



Universidad de Chile
Facultad de Ciencias Agronómicas
Departamento de Ciencias Ambientales y Recursos Naturales Renovables
Programa Jatropha Chile

OFICINA DE PARTES - FIA	
RECEPCIONADO	
Fecha	11 JUL 2011
Hora	17:00
N° Ingreso	21051

Santiago, 30 de Junio de 2011

C.N° 15

REF: Entrega Informe Final

Proyecto: FIA-PI-C-2007-1-A-009

Señor
Fernando Bas Mir
Jefe Unidad de Programas y Proyectos
Fundación para la Innovación Agraria
Presente

Estimado Sr Bass:

Mediante la presente, le comunico la entrega del informe final técnico y de difusión del proyecto "Desarrollo y validación del cultivo de Jatropha en la zona norte de Chile para la producción de biodiesel", código FIA-PI-C-2007-1-A-009.

Sin otro particular, le saluda atentamente,




MANUEL PANEQUE
Director de Proyecto

cc: Archivo PJ



GOBIERNO DE
CHILE
FUNDACIÓN PARA LA
INNOVACIÓN AGRARIA

OFICINA DE PARTES - FIA	
RECEPCIONADO	
Fecha	01 JUL 2011 17:00
Hora	
Nº Ingreso	2657

INFORME FINAL TÉCNICO Y DE DIFUSIÓN

PROYECTO

**"DESARROLLO Y VALIDACIÓN DEL CULTIVO DE
JATROPHA EN LA ZONA NORTE DE CHILE PARA LA
PRODUCCIÓN DE BIODIÉSEL"**

2011



INFORME FINAL TECNICO Y DE DIFUSION

I. ANTECEDENTES GENERALES

I.1. Datos Generales Proyecto

Nombre Proyecto		DESARROLLO Y VALIDACIÓN DEL CULTIVO DE JATROPHA EN LA ZONA NORTE DE CHILE PARA LA PRODUCCIÓN DE BIODIÉSEL	
Código Proyecto		FIA-PI-C-2007-1-A-009	
Duración		Territorio	
Meses	42	Regiones	III, IV, RM y VIII
		Comunas	La Pintana, Coquimbo, Freirina, Combarbalá, Ovalle, Los Vilos, Alto del Carmen, San Pedro de Melipilla, Florida de Concepción
Período de Ejecución Real			
Fecha de inicio		10/12/2007	Fecha de término 30/05/2011

I.2. Agente Ejecutor

Nombre	Giro / actividad	RUT	Representante Legal
Facultad de Ciencias Agronómicas. Universidad de Chile	Educación	60910000-1	Prof. Antonio Lizana Malinconi

I.3. Agentes Asociados

Nombre	Giro / actividad	RUT	Representante Legal
Agroenergía S.A.	Investigación y Desarrollo	76.020.174-K	Karin Cano Maluje
Soc. Agrícola Nacientes del Cogoti Ltda.	Agrícola	77.521.980-7	Miguel Rivera Pizarro
Liceo Agrícola Ovalle	Educación	60.904.145-5	Sergio Trucco Robles
Comercial e Industrial Binghamton S.A.	Comercial e Industrial	96.612.980-8	David Mauricio Ventura Labarca
Escuela E-54, Escuela Agrícola San Félix	Educación	65.314.140-8	Roberto Avendaño Moya
Energía Ecológica S.A.	Reciclaje	76.853.880-8	José Miguel Carrasco C

I.4. Coordinadores del Proyecto

Nombre	Formación/grado académico	Empleador	Función y responsabilidad dentro del proyecto
Manuel Paneque	Bioquímico, Biotecnología y Biología Vegetal	Universidad de Chile	Coordinador principal
Claudia Torres	Agrónomo, Investigadora Manejo de Cultivos: Administración agraria y desarrollo de cultivos energéticos naturales	Universidad de Chile	Coordinadora alterna



I.5. Equipo de Trabajo

Nombre Profesional	Función dentro del Equipo de Trabajo
Ronnie Labra	Coordinador General Proyecto
Oriana Díaz	Personal de Apoyo
Nancy Benítez	Personal de Apoyo
Hugo Riveros	Personal de Apoyo
Manuel Paneque	Investigador Principal Biotecnología y Biología Vegetal
Guillermo Martínez	Profesional Técnico Biotecnología y Biología Vegetal
Claudio Araya	Profesional Técnico Biotecnología y Biología Vegetal
Alberto Obrecht	Profesional Técnico Biotecnología y Biología Vegetal
Arnaldo Gatica	Profesional Técnico Biotecnología y Biología Vegetal
Felipe Medina	Profesional Técnico Biotecnología y Biología Vegetal
Agustina Undabarrena	Profesional Técnico Biotecnología y Biología Vegetal
Andrés de la Fuente	Investigador Principal SIG y Gestión del Conocimiento
Juan Manuel Uribe	Profesional Técnico SIG y Gestión del Conocimiento
Felipe Labra	Profesional Técnico SIG y Gestión del Conocimiento
Kevin Vásquez	Profesional Técnico SIG y Gestión del Conocimiento
Karla Astorga	Profesional Técnico SIG y Gestión del Conocimiento
Hilda Moya	Profesional Técnico SIG y Gestión del Conocimiento
Cristian Kremer	Investigador Principal Desarrollo Agrícola y Ecofisiología de cultivos
Claudia Torres	Profesional Técnico Desarrollo Agrícola y Ecofisiología de cultivos
Ian Homer	Profesional Técnico Desarrollo Agrícola y Ecofisiología de cultivos
Felipe Parada	Profesional Técnico Desarrollo Agrícola y Ecofisiología de cultivos
Herman Villarroel	Profesional Técnico Desarrollo Agrícola y Ecofisiología de cultivos
Lucía Caviedes	Profesional Técnico Desarrollo Agrícola y Ecofisiología de cultivos
Leticia Acosta	Profesional Técnico Desarrollo Agrícola y Ecofisiología de cultivos
Jonathan Lagos	Profesional Técnico Desarrollo Agrícola y Ecofisiología de cultivos
Juan Cabrera	Profesional Técnico Desarrollo Agrícola y Ecofisiología de cultivos
Edith Sotomayor	Profesional Técnico Desarrollo Agrícola y Ecofisiología de cultivos
Nicolás Magner	Investigador Principal Transferencia Tecnológica y Economía Agraria
Celián Román	Profesional Técnico Transferencia Tecnológica y Economía Agraria
Rodrigo Vázquez	Profesional Técnico Transferencia Tecnológica y Economía Agraria
Mónica Martínez	Profesional Técnico Transferencia Tecnológica y Economía Agraria



II. RESUMEN EJECUTIVO

Chile necesita diversificar su matriz energética, tanto por razones ambientales como estratégicas, siendo esto una meta fundamental para autoridades y empresarios. Entre las opciones posibles, el área de los biocombustibles representa una oportunidad de revalorizar sectores agrícolas actualmente deprimidos, especialmente en la zona norte del país. Para llevar a cabo este desafío, es imperativo que el sector agrícola diversifique sus opciones de producción de biocombustibles, para lo cual es necesario investigar nuevas especies y desarrollar los sistemas productivos para su explotación a escala comercial. Estos nuevos sistemas deberán responder a los requerimientos que tendrá la nueva industria energética: ser compatibles con los objetivos ambientales del país e idealmente aprovechar agro-ecosistemas actualmente degradados o subutilizados. La producción de biodiésel a partir del aceite de *Jatropha curcas*, una oleaginosa de porte arbustivo que sobrevive y crece en las tierras marginales, erosionadas y agotadas, y necesita poca agua para crecer, está llamado a ser la nueva alternativa energética. Considerando la necesidad de diversificar la matriz energética y mejorar la competitividad agroindustrial de sectores agrícolas actualmente deprimidos, este proyecto se ha planteado como objetivo implementar la tecnología *jatropha* para la fabricación de biodiésel. Para ello se establecieron 8 parcelas experimentales y ubicadas en diferentes condiciones agroclimáticas, entre la III y VIII Región. Se evaluó adaptabilidad del cultivo y comportamiento de materia genética salvaje de semillas de *jatropha* no tóxica, durante dos años, lo que permitió la selección de ecotipos adaptados a diferentes condiciones agroclimáticas, así como la cosecha de semillas de *jatropha*. La mayor producción se registró en la parcela experimental del Liceo Agrícola Ovalle "Tadeo Perry Barnes". La Región de Ovalle es la de mejor actitud agroclimática, mientras que la Región de Antofagasta se perfila como el territorio con mayor disponibilidad de tierras para cultivar la oleaginosa (40% del total de hectáreas de las regiones estudiadas). La ampliación y desarrollo del sistema *jatropha* tendrá un impacto socioeconómico en el sector rural. El modelo de negocio propone la producción de semillas de la oleaginosa, para venderlas a productores de biodiesel. El inicio de la cadena estaría en manos pequeños agricultores, son aquellos que poseen 12 o menos hectáreas de riego básico y sin explotación agrícola mayor. Su desarrollo con un costo total de \$293.035.000, al que FIA aportó \$100.000.000 (34,24%), y ha cumplido con la finalidad de encontrar una posible alternativa que permita a Chile diversificar su matriz energética y, de esta forma, prescindir del uso de combustibles fósiles.



