 12.000,00	\$ 480.000,00
Desmalezado				
Fumigación	JH	3	\$ 12.000	\$ 36.000
Control manual	JH	12	\$ 12.000	\$ 144.000
Poda	JH	1	\$ 12.000	\$ 12.000
Fertilización				
Análisis de suelo	Análisis	1	\$ 15.000	\$ 15.000
Aplicación	JH	2	\$ 12.000	\$ 24.000
Fertilizantes	kg	Variable	\$ 100.000	\$ 100.000
Supervisor de campo	por mes	12	\$ 400.000	\$ 4.800.000
			Total	\$ 5.961.000,00

¹ Creación web. [En línea] recuperado en: <<http://www.creaciondeweb.cl/index.html>> Consultado el: 13 de enero de 2014

² Tarifas publicitarias radiales [En línea] recuperado en: <<http://www.tarifaspublicitarias.com/?pagina=medio&medio=radio-uno-chile&pag=1>> Consultado el: 13 de enero de 2014

Cuadro 24. Supuestos de costos para el año 1, de un cultivo de higuera para 1 ha.

	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Precio total
Arriendo terreno	por año	1 ha	\$ 350.000,00	\$ 350.000,00
Riego	JH	48	\$ 12.000,00	\$ 576.000,00
Desmalezado				
Fumigación	JH	3	\$ 12.000	\$ 36.000
Control manual	JH	12	\$ 12.000	\$ 144.000
Poda	JH	1	\$ 12.000	\$ 12.000
Fertilización				
Análisis de suelo	Análisis	1	\$ 15.000	\$ 15.000
Aplicación	JH	2	\$ 12.000	\$ 24.000
Fertilizantes	kg	Variable	\$ 100.000	\$ 100.000
Cosecha				
Cosechadores	JH	6	\$ 12.000	\$ 72.000
Acarreo-flete	JM	6	\$ 30.000	\$ 180.000
Supervisor de campo	por mes	12	\$ 400.000	\$ 4.800.000
Difusión				
Web				\$ -
Creación página web		1	\$ 80.000	\$ 80.000
Mantenición página web (mensual)		12	\$ 20.000	\$ 240.000
Mensaje radial		48	\$ 53.550	\$ 2.570.400
			Total	\$ 9.199.400,00

Cuadro 25. Supuestos de costos para el año 2, de un cultivo de higuera para 1 ha.

	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Precio total
Arriendo terreno	por año	1 ha	\$ 350.000,00	\$ 350.000,00
Riego	JH	48	\$ 12.000,00	\$ 576.000,00
Desmalezado				
Fumigación	JH	3	\$ 12.000	\$ 36.000
Control manual	JH	12	\$ 12.000	\$ 144.000
Poda	JH	1	\$ 12.000	\$ 12.000
Fertilización				
Análisis de suelo	Análisis	1	\$ 15.000	\$ 15.000
Aplicación	JH	2	\$ 12.000	\$ 24.000
Fertilizantes	kg	Variable	\$ 100.000	\$ 100.000
Cosecha				
Cosechadores	JH	8	\$ 12.000	\$ 96.000
Acarreo-flete	JM	6	\$ 30.000	\$ 180.000
Supervisor de campo	por mes	12	\$ 400.000	\$ 4.800.000
Difusión				
Mantenición página web (mensual)		12	\$ 20.000	\$ 240.000
Mensaje radial		48	\$ 53.550	\$ 2.570.400
			Total	\$ 9.143.400,00

Cuadro 26. Supuestos de costos para el año 3, de un cultivo de higuera para 1 ha.

	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Precio total
Arriendo terreno	por año	1 ha	\$ 350.000,00	\$ 350.000,00
Riego	JH	48	\$ 12.000,00	\$ 576.000,00
Desmalezado				
Fumigación	JH	3	\$ 12.000	\$ 36.000
Control manual	JH	12	\$ 12.000	\$ 144.000
Poda	JH	1	\$ 12.000	\$ 12.000
Fertilización				
Análisis de suelo	Análisis	1	\$ 15.000	\$ 15.000
Aplicación	JH	2	\$ 12.000	\$ 24.000
Fertilizantes	kg	Variable	\$ 100.000	\$ 100.000
Cosecha				
Cosechadores	JH	21	\$ 12.000	\$ 252.000
Acarreo-flete	JM	6	\$ 30.000	\$ 180.000
Supervisor de campo	por mes	12	\$ 400.000	\$ 4.800.000
Difusión				
Mantenimiento página web (mensual)		12	\$ 20.000	\$ 240.000
Mensaje radial		48	\$ 53.550	\$ 2.570.400
			Total	\$ 9.299.400,00

Cuadro 27. Supuestos de costos para el año 4, de un cultivo de higuera para 1 ha.

	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Precio total
Arriendo terreno	por año	1 ha	\$ 350.000,00	\$ 350.000,00
Riego	JH	48	\$ 12.000,00	\$ 576.000,00
Desmalezado				
Fumigación	JH	3	\$ 12.000	\$ 36.000
Control manual	JH	12	\$ 12.000	\$ 144.000
Poda	JH	1	\$ 12.000	\$ 12.000
Fertilización				
Análisis de suelo	Análisis	1	\$ 15.000	\$ 15.000
Aplicación	JH	2	\$ 12.000	\$ 24.000
Fertilizantes	kg	Variable	\$ 100.000	\$ 100.000
Cosecha				
Cosechadores	JH	31	\$ 12.000	\$ 372.000
Acarreo-flete	JM	6	\$ 30.000	\$ 180.000
Supervisor de campo	por mes	12	\$ 400.000	\$ 4.800.000
Difusión				
Mantenimiento página web (mensual)		12	\$ 20.000	\$ 240.000
Mensaje radial		48	\$ 53.550	\$ 2.570.400
			Total	\$ 9.419.400,00

Cuadro 28. Supuestos de costos para el año 5, de un cultivo de higuera para 1 ha.

	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Precio total
Arriendo terreno	por año	1 ha	\$ 350.000,00	\$ 350.000,00
Riego	JH	48	\$ 12.000,00	\$ 576.000,00
Desmalezado				
Fumigación	JH	3	\$ 12.000	\$ 36.000
Control manual	JH	12	\$ 12.000	\$ 144.000
Poda	JH	1	\$ 12.000	\$ 12.000
Fertilización				
Análisis de suelo	Análisis	1	\$ 15.000	\$ 15.000
Aplicación	JH	2	\$ 12.000	\$ 24.000
Fertilizantes	kg	Variable	\$ 100.000	\$ 100.000
Cosecha				
Cosechadores	JH	31	\$ 12.000	\$ 372.000
Acarreo-flete	JM	6	\$ 30.000	\$ 180.000
Supervisor de campo	por mes	12	\$ 400.000	\$ 4.800.000
Difusión				
Mantenimiento página web (mensual)		12	\$ 20.000	\$ 240.000
Mensaje radial		48	\$ 53.550	\$ 2.570.400
			Total	\$ 9.419.400,00

7.4 Depreciaciones

Se asumen depreciaciones sólo para el sistema de riego y las herramientas (véase Cuadro 29):

Cuadro 29. Supuestos de depreciaciones, de un cultivo de higuera para 1 ha.