III. INFORME TÉCNICO

III.1. Objetivos del Proyecto:

III.1.1. General

Los resultados obtenidos permiten concluir que el objetivo general planteado se ha cumplido. El cultivo de jatropha ha quedado validado, como sistema productivo orientado a la producción de aceite para biodiésel en Chile. Esto constituye una nueva alternativa agrícola para el país que permitirá la ampliación de la frontera agrícola y el desarrollo de suelos marginales y del norte de Chile.

III.1.2. Específicos

Todos los objetivos específicos planteados fueron cumplidos. Se importaron al país 25 Kg. de semillas de *Jatropha curcas* no toxica. Se evaluó su adaptación a diferentes condiciones agroecológicas entre la III y VIII región, en costa, meseta central y precordillera. Para ello se establecieron 8 parcelas experimentales, lo que permitió obtener ecotipos resistentes al frío y a heladas, al estrés hídrico y que produzcan semillas. La IV región es la que presenta mejor actitud agroclimática. Los estudio de zonificación permitieron identificar que en Chile tiene mas de 500.000ha con actitud para el cultivo de jatropha, la II región se perfila como el territorio con mayor disponibilidad de tierras para cultivar la oleaginosa. Los resultados han sido transferidos al sector público y privado, y en especial al tejido empresarial y académico que ha mostrado muy interés asistiendo a todas las actividades de difusión desarrolladas.



III.2. Metodología del Proyecto:

III.2.1. Material vegetal. Semillas de *Jatropha curcas* L., variedad no tóxica. Las semillas se germinarán y las plantas se desarrollarán durante 90 días en condiciones controladas de invernadero.

III.2.2. Germinación de la semilla. Las semillas se colocan una mezcla 1:1 de tierra de hoja con arena. Seguidamente se provee de suficiente humedad con ayuda de una regadera. La temperatura óptima para la germinación es de 30°C y la temperatura base es de 18°C. En los tratamientos de 7, 10 y 15 °C no germinó ninguna semilla durante un período de observación de 3 meses. El riego es la principal actividad para proveer de la humedad a las semillas garantizando la germinación. Se aplicó un riego diario durante la primera semana y al nacer las semillas aplicar cada 2 días. Las semillas toman entre 5 y 10 días en germinar y las plantitas estarán listas para trasplantarse a las bolsas 10 a 15 días después de la siembra. En promedio se obtuvo un 80% de germinación.

III.2.3. Siembra. Para sembrar una hectárea de terreno se necesita 2 kg de semilla con por lo menos 80 % de germinación. No se ha utilizado fertilizante en ninguna de las etapas del proceso.

III.2.4. Plantas. Del total de semillas importadas se lograron desarrollar 20.000 plantas, las que se desarrollan en las parcelas experimentales.

III.2.5. Propagación *in vitro*: Se diseñó un protocolo para el cultivo *in vitro* de *Jatropha curcas*. Se estableció el método más adecuado para la desinfección de la semilla, para luego ser estratificadas en el medio de cultivo MS (Murashige and Skoog, 1962). De la planta germinada se obtuvieron explantes que se traspasaron a un medio de establecimiento. Se realizaron ensayos de suplemento nutricional, multiplicación, enraizamiento y aclimatación de plantas enraizadas.

III.2.6. Determinación de áreas potenciales: Se realizó una zonificación agroecológica para identificar las áreas geográficas para el desarrollo potencial de *Jatropha curcas* en Chile. Como base para la zonificación se tomaron parámetros de adaptación ecológica publicados por Heller (1992) para diferentes biotipos según su procedencia. En función de estos parámetros se identificaron zonas que potencialmente puedan satisfacer estas necesidades dentro de nuestro territorio. Se considero especialmente la identificación de zonas que actualmente se encuentran fuera de la frontera agrícola o marginal, con el fin de aprovechar el potencial de adaptación de la planta a condiciones de restricción hídrica.



III.3. Actividades del Proyecto:

Nº	Actividad	Programado	Real	Comentarios
1	Introducir variedad no toxica de <i>Jatropha curcas</i>	Importación 20 Kg. de semillas desde Guatemala.	Importación 25 Kg. de semillas desde Guatemala.	Objetivo cumplido (Anexo 1)
2	Establecimiento de plantaciones	Establecer 8 parcelas experimentales de 0,5Ha.	Establecidas 8 parcelas experimentales	Objetivo cumplido (Anexos 2, 6 y 7)
3	Desarrollo de plántulas en vivero	Las semillas se germinaron en invernadero.	Las semillas fueron germinadas en invernadero, y se desarrollan satisfactoriamente.	Objetivo cumplido (Anexo 5)
4	Identificación de áreas potenciales de éxito del cultivo	Identificación de áreas potenciales de éxito del cultivo	Se han establecidos las bases para la determinación de las áreas potenciales de de éxito de cultivo	Objetivo cumplido (Anexo 3)
5	Establecer la técnica para la propagación <i>in vitro</i> de <i>Jatropha curcas</i>	Método para la propagación <i>in vitro</i> de <i>Jatropha curcas</i> .	Se ha trabajado en la estandarización de un método para la propagación <i>in vitro</i> de <i>jatropha curcas</i> .	Objetivo cumplido (Anexo 4)
6	Evaluar técnica-económicamente el cultivo en relación con otras alternativas comerciales orientadas a la producción de biodiésel en la región	Viabilidad de <i>Jatropha</i> en relación con otros cultivos para la producción de aceite en la zona	Se ha determinado la viabilidad de <i>Jatropha</i> en relación con otros cultivos para la producción de aceite en la zona.	Objetivo cumplido (Anexo 9)
7	Transferencia tecnológica	Seminarios, charlas de difusión, visitas de campo, ronda de negocios, página WEB.	Se han desarrollado actividades con un impacto nacional e internacional	Objetivo cumplido (Anexo 10)



III.4. Resultados del Proyecto:

III.4.1. Zonificación Agroclimática

El análisis de la aptitud de la tierra para el cultivo de *Jatropha* para el área comprendida entre las regiones de Antofagasta y Valparaíso permite concluir que las zonas con mayor potencial se encuentran concentradas en esta última región, específicamente en las comunas de La Ligua, Papudo, Zapallar, Puchuncaví, Quintero, Limache y Casablanca. En total se pudo identificar en esta región aproximadamente 8.000 hectáreas con muy buena aptitud térmica, déficit hídrico moderado y suelos cuyas limitaciones sólo requieren leves prácticas de manejo.

En las regiones de Antofagasta y Atacama existen aproximadamente 500.000 y 400.000 hectáreas respectivamente, las cuales manifiestan muy buena aptitud térmica pero niveles de déficit hídrico extremos y suelos con limitaciones que requieren prácticas de manejo y conservación especiales para posibilitar un establecimiento adecuado del cultivo. En la región de Coquimbo existen aproximadamente 50.000 hectáreas con muy buena aptitud térmica (el 80% presenta restricciones térmicas leves) pero con niveles de déficit hídrico severos y suelos que requieren moderadas a severas prácticas de manejo y conservación.

Para el área geográfica comprendida entre la región Metropolitana de Santiago y la región del Biobío, se concluye que la Región del Libertador Bernardo O'Higgins es la que presenta la mayor superficie disponible para el cultivo de *Jatropha*, con cerca de 250.000 ha y además muestra la mayor presencia de sitios de adaptabilidad máxima y media. La superficie de los sitios considerados Muy Aptos y Aptos, son de 40.000 y 55.000 ha, respectivamente, siendo de las regiones estudiadas, la con mayor potencial productivo. Además ésta región, representa el menor impacto ecológico y alimenticio, referido a la potencialidad de remoción de comunidades vegetacionales y cambio de uso de suelo. Esto se debe a la condición de la Región que cuenta con una importante superficie de suelos degradados, relativamente pobres y con algún grado de erosión, y por presentar una superficie significativa de praderas y matorrales, sin mucha presencia de bosque nativos. A su vez también hay menor presencia de actividad forestal.

III.4.2. Situación en Chile

III.4.2.1. Crecimiento y adaptación de *Jatropha curcas* en Chile

En Chile, *Jatropha* se ha visto condicionada por la distribución latitudinal en que se encuentran las plantaciones experimentales. Cuando las plantaciones se ubican sobre los 33° S (en este caso, en las regiones de O'Higgins y del Biobío) las parcelas no logran establecerse, presentándose una defunción del total de individuos plantados en



la época invernal. Las parcelas de jatropha no resistieron el invierno en estos lugares, debido posiblemente a que las bajas temperaturas y las heladas dañan gravemente a la planta (Gour, 2006; Achten *et al.*, 2008) y que el anegamiento o riego en exceso la vuelven susceptible a la planta al ataque de hongos (Maes *et al.*, 2009; Wu *et al.*, 2011). Esto se puede observar con mayor claridad en suelos pesados (arcillosos) con mal drenaje y que han sido regados en exceso (Wu *et al.*, 2011). En las parcelas que no lograron sobrevivir, se presentaron ambas características, varios días con heladas o bajas temperaturas y una humedad excesiva. La existencia, y en consecuencia, la supervivencia de jatropha en estas latitudes no se encuentra registrada. Labra (2009) efectuó un listado con las poblaciones de jatropha (naturales y cultivos) distribuidas alrededor del mundo, y en ningún caso se registran plantaciones por sobre los 29° N y 24° S, por lo que parece difícil su adaptación fuera de esos rangos latitudinales.

Las parcelas experimentales desde las regiones de Atacama a Metropolitana (desde los 28° 55' 53" S a 33° 56' 29" S), se lograron establecer durante la primera temporada, permitiendo la realización de mediciones en esos casos. En todas las parcelas, las plantaciones se efectuaron en verano (Diciembre de 2008 – Marzo de 2009), práctica común al establecer el cultivo de jatropha (Shukla, 2006; Behera *et al.*, 2010).

Se efectuaron cuatro mediciones: Enero de 2010, Abril de 2010, Septiembre de 2010 y Enero de 2011, además de la información inicial al establecimiento de la parcela, que es común para todas. En el Cuadro III.4.2.1.a. se resumen los resultados obtenidos en las parcelas que lograron establecerse.

Las parcelas que se encuentra en la Región Metropolitana, pasaron el invierno de 2009, pero no pudieron pasar el invierno del año 2010 (Cuadro III.4.2.1.a.). Durante el invierno del año 2009 hubo más resguardo con las plantas, encontrándose mucho más protegidas, además cuando un individuo moría era reemplazado con plantas nuevas. Las parcelas de Antumapu y Cabimbao fueron atacadas por hongos, producto de la alta humedad y de las bajas temperaturas. Según Wu *et al.* (2011), es posible que la planta de jatropha se vea afectada por hongos -debido a la alta humedad- hasta el tercer año de iniciada la plantación, viéndose afectada por los mismos inconvenientes que en las parcelas de las regiones de O'Higgins y del Biobío, claro que éstas no alcanzaron a sobrevivir ni siquiera un año.

En Argentina plantas que han tenido que soportar durante 15 a 20 días temperaturas mínimas entre -3 a 2 °C muestran serios daños en sus órganos, quemadura del ápice y necrosis de las hojas, pero no se registraron inconvenientes en la base del tallo (Carrizo, 2008). En la parcela Antumapu y Cabimbao, además de los daños observados por Carrizo (2008) se agrega la pudrición basal del tallo, lo que finalmente provocó la muerte de las plantas. Existen recomendaciones de no utilizar jatropha en lugares donde existan heladas, mientras no se desarrollen variedades resistentes (Gour, 2006).



Cuadro III.4.2.1.a. Altura y diámetro del tallo promedios de las parcelas experimentales durante la época de medición.

	Altura	Diámetro del tallo	Altura	Diámetro del tallo	Altura	Diámetro del tallo	Altura	Diámetro del tallo
	(m)	(cm)	(m)	(cm)	(m)	(cm)	(m)	(cm)
	San Félix		Tatara		Las Cardas		Ovalle	
mar-09	0,22	0,97	0,22	0,97	0,22	0,97	0,22	0,97
ene-10	0,20	1,30	0,19	1,44	0,60	3,91	0,71	4,68
abr-10	0,33	1,80	0,23	1,63	0,70	4,65	0,72	4,73
sep-10	0,35	2,10	0,21	1,57	0,74	5,61	0,68	4,77
ene-11	0,19	2,30	0,19	1,61	0,35	5,48	0,49	4,90
	Higuera		Chillepín		Cabimbao		Antumapu	
mar-09	0,22	0,97	0,22	0,97	0,22	0,97	0,22	0,97
ene-10	0,11	0,68	0,23	1,37	0,27	2,96	0,38	1,52
abr-10	0,12	0,96	0,67	2,91	s.i	s.i	0,53	3,03
sep-10	0,11	1,01	0,74	2,88	s.i	s.i	s.i	s.i
ene-11	0,11	1,05	s.i.	s.i	s.i	s.i	s.i	s.i

A Enero del 2011 las parcelas que presentan mejor adaptación y establecimiento son la de Las Cardas y del Liceo Agrícola de Ovalle (figuras III.4.2.1.a. y III.4.2.1.b.). En ambas parcelas las plantas no han tenido mayores inconvenientes en su desarrollo, salvo la pudrición o quema de algunos ápices durante los meses de invierno (por lo que ha sido necesario podarlas). En Chillepín, hasta la medición de Septiembre de 2010, las plantas presentaban un incremento en su altura superior al crecimiento en el diámetro del tallo, siendo en conjunto con las plantas de la parcela de Las Cardas, las que mayor crecimiento en altura presentaban.

En la medición de Abril 2010 (Cuadro III.4.2.1.a.), las parcelas de Las Cardas y del Liceo Agrícola de Ovalle tenían a los individuos más altos (altura promedio de 0,70 y 0,72 m, respectivamente) y con los tallos más gruesos (diámetro de 4,65 y 4,73 cm, respectivamente), siendo estas parcelas las que mejores resultados han obtenido. En Las Cardas las plantas han mostrado la mejor adaptación, ya que durante 6 meses las plantas no fueron regadas, sobreviviendo sin inconvenientes y logrando un desarrollo vegetativo superior a las otras parcelas, en este caso a pesar de haber sobrevivido las plantas, no serían productivas, ya que mientras menos agua obtengan menores serán los rendimientos (Abou y Atta, 2009; Maes *et al.*, 2009). En el Liceo Agrícola de Ovalle, además de lograr un aumento en la biomasa aérea, también se logró el crecimiento reproductivo de las plantas, contabilizando la primera aparición de inflorescencias y frutos.