	Monto	Años vida útil	Depreciación lineal
Sistema de riego	\$ 1.200.000	10	\$ 120.000
Equipamiento	\$ 103.500	5	\$ 20.700
		Total	\$ 140.700

7.5 Ventas

Considerando los rendimientos ya señalados y un precio de venta de la semilla en US\$ 2·kg⁻¹, se estiman los potenciales ingresos por venta (véase Cuadro 30):

Cuadro 30. Supuestos de ingresos por venta de semilla, de un cultivo de higuera para 1 ha.

Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
-	4.698.863	6.430.024	16.816.985	24.730.860	24.730.860

7.6 Flujo de caja

Considerando para la estimación un impuesto del 19% y una tasa para el cálculo del VAN del 12%, los flujos netos para un cultivo de higuera serían los siguientes (véase Cuadro 31):

Cuadro 31. Supuestos de ingresos por venta de semilla, de un cultivo de higuera para 1 ha.

Años Items	0	1	2	3	4	5
Rendimiento (kg/ha)	-	4.433	6.066	15.865	23.331	23.331
Ingresos por venta	\$ -	\$ 4.698.863	\$ 6.430.024	\$ 16.816.985	\$ 24.730.860	\$ 24.730.860
Costos de producción	\$ -	\$ 9.199.400	\$ 9.143.400	\$ 9.299.400	\$ 9.419.400	\$ 9.419.400
Depreciación		\$ 140.700	\$ 140.700	\$ 140.700	\$ 140.700	\$ 140.700
Ingreso neto	\$ -	-\$ 4.641.237	-\$ 2.854.076	\$ 7.376.885	\$ 15.170.760	\$ 15.170.760
Impuesto	-	-	-	1.401.608	2.882.444	2.882.444
Ingreso después de impuesto	\$ -	-\$ 4.641.237	-\$ 2.854.076	\$ 5.975.277	\$ 12.288.316	\$ 12.288.316
Inversiones	\$ 7.601.423					
Recuperación	\$ -	\$ 140.700	\$ 140.700	\$ 140.700	\$ 140.700	\$ 140.700
Flujo neto	-\$ 7.601.423	-\$ 4.500.537	-\$ 2.713.376	\$ 6.115.977	\$ 12.429.016	\$ 12.429.016
Flujo acumulado	-\$ 7.601.423	-\$ 12.101.960	-\$ 14.815.336	-\$ 8.699.359	\$ 3.729.656	\$ 16.158.672
Impuesto	19%					
	12% VAN (a 5 años)	5.521.806				
	12% TIR (a 5 años)	23%				

CONCLUSIONES

La higuera representa una importante alternativa de desarrollo energético sustentable. No sólo es una especie de reconocida rusticidad, además, el aceite de sus semillas es considerado como “*una de las mejores*” materias primas para fabricación de biodiésel.

Esto no ha pasado desapercibido en países como Colombia y Brasil, los cuales conforme a sus programas de desarrollo energético, hace ya unos 10 años han ido perfeccionando las técnicas agronómicas de su cultivo, creando variedades propias de alto rendimiento, precocidad, y que incluso, han permitido cierto grado de mecanización.

Lamentablemente en nuestro país el cultivo de higuera no ha adquirido relevancia, no existen mayores estudios que describan las técnicas de manejo agronómico óptimas para los diferentes escenarios edafoclimáticos del territorio nacional, no hay antecedentes relacionados a la caracterización del germoplasma de las diferentes accesiones de higuera, naturalizadas hace ya más de 400 años en Chile; y tampoco hay investigaciones sobre la diversidad de usos agroindustriales que puede darse a su aceite.

La incorporación de la higuera a la matriz energética nacional, y el establecimiento de políticas públicas que incentiven la masificación de su cultivo en el país, podrá ser un importante aporte a la obtención de biodiésel de mejor calidad y menos contaminante, en comparación por ejemplo, a aquel fabricado a partir de aceites reciclados.

El desarrollo del cultivo de la higuera no sólo podrá vincularse al área bioenergética, sino que además, a una amplia gama de desarrollo agroindustrial relacionada a los diversos usos de su aceite, lo cual sin duda representará una importante y significativa fuente de trabajo y crecimiento económico para aquellas zonas marginales del país que no han podido alcanzar mayor estabilidad económica, debido a sus condiciones semiáridas.

BIBLIOGRAFÍA

Aca, M., E. Campos, O. Sánchez y M. Sales. 2009. Estimación de las propiedades termodinámicas de los compuestos involucrados en la producción de biodiesel. *Superficies y Vacío*, 22 (3): 15-19.

Acevedo, E. 2006. *Agroenergía un desafío para Chile*. Santiago, Chile. Andros Impresores. 176 p.

Allen, R., L. Pereira, D. Raes y M. Smith. 2008. E_Tc coeficiente único del cultivo (K_c). En: *Evapotranspiración de cultivo*. Rome, Italy. pp. 24, 51.

Álvarez, D. 2011. Simulación del proceso de producción de biodiesel a partir de aceites de jatropha e higuierilla. Tesis Maestro en Ciencias en Ingeniería Química. Morelia, Mexico:
Facultad de Ingeniería Química, Universidad Michoacana.127h.

Anadón, P. y M. Martínez M. 2004. M. Ricina: una fitotoxina de uso potencial como arma. *Toxicología*, 21(2): 51-63.

Apecechea, M., M. Larionova, M. Garrido, C. Sebazco y V. Ruiz. 2002. Actividad anticoagulante in vivo del extracto acuoso de las hojas de *Ricinus communis*. *Plant Med* 7(3): 135-137.

Ávalos, V. 2011. Biocombustibles en Chile. Seminario Internacional de Clausura del proyecto: Procesos óptimos para el tratamiento de materiales lignocelulósicos para la producción de bioetanol. Santiago, Chile. Ministerio de Energía. 16 p.

Bejarano, F., J. Souza y M. Gutiérrez. 2006. Alternativas al lindano para el control de piojos, y sarna en humanos y animales y la protección de semillas. [folleto]. Red de Acción sobre Plaguicidas y Alternativas en México. Estado de México, México. 12 p.

Belov, M. 2005. *Ricinus communis*. [En línea]. Recuperado en:
<http://www.chileflora.com/Florachilena/FloraSpanish/SSeeds.htm?G_CAT=CT30&G_START=0&G_SRCH=ricinus&B1=Encuentra>
Consultado el: 5 de diciembre de 2013.

Benavides, A., P. Benjuma y V. Pashova. 2007. El biodiesel de aceite de higuierilla como combustible alternativo para motores diesel. *Dyna*. 74(53): 141-150.

Caffarini, P., P. Carrizo, A. Pelicano, P. Roggero y J. Pacheco. 2008. Efectos de extractos acetónicos y acuosos de *Ricinus communis* (Ricino), *Mellia azedarach* (Paraíso) y *Trichillia glauca* (Trichillia), sobre la hormiga negra común (*Acromyrmex lundii*). IDESIA, 26(1): 59-64.