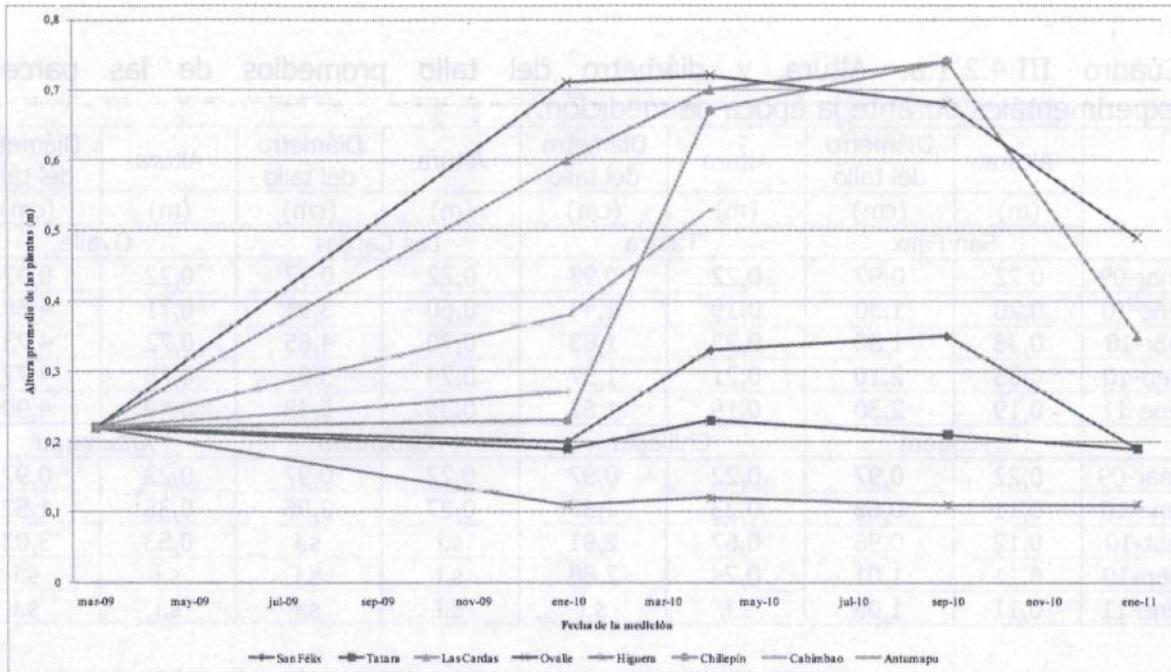


Figura III.4.2.1.a. Evolución en la altura de *Jatropha curcas* en las parcelas experimentales entre Marzo del 2009 y Enero del 2011.

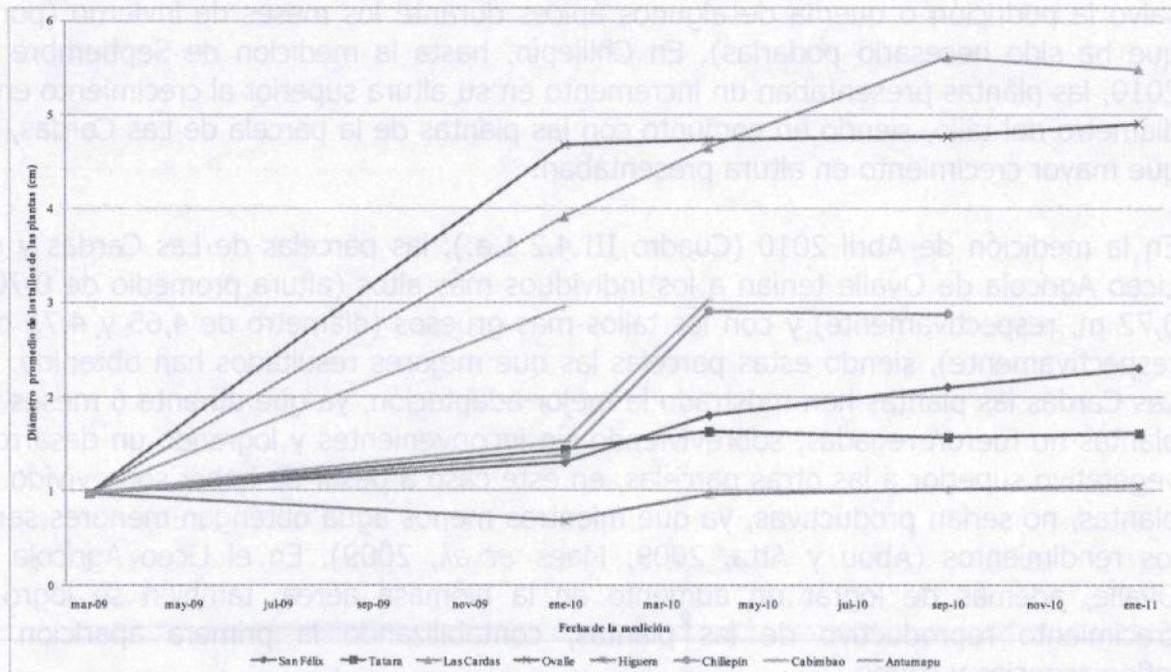


Figura III.4.2.1.b. Evolución en el diámetro del tallo de *Jatropha curcas* en las parcelas experimentales entre Marzo del 2009 y Enero del 2011.

La primera cosecha de frutos, en la parcela Liceo Agrícola de Ovale, se obtuvo durante el año 2010, hecho registrado durante la medición de Abril de ese año (Figura III.4.2.1.c.). En esa ocasión se cosecharon los primeros frutos. Durante las mediciones



de Enero de 2010 se habían observado algunas inflorescencias en ciertas plantas, pero no la presencia de frutos. La época de aparición de los frutos se condice con lo expuesto por Gour (2006), quien menciona que es a comienzos de invierno cuando *Jatropha curcas* comienza la producción. Aunque la cantidad de frutos obtenidos fue menor, es importante para evaluar la adaptación de la especie, y el desarrollo de la planta, la obtención de una producción de frutos en Chile, aunque sea menor.



Figura III.4.2.1.c. Frutos y semillas de *Jatropha curcas* cosechadas en la parcela experimental Liceo Agrícola de Ovalle

La supervivencia de las plantas en las parcelas de Las Cardas y del Liceo Agrícola de Ovalle ha sido alta, encontrándose sobre el 78% de las plantas vivas. En las mediciones de Septiembre de 2010 y Enero de 2011 se registró una disminución en el tamaño de las plantas, producto de que se podaron las zonas apicales que registraron muestras de quemadura o con síntomas de pudrición. De todos modos, el resto de las plantas también se podaron, ya que se han registrado mayores productividades en individuos a los que se les ha realizado poda previo a la época floración, para inducir una mayor producción de inflorescencias (Achten *et al.*, 2008; Behera *et al.*, 2010).

En las parcelas Tatara e Higuera, la supervivencia de las plantas alcanza a 27% y 7%, respectivamente, a pesar de ser menor que en Las Cardas y Liceo Agrícola de Ovalle, permiten la obtención de individuos adaptados a condiciones adversas -suelos salinos y falta de irrigación-. En Tatara, no ha habido cambios importantes en el crecimiento de las plantas, manteniéndose prácticamente del mismo tamaño durante el periodo de estudio (figuras III.4.2.1.a. y III.4.2.1.b.). El suelo en Tatara corresponde a un suelo salino, condiciones que no son favorables para el desarrollo de esta especie (Kumar y Sharma, 2008), además durante los últimos cuatro meses no hubo irrigación en la parcela. En la parcela Higuera, las plantas sobrevivieron sin riego durante todo el periodo de estudio, ya que no existía un sistema de riego establecido, siendo regadas manualmente y de forma esporádicamente por la persona encargada de la parcela. La posibilidad de estudiar los mecanismos de adaptación de estos individuos a las



condiciones de las parcelas, permiten -a futuro- la obtención de ecotipos o variedades adaptadas a suelos salinos o con baja irrigación.

III.4.2.2. Plagas

La principal plaga detectada corresponde al ácaro *Tetranychus urticae* conocido vulgarmente como Arañita bimaculada, son ácaros fitófagos que se presentan tanto en cultivos al aire libre como en invernadero. Son una de las plagas más importante a nivel mundial, tanto en climas templados como tropicales (Oliveira *et al.*, 2007; Van Leeuwen *et al.*, 2010). El daño causado por estos ácaros se presenta en las hojas, y se manifiesta con una decoloración o punteado clorótico en las hojas más viejas, sin embargo, cuando el daño ya es severo puede defoliar completamente la planta (Rohwer y Erwin, 2010), por lo que su control debe ser rápido y efectivo. Cabe señalar que el aumento de la población de esta plaga depende de las altas temperaturas alcanzando hasta 12 generaciones por temporada, lo que hace más riguroso el control en el verano. El método más efectivo para el control de esta plaga es por medio de químicos (Badii *et al.*, 2004; Oliveira *et al.*, 2007). Se empleó el acaricida Fast plus, cuyo ingrediente activo corresponde a la Abamectina, para el control de este acaro en las plantaciones que se vieron afectadas. Luego de su aplicación la plaga fue eliminada completamente, no siendo necesario realizar una segunda aplicación del producto.