CCO (Certificadora Chile Orgánico S.A.). 2004. Catálogo de Insumos para el Control de Plagas y Enfermedades en Agricultura Orgánica de Chile. Santiago, Chile: FIA. 168 p.

CEPAL (Comisión Económica para América Latina y El Caribe). 2007. Producción de Biomasa para biocombustibles líquidos: El potencial de América Latina y el Caribe. Santiago, Chile. 84 p.

Cerón, W. 1976. Higuierilla, maní, lupino y crambe. Trabajo de cátedra de Cultivos Industriales, Santiago, Chile: Departamento de Fitotecnia, Universidad Católica de Chile. 47 p.

CNE (Comisión Nacional de Energía de Chile). 2008. Norma Chilena Biodiesel. [En línea]. Ministerio de Economía, Fomento y Reconstrucción. 1 p. Recuperado en: < http://www.cne.cl/archivos_bajar/DS11.pdf >
Consultado el: 30 de marzo de 2013.

COLBIO (Colombia Biocombustibles S.A.). 2013. Higuierilla o Ricino (*Ricinus communis* L.). [En línea].
Recuperado en: < <http://www.colbio.com/semillas/higuierilla-o-ricino/> >
Consultado el: 317 de agosto de 2013.

Collavino, M., A. Pelicano y R. Giménez. 2006. Actividad insecticida de *Ricinus communis* L. sobre *Plodia interpunctella* HBN. (Lepidóptera: Phycitinae). FCA UNCuyo, 38(1): 13-18.

Córdoba, O. 2012. Comportamiento ecofisiológico de variedades de higuierilla (*Ricinus communis* L.) para la producción sostenible de aceite y biodiesel en diferentes agrosistemas colombianos. Tesis Doctor en Ciencias Agropecuarias. Medellín, Colombia: Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Colombia. 137 h.

Coto, O. 2008. Cosecha y poscosecha de higuierillo, *Ricinus communis* L. Ministerio de agricultura y ganadería, Centro nacional de tecnología agropecuaria y forestal, Programa agroindustria. San Salvador, El Salvador. 10 p.

Delgado, F. 2006. La higuierilla, petróleo verde. [fuera de línea] Higueroil de Colombia. 3 p. Recuperado en:

<http://www.rds.org.co/aa/img_upload/fc51bb4fd8b1d87cba819ab602ad30b8/La_Higuerilla.pdf>

Consultado el: 07 de mayo de 2013.

Delgado, F. 2012. Desarrollo del cultivo agronómico de higuierilla (*Ricinus communis* L.), para la obtención de biocombustibles. Proyecto de Valorización de la Investigación en la Universidad, Código: 110034. FONDEF- CONICYT, Santiago, Chile. 5 p.

Dnyaneshwar, J., M. Waghmare, R. Bandal and R. Patil. 2011. Antinociceptive activity of *Ricinus communis* L. leaves. *Revist Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine*, 1(2): 139-141.

Estrada, J. 2008. Potencial de biocombustibles en Antioquía. Estudio a cargo de Escuela de Ingeniería de Antioquía en convenio con el Banco de Iniciativas regionales para el Desarrollo de Antioquía. Antioquía, Colombia. 94 p.

Falasca, S., M. Bernabé y A. Ulberich. 2007. Impacto regional en la zona semiárida Argentina implantando cultivos para biodiesel. Buenos Aires, Argentina: Universidad Tecnológica Nacional. 18 p.

FAOSTAT. 2013. Superficie cultivada con higuierilla.

[En línea]. Recuperado en:

<<http://faostat.fao.org/DesktopDefault.aspx?PageID=567&lang=en#anchor>>

Consultado el: 26 de junio de 2013.

Fonseca, J., T. Escoto, M. Esquivel, G. Mogollón, D. Calderón y I. Gutiérrez. 2009. Aprovechamiento del *Ricinus communis* L. por proceso a la sosa y su aplicación en la formulación de papel ondulado. *Forestal Venezolana*, 53(2): 175-181.

García, T., V. De la Cruz, I. Nájera, O. Sanchez, Y. Reyes y T. López, T. 2009, septiembre. Purificación de biodiésel obtenido de aceite de ricinus. *Superficies y Vacío*, 22(3): 20-23.

Gil, A., F. Jaramillo y L. Cruz. 2007. Poliuretanos a partir de aceite de higuierilla. *Scientia Et Technica*, 13(36): 1-6.

Goytia, M. 2010. Cosecha higuierilla. SAGARPA (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo rural, pesca y Alimentación). México. 23 p.

Hoffmann, M. 2007. Biocombustibles y el desarrollo comunitario y agrícola: experiencias de la región. Servicio Alemán de Cooperación Social y Técnica. Ecuador. 21 p.

IICA (Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura). 2007. Preguntas y respuestas más frecuentes sobre biocombustibles. San José, Costa Rica. 26 p.

IICA. 2010. Atlas de agroenergía y biocombustibles en las Américas: II Biodiesel. San José, Costa Rica. 378 p.

INIA (Instituto de Investigaciones Agropecuarias), Chile. 1984, mayo. Todo lo que usted desea saber sobre la higuera. Chile Agrícola, 9(91): 117-119.

Jiménez, M., Vargas, H., Bobadilla, D. y Gallo, P. 1994. Insectos y ácaros asociados a la higuera (*Ricinus communis* L.) desde la I a la III región de Chile (primera contribución). IDESIA, Vol 13. pp 25-47.

Leal, D. (s.a.). *Caracterización morfológica* de cinco ecotipos de higuera (*Ricinus comunis* L.) en la ESPOL “Campus Gustavo Galindo”. Guayaquil, Ecuador: Facultad de Ingeniería Mecánica y Ciencias de la Producción. 8 p.

Lobato, V. 2008. Metodología para optimizar el análisis de materias primas para biocombustibles en los países del cono sur. Programa Cooperativo para el Desarrollo Tecnológico Agroalimentario y Agroindustrial del Cono Sur. IICA. 98 p.

Lumbreras, O. 2005. Septiembre-Octubre. Biodiesel, la alternativa agraria al gasóleo. [En línea]. Navarra Agraria, 152: 6-7. Recuperado en: <http://www.navarraagraria.com/n152/arbiodis.pdf>
Consultado el: 18 de diciembre de 2013.

Mazzani, E. 2007. El tártao: la planta, su importancia y usos. Macaray, Venezuela. CENIAP/INIA HOY, Vol. 14. 9 p.

Mazzani, E. y Rodríguez, E. 2009. Estudio de la variabilidad presente en germoplasma de tártao (*Ricinus communis* L.) en cuanto a racimos, frutos y semillas. UDO Agrícola, 9(4): 764-769.

Muñoz, A. y Restrepo, D. 2009. Estructura de costos para un cultivo de higuera. Trabajo realizado para optar al título de Administrador de Empresas Agropecuarias. Caldas, Colombia: Corporación Universitaria Lasallista, Facultad de Ciencias administrativas y agropecuarias. 46 p.

ODEPA. 2010. Estudio: Mapas de zonificación de aptitud productiva del territorio nacional de especies vegetales con potencial de producción de biocombustibles. Oficina de Estudios y Políticas agrarias de Chile. Santiago, Chile. 237 p.

ODEPA. 2012. Ficha Técnico Económica Tomate Industrial no mecanizado. [en línea]. Oficina de Estudios y Políticas agrarias de Chile. 1 p.

Recuperado en:

<[http://www.odepa.gob.cl/odepaweb/agrodatos/Ficha tomate industrial no 2 012.pdf](http://www.odepa.gob.cl/odepaweb/agrodatos/Ficha_tomate_industrial_no_2_012.pdf)>

Consultado el: 17 de septiembre de 2013.

Orellana, B. 1920. El cultivo de la higuierilla y elaboración del aceite de ricino. Tesis Ingeniero Agrónomo. Santiago, Chile: Facultad de Agronomía, Universidad de Chile. 67 h.

Pabón, G. 2009. Estudio de las características botánicas y etnobotánicas de higuierilla (*Ricinus communis* L.). (cap. 1, pp. 9-24). En: Recalde, E. y Durán, J. Cultivos Energéticos Alternativos. [En línea]. CIITTOL (Centro Iberoamericano de Investigación y Transferencia de Tecnologías en Oleaginosas), Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Ibarra, Ecuador. 178 p. Recuperado en:

<<http://www.pucesi.edu.ec/files/bookcultivosenergeticos09.pdf>>

Consultado el: 30 de marzo de 2013.

Palomino, A., C.Bocanegra, J. López y L. Flórez. 2010. Biodiesel a partir de aceite de higuierilla utilizando lipasa inmovilizada. Ingeniería y Competitividad, 12(1): 9-18.

Quintero, J. 2005. Biodiesel de higuierillo (*Ricinus communis* L) como combustible en un motor diesel. Tesis Ingeniero Mecánico. Colonia Santa Rosa, Guatemala: Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería Mecánica, Universidad de San Carlos de Guatemala. 67 h.

Quiroz, C., Botero, M. y Castaño, J. 2011. Etiología de la necrosis de los brotes terminales de la higuierilla (*Ricinus communis* L.). Acad. Colomb Cienc, 35(135): 133-142.

Razo, C., Ludeña, C., Saucedo, A., Astete-Miller, S., Hepp, J. y Vildósola A. 2007. Producción de biomasa para biocombustibles líquidos: el potencial de América Latina y el Caribe. [En línea]. CEPAL (Comisión Económica para América Latina). 84 p.

Recuperado en:

<<http://www.eclac.cl/ddpe/publicaciones/xml/9/33879/lcl2803e.pdf>>

Consultado el: 07 de mayo de 2013.

Ramírez, M. 2008. Cultivos para la producción sostenible de biocombustibles: Una alternativa para la generación de empleos e Ingresos, Módulo II: Higuierillo. SNV (Servicio Holandés de Cooperación al Desarrollo). Tegucigalpa, Honduras. 23 p.

Rastrepo, J., G. Salazar y M. Aristazabal. 2010. Alternativas de producción del higuerillo (*Ricinus communis* L.) con fines de extracción de aceites para biodiesel y la industria oleoquímica como estrategia para el fortalecimiento del Departamento de Caldas. [En línea]. IV Congreso Brasileiro de Mamona e I Simposio Internacional de Oleaginosas Energéticas. 6 p. Recuperado en: < <http://www.cbmamona.com.br/pdfs/BID-01.pdf>>
Consultado el: 13 de abril de 2013.

Recalde, E. y J. Durán. Cultivos Energéticos Alternativos. [En línea]. CIITTOL (Centro Iberoamericano de Investigación y Transferencia de Tecnologías en Oleaginosas), Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Ibarra, Ecuador. 178 p.
Recuperado en:
< <http://www.pucesi.edu.ec/files/bookcultivosenergeticos09.pdf>>
Consultado el: 30 de marzo de 2013.

Rich, J., G. Rahi, C. Opperman and E. Davis. 1989. Influence of the castor bean (*Ricinus communis*) lectin (ricin) on movility of *Meloidogyne incognita*. *Nematropica*, 19(1): 99-103.

SAG (Servicio Agrícola y Ganadero). 2003. Resolución SAG N° 2834. Servicio Agrícola y Ganadero, Dpto. Protección agrícola y Subdpto. de Defensa agrícola. Santiago, Chile. 4 p.

Samayoa, M. 2007. Manual técnico del higuerillo. [En línea]. Ministerio de agricultura y ganadería. El Salvador. 18 p. Recuperado en:
<<http://www.umoar.edu.sv/biblio/agricultura/agroindustria/colorantes/Manual%20Tecnico%20del%20Higuerillo.pdf>>
Consultado el: 13 de abril de 2013.

Sauma, E. 2012. Políticas de fomento a las energías renovables no convencionales (ERNC) en Chile. Centro de políticas públicas UC, Escuela de Ingeniería UC, Pontificia Universidad Católica de Chile. Santiago, Chile. 18 p.

Soares, L. y T. De Souza. 2009. Curso sobre el cultivo de higuerilla. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA). Brasil. 26 p.

Texo, J., C. Bentancur y P. Duque. 2009. Perspectivas generales de desarrollo de la industria de los biocombustibles en el Uruguay. Tesis Contador público. Montevideo, Uruguay: Facultad de Ciencias Económicas y Administración, Universidad de la República. 165 p.

Uribe, J., R. Cabrera, A. De la Fuente y M. Paneque. 2012. Atlas Bioclimático de Chile. CORFO. Santiago, Chile. 229 p.

Valderrama, J., A. Mery y F. Aravena. 1994. La higuera y su principal producto, el aceite de ricino. Parte 1. Aspectos Generales. Información Tecnológica, 5(1): 87-90.

ANEXO I

Cartas que certifican interés en el cultivo de la higuerrilla en Chile



FONDEF
Fondo de Fomento al Desarrollo
Científico y Tecnológico

CERTIFICADO DE ADJUDICACIÓN

El Gobierno de Chile, a través del Programa FONDEF de la Comisión Nacional de Investigación Científica y Tecnológica (CONICYT) adjudican a la Universidad de Chile la ejecución del proyecto *"Desarrollo del Cultivo Agronómico de Higuerrilla (Ricinus Communis L.) para la obtención de biocombustibles"*, cuyo Jefe de Proyecto es el Sr. Francisco Guillermo Delgado Valenzuela.

Este proyecto ha sido seleccionado para la Etapa 1 del Primer Concurso de Valorización de la Investigación en la Universidad de FONDEF- VIU, por su alta calidad científico-tecnológica e impacto económico-social, verificados en un riguroso proceso de selección.



José Miguel Aguilera Radic
Presidente
CONICYT



Gonzalo Herrera Jiménez
Director Ejecutivo
FONDEF de CONICYT

Certificado de Adjudicación Proyecto FONDEF



Santiago, 27 de Marzo de 2012

Sres.
Fondo de Fomento al Desarrollo Científico y Tecnológico
Programa Valorización de la Investigación en la Universidad
Presente

Estimados Señores,

Hemos tomado conocimiento del proyecto **“Desarrollo del Cultivo Agronómico de Higuierilla (*Ricinus communis* L.) para la obtención de biocombustibles”**, iniciativa apoyado por FONDEF a través de su programa Valorización de la Investigación en la Universidad, código VIU 110034.