Otra plaga detectada corresponde a áfidos (pulgones) no identificados (Figura III.4.2.2.a.), que se presentaron en una población mucho menor, por lo que no se consideró el control químico para su eliminación. Los áfidos fueron controlados de forma natural por depredadores como los coccinélidos que son comúnmente denominados chinitas, los cuales en estado larvario son feroces depredadores



Figura III.4.2.2.a. Pulgones presentes en planta de *Jatropha*

de pulgones, y los parasitoides *Aphidius sp.*, microavispa que oviponen dentro del pulgón, dejando a su huésped momificado luego de cumplir su ciclo.



III.4.3. Caracterización del aceite de *Jatropha curcas*.

El contenido de aceite entre las semillas tóxicas y no tóxicas, no presenta grandes diferencias (Cuadro III.4.3.a), encontrándose el porcentaje de aceite en las semillas, en ambos ecotipos, dentro del mismo rango. Esto se condice por lo expuesto por Makkar y Becker (1997), quienes concluyeron que no existen diferencias significativas en el contenido de aceite entre ambos ecotipos, los que se encuentran entre 56 y 58%.

Cuadro III.4.3.a. Contenido de aceite en las semillas de *Jatropha curcas*, ecotipo tóxico (ST) y no tóxico (SNT).

Tipo de Semilla	Porcentaje del peso total	Desviación Estándar
SNT	53,84	8,73
ST	62,31	12,8

Además se puede observar, que en ambos casos el contenido de aceite en las semillas descortezadas sobrepasa el 50%, encontrándose dentro del rango planteado por Pramanik (2003) quién sostiene que las semillas de *Jatropha* poseen entre 30 y 50% de aceite, mientras que en el corazón o nuez de las semillas el contenido se encontraría entre 45 y 60%. Makkar y Becker (1997), también concluyeron que las semillas sin cortezas poseen entre 56 y 58% de aceite. Existen otros autores que sostienen que el contenido de aceite en la nuez de las semillas (semillas descortezadas) oscila entre 40 y 60% (Aderibigbe *et al.*, 1997; Wink *et al.*, 1997; Kumar y Shrama, 2008).

La composición de ácidos grasos del aceite, se obtuvo por medio de cromatogramas desde el Cromatógrafo de gases/Espectrometría de masas (GC/SM), tanto para los ecotipos tóxicos y no tóxicos. La composición de los ácidos grasos correspondientes observados son muy semejantes, lo que sugiere que los ácidos grasos presentes en el aceite de las semillas de ambos ecotipos son los mismos. Los ácidos grasos identificados corresponden a ácido Palmítico, ácido Esteárico; ácido Oleico; ácido linoleico (Cuadro III.4.3.b).

Cuadro III.4.3.b. Composición de ácidos grasos (%) de las semillas de *Jatropha*, para ecotipos desde semillas tóxicas (ST) y no tóxicas (SNT).

Composición	SNT	ST
Ácido Palmítico (C16:0)	10,6	10,9
Ácido Esteárico (C18:0)	5,0	5,1
Ácido Oleico (C18:1)	36,4	35,5
Ácido Linoleico (C18:2)	47,9	48,5

La composición de ácidos grasos del aceite de *Jatropha*, se condice con lo expuesto por Achten *et al.* (2008), quienes resumieron los resultados de varias publicaciones



donde se efectuó una caracterización del aceite de *Jatropha*. Según éste análisis los principales ácidos grasos presentes en el aceite son: ácido Palmítico (14,54%), ácido Esteárico (6,30%), ácido Oleico (42,02%) y ácido Linoleico (35,85%), al igual que los resultados obtenidos en este estudio, además se encuentran los ácidos Mirístico (C14:0), Palmitoleico (C16:1), Linolénico (C18:3), Araquídico (C20:0), Eicosenoico (C20:1), Eicosadienoico (C20:2) y Behénico (C22:0), pero en porcentajes menores (alrededor de 1,76%).

El ácido graso que se presenta en mayor porcentaje en ambos ecotipos es el ácido Linoleico, el cual se encuentra entre 47,9 y 48,5%, en cambio, según lo obtenido por Achten *et al.* (2008) el ácido Oleico es el que se tiene en mayor proporción en las semillas, con un 42,02%. Muchos autores avalan lo expuesto por Achten *et al.* (2008) considerando al ácido Oleico como el principal componente del aceite (Augustus *et al.*, 2002; Akintayo, 2004; Kpoviessi *et al.*, 2004; Azam *et al.*, 2005; Vaknin *et al.*, 2011; Yee *et al.*, 2011), aunque también existen otros antecedentes donde es el ácido Linoleico es el que se encuentra en mayor proporción. Semillas colombianas, pakistaníes y nigerianas, además de las semillas analizadas en Chile en este estudio, demuestran un mayor porcentaje de ácido Linoleico en su composición. En Colombia se estudió la composición del aceite de *J. curcas* variedad Brasil provenientes desde dos localidades colombianas, siendo el ácido Linoleico el que se encuentra en mayor proporción con entre 42,3 y 43,2%, lo sigue de cerca el ácido Oleico con 33,2 a 34,3% (Pedraza y Cayón, 2010), siendo similar a los resultados obtenidos en este estudio. En las semillas de Pakistán y Nigeria también es el ácido Linoleico el que se presenta en mayor porcentaje, 49,75% y 47,3% respectivamente, pero a diferencia de lo que ocurre con los otros estudios, donde el ácido Oleico y el ácido Linoleico se alternan el mayor porcentaje, en ambos casos es el ácido Esteárico el segundo ácido en importancia con 16,8% y 17% en Pakistán y Nigeria, siendo tercero el ácido Oleico con 13% y 12,8%, respectivamente (Adebowale y Adedire, 2006; Rashid *et al.*, 2010).

III.4.4. Cultivo in vitro de *Jatropha curcas*

La introducción a Chile de *Jatropha* representa una presión selectiva para la especie, que permitirá que sólo sobrevivan los ecotipos que puedan adaptarse a las condiciones agroclimáticas del país. Desarrollar protocolos de micropropagación de *Jatropha* es una herramienta clave para programas de expansión y mejoramiento genético del cultivo de manera rápida y eficiente sin que los genotipos pierdan su valor genético.

La inducción de callos desde explantes foliares resultó exitosa, encontrándose diferencias en su crecimiento y frecuencia de aparición dependiendo del segmento de la hoja donde fueron extraídos, siendo más frecuentes y de más rápido crecimiento en las venas que en el limbo de la hoja.



La totalidad de los explantes foliares indujeron callos alrededor de una semana, luego de lo cual se observaron 2 comportamientos dependiendo de la planta madre de donde se obtuvieron los explantes foliares: mientras en algunos callos comenzaron a aparecer células pigmentadas, en otros la multiplicación del callo fue extremadamente rápida sin la aparición de las células pigmentadas. Luego de 4 semanas los callos alcanzaron un gran crecimiento y fueron cambiados a un medio para la inducción de organogénesis (Figura III.4.4.a).



Figura III.4.4.a. Inducción de callos desde explantes foliares. **a.** Se observa que la aparición del callo comienza mayoritariamente en las venas de la hoja que quedan expuestas en el corte del explante. **b.** Aparición de células pigmentadas. **c.** El callo presenta un crecimiento rápido en algunos explantes, sin aparición de células pigmentadas.

III.4.4.1. Organogénesis e inducción de brotes

Las células pigmentadas dieron origen a primordios foliares. Al ser separadas de la masa callosa e introducidas en un medio de elongación de brotes, tuvieron una baja tasa de sobrevivencia, dependiendo de la planta madre de la que provenía el explante.

La elongación fue exitosa para un alto porcentaje de brotes, y el enraizamiento sólo se logró luego de uno a tres meses en medio con concentraciones adecuadas de IBA (Figura III.4.4.1.a.)