El aceite de higuierilla posee un alto potencial como biocombustible y como Consorcio Tecnológico en el área de la Bioenergía es de nuestro mayor interés que dicho proyecto sea exitoso, y de ser factible, que escale primero a nivel piloto y luego a nivel industrial.

El Consorcio Tecnológico de Biocombustibles tiene entre sus objetivos el desarrollo de plantaciones con fines energéticos. Es en ese punto donde creemos la higuierilla pudiese tener un rol de importancia en el futuro, específicamente en la zonas áridas y semiáridas de nuestro país. Por ello recomendamos el apoyo a toda iniciativa que permita identificar el real potencial de la higuierilla como fuente de energía en las condiciones agroecológicas de nuestro país.

Sin otro particular, se despide atentamente,

Máximo Alonso Valdés
Subdirector
Proyecto Desarrollo Cultivos Energéticos
Consorcio Tecnológico de Biocombustibles S.A.

Carta de Interés en higuierilla por parte de Biocomsa



Santiago, 24 de marzo de 2012

Sres.
Facultad de Ciencias Agronómicas
Universidad de Chile
Santiago

Estimados Señores:

Nos hemos informado del trabajo que el alumno tesista Sr. Francisco Delgado Valenzuela está generando en el marco del proyecto "**Desarrollo del Cultivo Agronómico de Higuerrilla (*Ricinus communis* L.) para la obtención de biocombustibles**", proyecto FONDEF, código VIU110034

Como Empresa expresamos nuestro interés en que dicho proyecto se pueda materializar e idealmente escalar para fines comerciales e industriales, dada la importancia que tiene el tema, tanto a nivel de desarrollo del cultivo como su posterior generación de productos, como el aceite de higuerrilla de amplio uso industrial y su potencial destino como fuente para obtención de biocombustibles.

Nuestra empresa **Agroils-Chile S.A.**, ubicada en Manuel Antonio Tocornal 1833, comuna de Santiago, cuenta con las capacidades para poder realizar proceso de extracción de aceite de la higuerrilla y para poder contribuir en lograr una optimización de la calidad del mismo, así como es de nuestro interés el potencial uso como materia prima de la higuerrilla para su procesamiento y comercialización.

Esperando una buena acogida de la presente, saluda atentamente,

Andrea Troncoso Muñoz
15.714.257-7
Gerente General
Agroils-Chile S.A

Carta de Interés en higuerrilla por parte de empresa Nutraoils



Santiago, 27 de marzo de 2012

Sres. **Universidad de Chile**
Facultad de Ciencias Agronómicas
Santiago

Estimados Señores:

Nos hemos enterado del trabajo que el alumno tesista Francisco Delgado Valenzuela está generando en el marco del proyecto "**Desarrollo del Cultivo Agronómico de Higuerrilla (Ricinus Communis L.) para la obtención de biocombustibles**", proyecto FONDEF, código VIU110034

Queremos manifestarles que es de nuestro interés el que dicho proyecto se pueda materializar e idealmente escalar para fines comerciales e industriales, dada la importancia que tiene el tema, tanto a nivel de desarrollo del cultivo como su posterior generación de aceite como feedstock para obtención de biocombustibles

Bioengine cuenta con las capacidades para poder realizar el proceso de elaboración de biocombustibles, por lo que es de nuestro interés el potencial uso como materia prima del aceite de higuerrilla para su procesamiento y obtención de biodiesel.

Sin otro particular, saluda atentamente

Jesús Ramírez Claverié
Gerente General
Bioengine S.p.A.

F: +56-2 745 5817

www.bioengine.cl

contacto@bioengine.cl

Carta de Interés en higuerrilla por parte de Empresa Bioengine

APÉNDICE I

Distritos Bioclimáticos de Chile (Uribe *et al.*, 2012) donde es posible cultivar higuera

Zona norte chico

S344 sa54	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Tmedia	19	18,5	17	15	12,9	11,4	10,8	11,2	12,7	14,7	16,7	18,3
Tmáxima	26	25,4	23,6	21,1	18,4	16,4	15,6	16,3	18,1	20,7	23,4	25,3
Tmínima	12,1	11,5	10,3	8,8	7,4	6,3	5,9	6,2	7,2	8,6	10,1	11,4

Zona centro

Mt242 sa44	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Tmedia	18,5	17,8	16,1	13,6	11,1	9,3	8,5	9,1	10,8	13,3	15,8	17,7
Tmáxima	27,1	26,4	24	20,5	17	14,3	13,2	14,1	16,6	20,1	23,6	26,2
Tmínima	9,8	9,3	8,1	6,7	5,3	4,3	3,8	4,2	5,1	6,5	7,9	9,1

Mt243 sa44	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Tmedia	17,9	17,3	15,7	13,5	11,2	9,6	8,9	9,4	11	13,2	15,4	17,1
Tmáxima	25,9	25,1	22,9	19,7	16,4	13,9	12,9	13,6	16	19,3	22,6	25
Tmínima	9,9	9,4	8,5	7,3	6,1	5,3	4,9	5,2	6	7,1	8,3	9,3

S243 sa44	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Tmedia	19,4	18,7	16,8	14,3	11,7	9,7	8,9	9,5	11,4	13,9	16,5	18,5
Tmáxima	27,6	26,8	24,5	21	17,5	14,8	13,7	14,6	17,1	20,6	24,1	26,7
Tmínima	11,2	10,5	9,2	7,5	5,9	4,7	4,2	4,5	5,7	7,3	9	10,4

S344 sa44	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Tmedia	19,9	19,2	17,5	15,1	12,7	10,9	10,2	10,8	12,5	14,8	17,2	19,1
Tmáxima	27,4	26,7	24,5	21,4	18,2	15,8	14,8	15,6	17,8	21	24,2	26,5
Tmínima	12,3	11,7	10,5	8,9	7,3	6,1	5,7	6	7,1	8,6	10,2	11,6

m241 Shs44	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Tmedia	14	13,5	12,2	10,5	8,8	7,5	7	7,4	8,6	10,3	12	13,4
Tmáxima	20,6	20,1	18,7	16,6	14,4	12,7	12,1	12,6	14,1	16,3	18,4	20
Tmínima	7,3	6,8	5,8	4,5	3,2	2,2	1,9	2,2	3	4,3	5,6	6,7

Mt242 Shs44	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Tmedia	17,5	16,9	15,2	12,9	10,5	8,8	8,1	8,6	10,3	12,6	14,9	16,7
Tmáxima	25,3	24,6	22,5	19,3	16,1	13,7	12,7	13,5	15,8	18,9	22,1	24,5
Tmínima	9,7	9,1	7,9	6,4	5	3,9	3,5	3,8	4,8	6,2	7,7	9

Mt243 Shs44	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Tmedia	18,9	18,2	16,3	13,7	11,1	9,1	8,3	8,9	10,8	13,3	16	18
Tmáxima	26,7	25,9	23,5	20	16,3	13,6	12,5	13,4	15,9	19,5	23,1	25,7
Tmínima	11	10,4	9,1	7,4	5,8	4,6	4,1	4,5	5,6	7,2	8,9	10,3

Mt345 Shs44	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Tmedia	17,2	16,7	15,6	14	12,4	11,2	10,7	11,1	12,2	13,8	15,4	16,6
Tmáxima	22,2	21,8	20,5	18,7	16,9	15,4	14,9	15,3	16,6	18,5	20,3	21,7
Tmínima	12,2	11,7	10,6	9,3	8	7	6,6	6,9	7,8	9,1	10,4	11,6

S243 Shs44	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Tmedia	20,5	19,7	17,7	14,8	11,9	9,7	8,8	9,5	11,5	14,4	17,3	19,5
Tmáxima	29,1	28,2	25,5	21,6	17,5	14,5	13,2	14,2	17,1	21,1	25,1	28
Tmínima	11,9	11,2	9,8	8	6,2	4,9	4,4	4,8	6	7,7	9,5	11

S344 Shs44	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Tmedia	19,3	18,7	17	14,8	12,5	10,7	10,1	10,6	12,2	14,5	16,8	18,5
Tmáxima	26,3	25,6	23,6	20,6	17,6	15,3	14,3	15,1	17,2	20,2	23,3	25,5
Tmínima	12,4	11,7	10,5	8,9	7,4	6,2	5,8	6,1	7,2	8,7	10,3	11,6

Mt344 Shh44	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Tmedia	17,4	16,9	15,6	13,8	12	10,7	10,2	10,6	11,8	13,6	15,4	16,8
Tmáxima	23,7	23,2	21,6	19,2	16,9	15	14,3	14,9	16,6	19	21,3	23,1
Tmínima	11,1	10,6	9,7	8,4	7,2	6,3	6	6,2	7,1	8,2	9,5	10,5

S344 Shh44	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Tmedia	19,6	19	17,2	14,7	12,2	10,4	9,6	10,2	11,9	14,4	16,9	18,8
Tmáxima	27,3	26,6	24,3	20,9	17,4	14,8	13,8	14,6	17,1	20,5	23,9	26,4
Tmínima	12	11,4	10,1	8,6	7	5,9	5,4	5,8	6,8	8,3	9,9	11,2

S344 sa54	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Tmedia	19	18,5	17	15	12,9	11,4	10,8	11,2	12,7	14,7	16,7	18,3
Tmáxima	26	25,4	23,6	21,1	18,4	16,4	15,6	16,3	18,1	20,7	23,4	25,3
Tmínima	12,1	11,5	10,3	8,8	7,4	6,3	5,9	6,2	7,2	8,6	10,1	11,4

Zona centro sur

S242 sa44	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Tmedia	20,4	19,6	17,4	14,4	11,4	9,1	8,2	8,9	11	14	17	19,4
Tmáxima	29,1	28,2	25,5	21,6	17,6	14,6	13,4	14,4	17,2	21,1	25,1	28
Tmínima	11,7	10,9	9,3	7,1	5,1	3,5	2,9	3,4	4,8	6,8	8,9	10,7

S243 sa44	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Tmedia	19,4	18,7	16,8	14,3	11,7	9,7	8,9	9,5	11,4	13,9	16,5	18,5
Tmáxima	27,6	26,8	24,5	21	17,5	14,8	13,7	14,6	17,1	20,6	24,1	26,7
Tmínima	11,2	10,5	9,2	7,5	5,9	4,7	4,2	4,5	5,7	7,3	9	10,4

S344 sa44	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Tmedia	19,9	19,2	17,5	15,1	12,7	10,9	10,2	10,8	12,5	14,8	17,2	19,1
Tmáxima	27,4	26,7	24,5	21,4	18,2	15,8	14,8	15,6	17,8	21	24,2	26,5
Tmínima	12,3	11,7	10,5	8,9	7,3	6,1	5,7	6	7,1	8,6	10,2	11,6

Mt242 Shs44	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Tmedia	17,5	16,9	15,2	12,9	10,5	8,8	8,1	8,6	10,3	12,6	14,9	16,7
Tmáxima	25,3	24,6	22,5	19,3	16,1	13,7	12,7	13,5	15,8	18,9	22,1	24,5
Tmínima	9,7	9,1	7,9	6,4	5	3,9	3,5	3,8	4,8	6,2	7,7	9

Mt243 Shs44	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Tmedia	18,9	18,2	16,3	13,7	11,1	9,1	8,3	8,9	10,8	13,3	16	18
Tmáxima	26,7	25,9	23,5	20	16,3	13,6	12,5	13,4	15,9	19,5	23,1	25,7
Tmínima	11	10,4	9,1	7,4	5,8	4,6	4,1	4,5	5,6	7,2	8,9	10,3

S242 Shs44	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Tmedia	21,5	20,6	18,2	14,9	11,6	9,1	8,1	8,9	11,2	14,5	17,8	20,4
Tmáxima	30,8	29,9	26,8	22,4	17,9	14,4	13,1	14,2	17,4	21,8	26,3	29,6
Tmínima	12,2	11,3	9,7	7,5	5,3	3,7	3,1	3,6	5	7,1	9,3	11,2

S243 Shs44	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Tmedia	20,5	19,7	17,7	14,8	11,9	9,7	8,8	9,5	11,5	14,4	17,3	19,5
Tmáxima	29,1	28,2	25,5	21,6	17,5	14,5	13,2	14,2	17,1	21,1	25,1	28
Tmínima	11,9	11,2	9,8	8	6,2	4,9	4,4	4,8	6	7,7	9,5	11

S344 Shs44	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Tmedia	19,3	18,7	17	14,8	12,5	10,7	10,1	10,6	12,2	14,5	16,8	18,5
Tmáxima	26,3	25,6	23,6	20,6	17,6	15,3	14,3	15,1	17,2	20,2	23,3	25,5
Tmínima	12,4	11,7	10,5	8,9	7,4	6,2	5,8	6,1	7,2	8,7	10,3	11,6

M344 Shs44	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Tmedia	21,5	20,7	18,8	16	13,2	11,2	10,3	11	12,9	15,6	18,4	20,6
Tmáxima	29,4	28,6	26,2	22,6	19	16,2	15,1	16	18,6	22,1	25,8	28,4
Tmínima	13,7	12,9	11,4	9,4	7,5	6,1	5,5	6	7,2	9,1	11,1	12,7

I241 Shh44	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Tmedia	16,5	15,9	14,1	11,7	9,2	7,3	6,6	7,2	8,9	11,4	13,8	15,7
Tmáxima	24,5	23,7	21,3	17,9	14,3	11,6	10,5	11,4	13,9	17,4	21	23,6
Tmínima	8,6	8	6,9	5,5	4,1	3,1	2,7	3	3,9	5,3	6,7	7,9