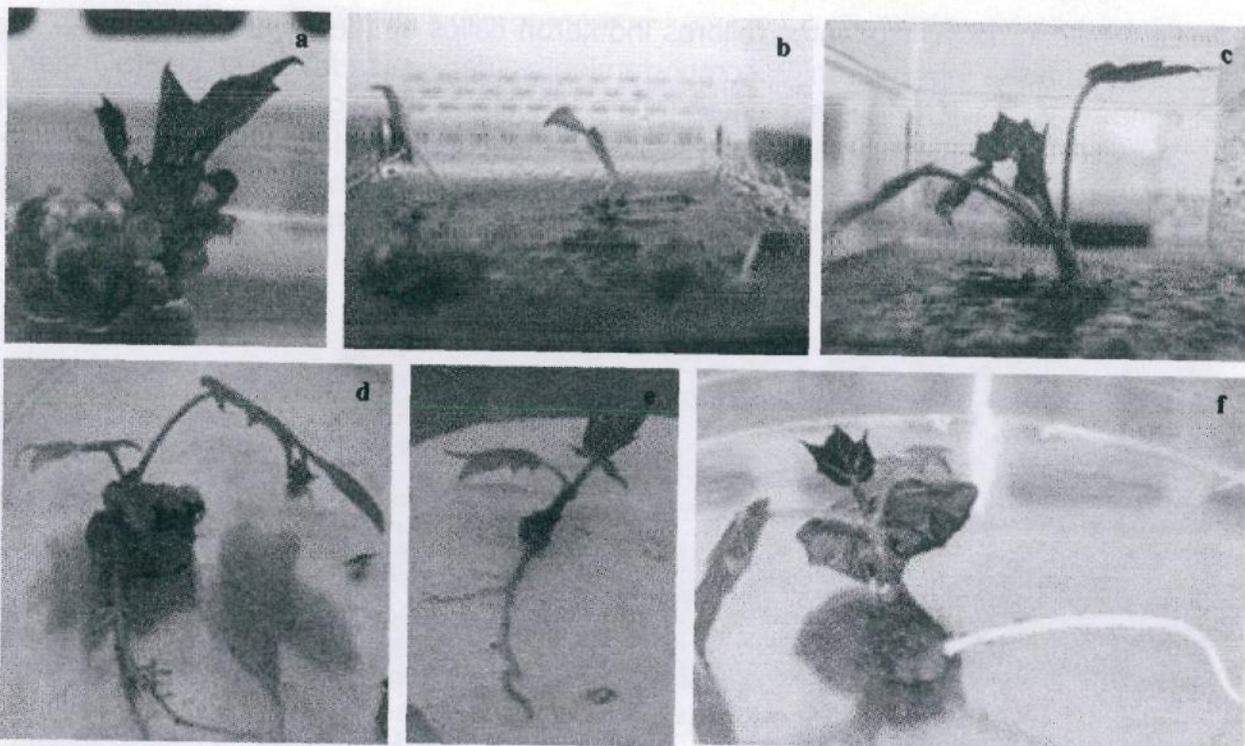


Figura III.4.4.1.a. Elongación y enraizamiento de brotes. **a.** Brotes listos para ser separados del callo y llevados al medio de elongación. **b.** Brotes en medio de elongación. **c.** Brote elongado y listo para ser cambiado a medio de enraizamiento. **d-f.** Clones enraizados.

Los clones obtenidos de plantas madres diferentes, fueron aclimatados paulatinamente en sustrato de vermiculita estéril y luego trasladados a maceteros con tierra y llevados al invernadero (Figura III.4.4.1.b).

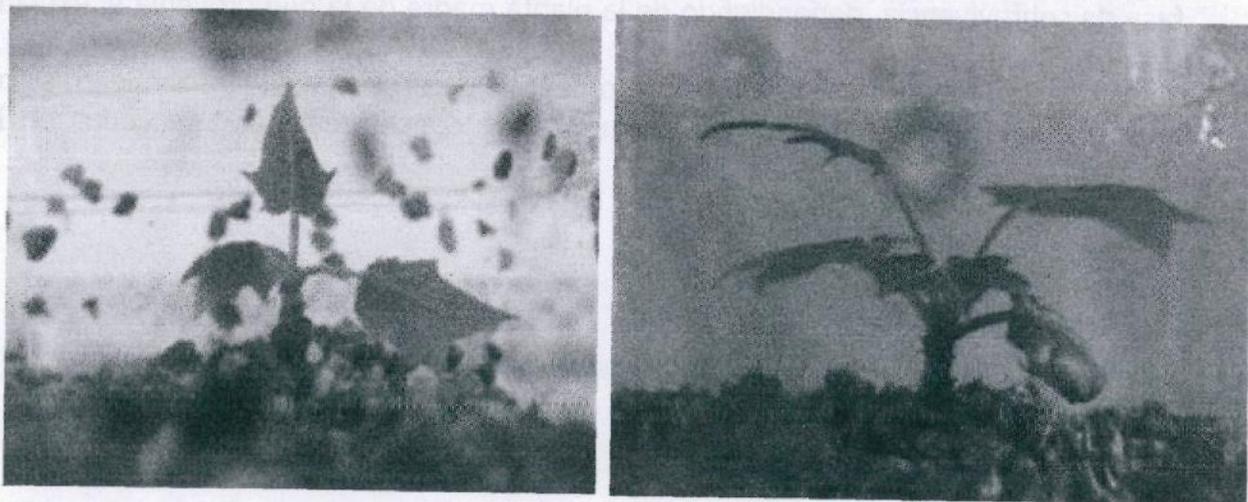


Figura III.4.4.1.b. Aclimatación de clones en vermiculita.



III.5. Fichas Técnicas y Análisis Económico:

III.5.1. Análisis técnico económico comparativo entre seis opciones de cultivos energéticos con potencial de asentamiento en las zonas semi áridas de Chile.

III.5.1.1. Resumen

En la actualidad, diversas naciones se encuentran estudiando y evaluando nuevas alternativas energéticas que le permitan diversificar su cartera de energía hacia otras opciones que, además de significar menores costos, también permitan disminuir el excesivo empleo de recursos naturales no renovables y así su impacto en el medio ambiente.

Es así como diversas iniciativas han concluido que una de las opciones de reemplazo de los combustibles fósiles son los cultivos energéticos, quienes tienen dentro de sus propiedades ser excelentes productores de aceites vegetales que a través de refinamiento, son capaces de convertirse en etanol y bio diesel.

Bajo esta premisa, el presente informe estudia las opciones más viables de implementar cultivos agroenergéticos en las zonas semi áridas de Chile, utilizando como criterio de selección las condiciones climáticas de adaptación de alrededor de 34 especies de las cuales hasta ahora se ha documentado como evidencia de potencial agroenergético (Anexo A.9.1.).

Luego de esta selección, se presenta una breve descripción de las especies seleccionadas para posteriormente realizar una comparación técnico económica utilizando como unidad de medida una hectárea de cultivo de cada una de estas especies en la zona del norte chileno (Anexo A.9.2.).

Tomando en cuenta toda la información recopilada y generada por el proyecto, se estiman algunos impactos en las economías regionales de la Región de Atacama y Coquimbo en base al incremento proyectado de su crecimiento regional, incremento en el empleo y los niveles de producción de aceite en ambas regiones.

La limitación más importante de este estudio es el empleo de información secundaria para establecer las comparaciones la que, a pesar de ser muy útil para aproximar a groso modo un futuro desempeño técnico económico de los cultivos probablemente mejor adaptados a las condiciones semi áridas de Chile.



III.5.1.2. JOJOBA - *Simmomdsia chinensis*

La jojoba es originaria del desierto de Sonora (costa del pacífico al norte de México). Su domesticación comenzó a fines de los setenta cuando se conocieron las ventajas que presentaba con respecto a otros cultivos que no pueden sobrevivir a condiciones de estrés hídrico y en tierras pobres (Hilbert *et al.*, 2007). Produce una cera líquida (aceite de jojoba) de excelentes características para su uso en diversas industrias.