Mt242 Shh44	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Tmedia	18,5	17,8	15,9	13,2	10,5	8,5	7,7	8,3	10,2	12,8	15,5	17,6
Tmáxima	26,4	25,6	23,1	19,5	15,8	13	11,9	12,8	15,4	19,1	22,7	25,4
Tmínima	10,6	9,9	8,6	6,9	5,2	3,9	3,4	3,8	5	6,6	8,4	9,8

Mt243 Shh44	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Tmedia	18,6	17,9	16,3	14	11,6	9,9	9,2	9,7	11,3	16,3	16	17,8
Tmáxima	25,9	25,2	23,1	20,1	17	14,6	13,7	14,4	16,6	19,7	22,8	25,1
Tmínima	11,2	10,6	9,4	7,8	6,3	5,2	4,7	5	6,1	7,6	9,2	10,5

Mt344 Shh44	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Tmedia	17,4	16,9	15,6	13,8	12	10,7	10,2	10,6	11,8	13,6	15,4	16,8
Tmáxima	23,7	23,2	21,6	19,2	16,9	15	14,3	14,9	16,6	19	21,3	23,1
Tmínima	11,1	10,6	9,7	8,4	7,2	6,3	6	6,2	7,1	8,2	9,5	10,5

S243 Shh44	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Tmedia	20,6	19,8	17,7	14,8	11,8	9,5	8,6	9,3	11,4	14,4	17,4	19,7
Tmáxima	29,5	28,6	25,8	21,6	17,3	14,1	12,8	13,9	16,9	21,1	25,3	28,4
Tmínima	11,7	11,1	9,7	7,9	6,2	4,9	4,4	4,8	5,9	7,6	9,4	10,9

S344 Shh44	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Tmedia	19,6	19	17,2	14,7	12,2	10,4	9,6	10,2	11,9	14,4	16,9	18,8
Tmáxima	27,3	26,6	24,3	20,9	17,4	14,8	13,8	14,6	17,1	20,5	23,9	26,4
Tmínima	12	11,4	10,1	8,6	7	5,9	5,4	5,8	6,8	8,3	9,9	11,2

Mt344 h44	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Tmedia	16,9	16,5	15,3	13,6	11,9	10,6	10,1	10,5	11,7	13,3	15,1	16,4
Tmáxima	23	22,5	21	18,7	16,5	14,7	14	14,6	16,2	18,5	20,7	22,4
Tmínima	10,9	10,4	9,5	8,4	7,3	6,5	6,1	6,4	7,1	8,2	9,4	10,3

S243 Shh45	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Tmedia	20,5	19,7	17,6	14,6	11,6	9,4	8,5	9,2	11,3	14,2	17,2	19,5
Tmáxima	29,4	28,4	25,6	21,4	17,2	13,9	12,6	13,7	16,7	20,9	25,1	28,2
Tmínima	11,6	10,9	9,6	7,8	6,1	4,8	4,3	4,6	5,8	7,5	9,3	10,8

Mt241 h45	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Tmedia	18,9	18,1	16	13,1	10,2	7,9	7,1	7,7	9,8	12,7	15,7	17,9
Tmáxima	27,3	26,4	23,8	19,9	15,9	12,8	11,6	12,6	15,4	19,4	23,2	26,2
Tmínima	10,5	9,8	8,3	6,4	4,5	3,1	2,5	2,9	4,2	6	8	9,6

S344 Sa54	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Tmedia	19	18,5	17	15	12,9	11,4	10,8	11,2	12,7	14,7	16,7	18,3
Tmáxima	26	25,4	23,6	21,1	18,4	16,4	15,6	16,3	18,1	20,7	23,4	25,3
Tmínima	12,1	11,5	10,3	8,8	7,4	6,3	5,9	6,2	7,2	8,6	10,1	11,4

Zona sur

S243 Shh35	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Tmedia	20,4	19,6	17,5	14,5	11,5	9,2	8,3	9	11,1	14,1	17,2	19,5
Tmáxima	29,9	28,9	25,9	21,6	17,1	13,7	12,4	13,4	16,6	21	25,4	28,7
Tmínima	11	10,4	9,1	7,5	5,9	4,7	4,3	4,6	5,7	7,2	8,9	10,2

Mt344 h35	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Tmedia	17,2	16,7	15,3	13,3	11,4	9,9	9,3	9,7	11,1	13,1	15,1	16,6
Tmáxima	24	23,4	21,5	18,7	15,8	13,7	12,8	13,5	15,5	18,3	21,2	23,3
Tmínima	10,5	10	9,1	8	6,9	6,1	5,7	6	6,7	7,8	9	9,9

S243 h35	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Tmedia	19,9	19,1	17,1	14,2	11,3	9,1	8,2	8,9	10,9	13,8	16,7	18,9
Tmáxima	28,4	27,5	24,7	20,7	16,6	13,5	12,2	13,2	16,1	20,2	24,3	27,3
Tmínima	11,4	10,7	9,4	7,6	5,9	4,7	4,2	4,5	5,7	7,4	9,1	10,6

S344 h35	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Tmedia	19,2	18,5	16,8	14,4	11,9	10,1	9,4	9,9	11,7	14,1	16,5	18,4
Tmáxima	27	26,2	23,9	20,5	17	14,4	13,4	14,2	16,7	20,1	23,5	26,1
Tmínima	11,4	10,8	9,7	8,2	6,8	5,8	5,4	5,7	6,7	8	9,5	10,7

Mt243 Shh44	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Tmedia	18,6	17,9	16,3	14	11,6	9,9	9,2	9,7	11,3	13,6	16	17,8
Tmáxima	25,9	25,2	23,1	20,1	17	14,6	13,7	14,4	16,6	19,7	22,8	25,1
Tmínima	11,2	10,6	9,4	7,8	6,3	5,2	4,7	5	6,1	7,6	9,2	10,5

S243 Shh44	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Tmedia	20,6	19,8	17,7	14,8	11,8	9,5	8,6	9,3	11,4	14,4	17,4	19,7
Tmáxima	29,5	28,6	25,8	21,6	17,3	14,1	12,8	13,9	16,9	21,1	25,3	28,4
Tmínima	11,7	11,1	9,7	7,9	6,2	4,9	4,4	4,8	5,9	7,6	9,4	10,9

S344 Shh44	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Tmedia	19,6	19	17,2	14,7	12,2	10,4	9,6	10,2	11,9	14,4	16,9	18,8
Tmáxima	27,3	26,6	24,3	20,9	17,4	14,8	13,8	14,6	17,1	20,5	23,9	26,4
Tmínima	12	11,4	10,1	8,6	7	5,9	5,4	5,8	6,8	8,3	9,9	11,2

M243 Shh44	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Tmedia	21,9	21,1	18,8	15,7	12,5	10,1	9,2	9,9	12,1	15,3	18,5	20,9
Tmáxima	32	31	27,9	23,3	18,7	15,1	13,7	14,8	18,1	22,7	27,4	30,8
Tmínima	11,8	11,1	9,8	8,1	6,4	5,1	4,6	5	6,1	7,8	9,5	11

Mt344 h44	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Tmedia	16,9	16,5	15,3	13,6	11,9	10,6	10,1	10,5	11,7	13,3	15,1	16,4
Tmáxima	23	22,5	21	18,7	16,5	14,7	14	14,6	16,2	18,5	20,7	22,4
Tmínima	10,9	10,4	9,5	8,4	7,3	6,5	6,1	6,4	7,1	8,2	9,4	10,3

S243 Shh45	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Tmedia	20,5	19,7	17,6	14,6	11,6	9,4	8,5	9,2	11,3	14,2	17,2	19,5
Tmáxima	29,4	28,4	25,6	21,4	17,2	13,9	12,6	13,7	16,7	20,9	25,1	28,2
Tmínima	11,6	10,9	9,6	7,8	6,1	4,8	4,3	4,6	5,8	7,5	9,3	10,8

APÉNDICE II

Distritos bioclimáticos de Chile, según zona, en los que es posible establecer cultivos de higuera.