Se cultiva principalmente en Estados Unidos (Arizona), norte de México, Argentina e Israel (FAO, 2006). Se cultiva en menor escala en Chile, Australia e India, siendo este último el mayor importador (Bancomext, 2006). Otros países consumidores son: Estados Unidos, Unión Europea y Egipto. El consumo mundial anual de jojoba ha sido difícil de determinar, sin embargo se sabe que la demanda ha aumentado a lo largo de los últimos 15 años. Las estimaciones de producción van desde las 700 a 1100 toneladas durante la mitad de la década de los noventa (Abadi *et al.*, 2006).

III.5.1.2.1. Descripción botánica

Arbusto siempre verde, espinoso, cuyo tronco se ramifica desde la base, alcanzando hasta 4 metros de altura. Sus hojas son xerofíticas, recubiertas de una espesa cutícula y contienen un tejido especial con alto contenido de compuestos fenólicos. Es una especie dioica por lo que la polinización es generalmente anemofilia (por medio del viento). El fruto es una cápsula que contiene de una a tres semillas, las cuales miden de 2 a 4 centímetros de largo (FAO, 2006) y contienen aproximadamente un 50 % de cera líquida, de color amarillo pálido (Universidad de Chile, 2008b).



Figura III.5.1.2.a. Planta de Jojoba (FAO, 2006)



Figura III.5.1.2.b. Cultivo de jojoba (U. Chile (a), 2008)

III.5.1.2.2. Requerimientos ecológicos

Especie muy susceptible a las heladas, alta humedad relativa y suelos pesados, sobre todo si están en condiciones de cultivo y hasta los tres años de edad. Si bien se adapta a condiciones de extrema aridez, para lograr un cultivo productivo se requiere



la utilización del riego y que en el periodo de cosecha no se produzcan precipitaciones de importancia (Hilbert *et al.*, 2007).

Necesita un clima cálido, pero para la maduración de las flores requiere de un periodo frío (vernalización). Para romper la dormancia, necesita temperaturas que fluctúen entre los 13 y 18 °C, dependiendo del genotipo, durante un mínimo de 20 días (Hilbert *et al.*, 2007). La flor de jojoba abierta no soporta temperaturas de 0 °C, mientras que cerrada puede resistir varios grados bajo cero (Hilbert *et al.*, 2007).

Crece desde el nivel del mar hasta los 1300 m.s.n.m., resistente a la sequía, puede tolerar precipitaciones mínimas de 250 mm (Abadi *et al.*, 2006).

III.5.1.2.3. Cultivo

El cultivo de jojoba se caracteriza por su longevidad, conociéndose plantas de más de 100 años que se mantienen productivas. En cuanto a su manejo, este cultivo no requiere labores muy intensas, además de ser una planta que poco la afectan organismos patógenos e insectos. La propagación puede efectuarse directamente por semillas o vegetativamente por medio de estacas (FAO, 2006).

Se debe manejar con cuidado el porcentaje de plantas masculinas para no tener un alto porcentaje de plantas improductivas, siendo recomendable tener un 5% de plantas masculinas para asegurar la polinización cruzada. La distancia de plantación más usada corresponde a hileras con surcos de 5 m. de separación y 1,6 a 2 m. entre las plantas (Abadi *et al.*, 2006).

Bajo las condiciones chilenas, la floración se produce entre los meses de mayo y septiembre, dependiendo de la zona y el clon. Los frutos alcanzan su madurez en los meses de marzo y abril del año siguiente (Universidad de Chile, 2008a).

Las semillas de jojoba no maduran al mismo tiempo por lo que se debe cosechar varias veces. Generalmente las semillas maduras caen y se recolectan debajo de la planta (FAO, 2006). La cosecha comienza el tercer o quinto año a partir de su establecimiento, y la productividad máxima se alcanza actualmente a partir del año 10 o 12 (Abadi *et al.*, 2006).

La semilla se debe secar para que se conserve. El secado puede realizarse por medio de flujos de aire caliente. Para su industrialización, debe tener un contenido de humedad del 6% (FAO, 2006).



III.5.1.2.4. Riego

La jojoba requiere de 3000 a 4500 m³ ha⁻¹ de agua al año. El riego se hace por surcos o por goteo. El sistema de surcos es adecuado en sectores en que el agua no sea limitante pero sí la salinidad. En el caso de que el suelo presente una costra salina, ésta debe ser removida antes de plantar. En zonas donde la principal limitante de producción sea el agua, se recomienda usar sistemas de riego mecanizado (por goteo) (Universidad de Chile, 2008a).

III.5.1.2.5. Usos

En general, se aplica en industria cosmética, farmacéutica, lubricante y recubrimientos (Bancomext, 2006). El aceite crudo o sin refinar presenta muy pocas impurezas, es un material de fácil manejo, muy estable y no es tóxico. Posee alto índice de viscosidad, baja volatilidad, alto punto de ebullición y llama. Evaluaciones previas demuestran las excelentes posibilidades que ofrece como lubricante de alta presión y temperatura. El mayor mercado industrial potencial para el aceite de jojoba los constituyen los lubricantes (Acevedo, 2006).

III.5.1.3. RICINO - *Ricinus communis*

El ricino, conocido también como castor tártago, higuerrilla, higuerrita, mamoneira, mamona, carrapateiro, Degha y koch, es una especie originaria de África, desde donde fue llevada hacia áreas tropicales y subtropicales (Reed, 1976). Algunos países que la cultivan son: Estados Unidos, Australia, Venezuela, Tailandia y Taiwán; siendo Brasil y China los principales productores y exportadores de semillas, e India el principal proveedor de aceite de ricino. Su mercado es creciente debido a su multiplicidad de usos y a la alternativa energética que representa con la expansión del biodiesel (Tierramérica, 2008).

III.5.1.3.1. Descripción botánica

Es una oleaginosa perenne, perteneciente a la familia de las euforbiáceas, herbácea o arborescente según el clima en que se desarrolle; puede alcanzar hasta los 13 metros de altura, creciendo bajo condiciones de clima tropical, pero sólo de 1-3 metros creciendo en clima templado. Sus hojas contienen de 6 a 11 lóbulos, sus numerosas flores están dispuestas en inflorescencias, apétalas tanto las femeninas como las masculinas, las cuales se encuentran en la misma planta. El fruto es una cápsula globosa de 2.5 centímetros de diámetro, que se torna del color verde al marrón cuando está maduro, es indehiscente en los cultivares modernos y contiene en su interior 3 semillas (Reed, 1976; EMBRAPA, 2005) las que se caracterizan por tener un 90 % de ácido ricinoleico.

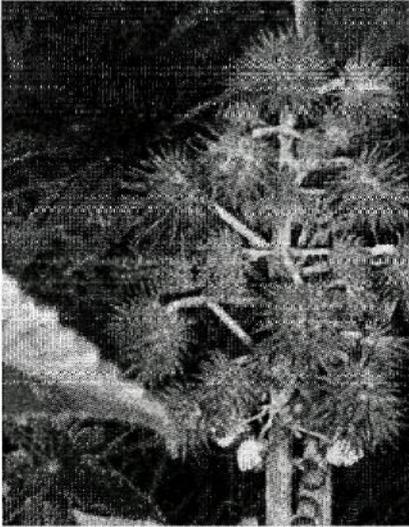


Figura III.5.1.3.a. Flores femeninas en la parte superior, y masculinas en la parte inferior. Fotografía tomada en la UTN, Facultad Regional Avellaneda

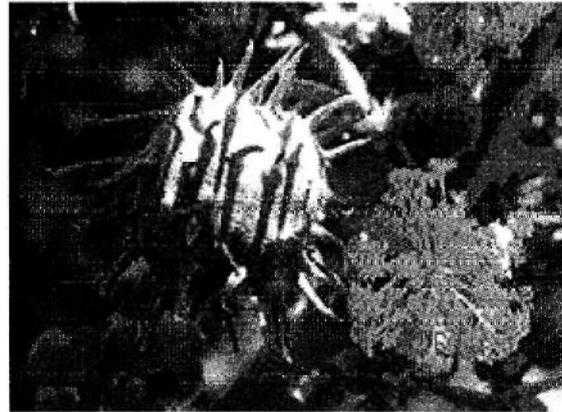


Figura III.5.1.3.b. Detalle de flores de ricino

III.5.1.3.2. Requerimientos ecológicos

Es una planta de día largo que requiere mucha luz. El umbral de crecimiento se estima en 12 °C, siendo 2 °C la temperatura crítica en el estado de plántula. Las temperaturas de -2 °C durante 4 horas producen la muerte de la planta en cualquier estado de crecimiento. Uno de los principales factores limitantes son las heladas, el número de días libre de heladas debe fluctuar entre los 140 a 150 días (Hilbert *et al.*, 2007). Crece mejor cuando las temperaturas son altas, aunque en general soporta un rango de 10 a 40 °C. Tolera largos períodos de sequía, incluso en la fase de maduración de frutos y se estima que para un rendimiento óptimo, las precipitaciones anuales deben variar entre 650 a 800 mm. (Hilbert *et al.*, 2007). El ricino se adapta a una gran diversidad de suelos, los mejores son los arcillosos – limosos, permeables, profundos y ligeramente ácidos (pH entre 5.5 y 7). No demanda suelos muy fértiles y es una especie adaptada a vivir bajo condiciones de escaso aporte hídrico.