Zona central

Zona	Distrito	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Centro	Mt345 Shs44	12,2	11,7	10,6	9,3	8	7	6,6	6,9	7,8	9,1	10,4	11,6
Centro	Mt344 Shh44	11,1	10,6	9,7	8,4	7,2	6,3	6	6,2	7,1	8,2	9,5	10,5
Centro	S344 sa54	12,1	11,5	10,3	8,8	7,4	6,3	5,9	6,2	7,2	8,6	10,1	11,4
Centro	S344 Shs44	12,4	11,7	10,5	8,9	7,4	6,2	5,8	6,1	7,2	8,7	10,3	11,6
Centro	S344 sa44	12,3	11,7	10,5	8,9	7,3	6,1	5,7	6	7,1	8,6	10,2	11,6
Centro	S344 Shh44	12	11,4	10,1	8,6	7	5,9	5,4	5,8	6,8	8,3	9,9	11,2
Centro	Mt243 sa44	9,9	9,4	8,5	7,3	6,1	5,3	4,9	5,2	6	7,1	8,3	9,3
Centro	S243 Shs44	11,9	11,2	9,8	8	6,2	4,9	4,4	4,8	6	7,7	9,5	11
Centro	S243 sa44	11,2	10,5	9,2	7,5	5,9	4,7	4,2	4,5	5,7	7,3	9	10,4
Centro	Mt243 Shs44	11	10,4	9,1	7,4	5,8	4,6	4,1	4,5	5,6	7,2	8,9	10,3
Centro	Mt242 sa44	9,8	9,3	8,1	6,7	5,3	4,3	3,8	4,2	5,1	6,5	7,9	9,1
Centro	Mt242 Shs44	9,7	9,1	7,9	6,4	5	3,9	3,5	3,8	4,8	6,2	7,7	9
Centro	m241 Shs44	7,3	6,8	5,8	4,5	3,2	2,2	1,9	2,2	3	4,3	5,6	6,7

Zona centro sur

Zona	Distrito	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Centro sur	Mt344 h44	10,9	10,4	9,5	8,4	7,3	6,5	6,1	6,4	7,1	8,2	9,4	10,3
Centro sur	Mt344 Shh44	11,1	10,6	9,7	8,4	7,2	6,3	6	6,2	7,1	8,2	9,5	10,5
Centro sur	S344 Sa54	12,1	11,5	10,3	8,8	7,4	6,3	5,9	6,2	7,2	8,6	10,1	11,4
Centro sur	S344 Shs44	12,4	11,7	10,5	8,9	7,4	6,2	5,8	6,1	7,2	8,7	10,3	11,6
Centro sur	S344 sa44	12,3	11,7	10,5	8,9	7,3	6,1	5,7	6	7,1	8,6	10,2	11,6
Centro sur	M344 Shs44	13,7	12,9	11,4	9,4	7,5	6,1	5,5	6	7,2	9,1	11,1	12,7
Centro sur	S344 Shh44	12	11,4	10,1	8,6	7	5,9	5,4	5,8	6,8	8,3	9,9	11,2
Centro sur	Mt243 Shh44	11,2	10,6	9,4	7,8	6,3	5,2	4,7	5	6,1	7,6	9,2	10,5
Centro sur	S243 Shs44	11,9	11,2	9,8	8	6,2	4,9	4,4	4,8	6	7,7	9,5	11
Centro sur	S243 Shh44	11,7	11,1	9,7	7,9	6,2	4,9	4,4	4,8	5,9	7,6	9,4	10,9
Centro sur	S243 Shh45	11,6	10,9	9,6	7,8	6,1	4,8	4,3	4,6	5,8	7,5	9,3	10,8
Centro sur	S243 sa44	11,2	10,5	9,2	7,5	5,9	4,7	4,2	4,5	5,7	7,3	9	10,4
Centro sur	Mt243 Shs44	11	10,4	9,1	7,4	5,8	4,6	4,1	4,5	5,6	7,2	8,9	10,3
Centro sur	Mt242 Shs44	9,7	9,1	7,9	6,4	5	3,9	3,5	3,8	4,8	6,2	7,7	9
Centro sur	Mt242 Shh44	10,6	9,9	8,6	6,9	5,2	3,9	3,4	3,8	5	6,6	8,4	9,8
Centro sur	S242 Shs44	12,2	11,3	9,7	7,5	5,3	3,7	3,1	3,6	5	7,1	9,3	11,2
Centro sur	S242 sa44	11,7	10,9	9,3	7,1	5,1	3,5	2,9	3,4	4,8	6,8	8,9	10,7
Centro sur	I241 Shh44	8,6	8	6,9	5,5	4,1	3,1	2,7	3	3,9	5,3	6,7	7,9
Centro sur	Mt241 h45	10,5	9,8	8,3	6,4	4,5	3,1	2,5	2,9	4,2	6	8	9,6

Zona sur

Zona	Distrito	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Sur	Mt344 h44	10,9	10,4	9,5	8,4	7,3	6,5	6,1	6,4	7,1	8,2	9,4	10,3
Sur	Mt344 h35	10,5	10	9,1	8	6,9	6,1	5,7	6	6,7	7,8	9	9,9
Sur	S344 Shh44	12	11,4	10,1	8,6	7	5,9	5,4	5,8	6,8	8,3	9,9	11,2
Sur	S344 h35	11,4	10,8	9,7	8,2	6,8	5,8	5,4	5,7	6,7	8	9,5	10,7
Sur	Mt243 Shh44	11,2	10,6	9,4	7,8	6,3	5,2	4,7	5	6,1	7,6	9,2	10,5
Sur	M243 Shh44	11,8	11,1	9,8	8,1	6,4	5,1	4,6	5	6,1	7,8	9,5	11
Sur	S243 Shh44	11,7	11,1	9,7	7,9	6,2	4,9	4,4	4,8	5,9	7,6	9,4	10,9
Sur	S243 Shh45	11,6	10,9	9,6	7,8	6,1	4,8	4,3	4,6	5,8	7,5	9,3	10,8
Sur	S243 Shh35	11	10,4	9,1	7,5	5,9	4,7	4,3	4,6	5,7	7,2	8,9	10,2
Sur	S243 h35	11,4	10,7	9,4	7,6	5,9	4,7	4,2	4,5	5,7	7,4	9,1	10,6