Además, debido a que su raíz puede alcanzar los 6 metros de profundidad, se le reconoce como una especie ideal para plantar en zonas marginales y prevenir la desertificación y la erosión, presentándose como un cultivo alternativo para regiones subhúmedas y semiáridas.

A nivel mundial, las mejores condiciones climáticas para su cultivo se encuentran en Brasil, India y los países del sur de Asia (Puy *et al.*, 2007).



III.5.1.3.3. Cultivo

Es un cultivo que requiere pequeñas atenciones (Dove Biotech, 2008) cuyas labores de preparación son similares a las de la soya, maíz, algodón. La distancia de plantación es de 1 metro entre surcos y 25 centímetros entre las plantas. Las semillas se plantan a 7 centímetros de profundidad, aunque puede variar dependiendo de la textura y condición del suelo. Las dosis de semilla pueden variar entre 11 y 15 kg ha⁻¹, cifra alta debido a la baja germinación.

El cultivo puede ser fertilizado con nitrógeno, fósforo y potasio. El nitrógeno es el factor más importante de fertilidad, si el suelo es deficiente en este compuesto, se recomienda aplicar una dosis de 90 a 135 kg ha⁻¹. Si requiere fósforo adicional, es conveniente aplicar entre 40 y 50 kg ha⁻¹ antes de plantar. En el caso del potasio, se aplica de 15 a 19 kg ha⁻¹ en el momento de la plantación (Dove Biotech, 2008).

En cuanto al rendimiento del cultivo, se evidencia que este depende de las condiciones de humedad del suelo. Así, con riego rinde 900 a 1000 kg ha⁻¹ mientras que con baja humedad edáfica su rinde es de 300 a 400 kg ha⁻¹ (Horta, 2004).

En cuanto a la preparación de semillas, conviene tratar las semillas con funguicida antes de plantar, puede usarse Thiram, único funguicida registrado para tratar semillas de ricino.

Una vez que las semillas se encuentren maduras con las cápsulas secas, se cosechan y se deben almacenar idealmente en un lugar con menos de 6% de humedad (Dove Biotech, 2008).

III.5.1.3.4. Riego

Usualmente, las tierras son regadas por surcos antes de la plantación. Si esto ocurre, no debería requerirse otro riego hasta que aparecieran los primeros racimos. El ricino requiere anualmente entre 900 y 1000 m³ ha⁻¹ para obtener altos rendimientos (Dove Biotech, 2008).

III.5.1.3.5. Usos

El aceite de ricino tiene propiedades purgantes y su utilización data del siglo XVIII. El aceite refinado es un líquido incoloro o amarillo pálido, de sabor ligeramente acre y débil olor, que se emplea para fines industriales, medicinales y cosméticos (U. Chile, 2008). Industrialmente se destaca su uso como sustituto del petróleo en plásticos y lubricantes, en la producción de fibra óptica, y en prótesis óseas. Es una especie tóxica para los animales, por tanto no es utilizada como forraje. El aceite de ricino ya tiene



un mercado internacional pues es utilizado como insumo en más de 700 aplicaciones. No obstante lo anterior, este aceite no compite con aceites de calidad alimentaria.

III.5.1.4. PALTA - *Persea americana*

La palta es un frutal nativo de México y Centroamérica (Razeto, 2000). Existen 3 razas de palta: la Mexicana, la Guatemalteca y la Antillana. La distribución de las plantaciones mundiales de palta se ha mantenido prácticamente constante a lo largo de los últimos 13 años. El continente Americano, es la principal región con plantaciones, constituyendo el 63% de la superficie mundial. En Europa prácticamente la totalidad de la superficie plantada corresponde a España, constituyéndose en uno de los más importantes abastecedores de este continente. En Asia, Indonesia es el principal participante, mientras que en África lo es Sudáfrica.

La creciente preocupación de los consumidores por su salud y dieta ha favorecido el crecimiento de la categoría de aceites comestibles (Chilealimentos, 2005). La palta es una especie rica en aceite, en especial en ácidos grasos monoinsaturados, por lo que la comercialización de este tipo de producto tiene promisorias perspectivas. Actualmente, existen pocos países productores del aceite, dentro de los cuales está Nueva Zelanda, - quien fue el país pionero -, Estados Unidos, España, México y Chile. Por otra parte, el creciente interés de los consumidores por productos de belleza y salud ha provocado que las exportaciones de aceite procesado de palta destinado a estos fines aumenten. (PROEXANT, 2008).

Actualmente otro destino para el aceite de palta ha llamado la atención, producto del alto rendimiento en aceite del cultivo, que se estima en 2.460 L ha⁻¹ al año (El Observador, 2006), podría utilizarse para la elaboración de biodiesel.

III.5.1.4.1. Descripción botánica

La palta es un árbol perteneciente a la familia de las lauráceas, de hoja persistente, de gran tamaño y de estructura abierta, pudiendo alcanzar hasta 30 metros de altura. Cuando llega al estado adulto, suele presentar su interior sombreado, con gran cantidad de ramas desprovistas de follaje (Razeto, 2000). Posee un sistema radical bastante superficial. Sus hojas son alternadas, pedunculadas y de color verde brillante.

El palto presenta inflorescencias del tipo panícula, de un color verde pálido o verde amarillo de unos 12 milímetros de diámetro cuando están totalmente abiertas. La flor es hermafrodita perfecta, con 12 estambres, 9 de los cuales son funcionales. El pistilo simple tiene un carpelo con un óvulo. Los órganos femeninos y masculinos son funcionales en diferentes tiempos, lo que evita la autofecundación, por ello las variedades se clasifican en A ó B, según el comportamiento de la inflorescencia. Cada



árbol puede llegar a producir hasta un millón de flores y solo el 0.1 % se transforma en fruto (PROEXANT, 2008).

El fruto es una baya oval unisemillada. El cambio de color sólo se produce en algunas variedades y la maduración del fruto no tiene lugar hasta que éste se separa del árbol (PROEXANT, 2008).

El aceite obtenido de la pulpa de palto es de color rojo intenso a la luz reflejada, y su rendimiento una vez extraído de la pulpa deshidratada va de 50 a 70% (U. Chile, 2008).

III.5.1.4.2. Requerimientos ecológicos

El clima es probablemente uno de los factores más determinantes en el potencial productivo del palto tanto en rendimiento como en calidad. Dentro de los componentes del clima la temperatura es la más importante. El palto es susceptible a bajas temperaturas y su tolerancia a las heladas depende de la variedad. En general, si éstas tienen lugar en períodos de reposo son menos dañinas que si ocurren en épocas de desarrollo vegetativo. Además los árboles jóvenes son más resistentes a heladas que los adultos. Temperaturas menores a 20 °C en el día y menores a 10 °C en la noche tienen efectos negativos, mientras que temperaturas altas provocan caída de frutos (Rosenberg, 1987; Gardiazabal, 1990).

El viento provoca daño en el palto por caídas de frutos, produce desganche de ramas y disminución de la cuaja. Además puede afectar la productividad por entorpecer la actividad polinizadora de las abejas (Rosenberg, 1987).



Figura III.5.1.4.a. Árbol de palto



Figura III.5.1.4.b. Frutos de palto



El palto puede desarrollarse en una amplia variedad de texturas, pero en suelos francos a franco arenosos es donde alcanza su mayor crecimiento y producción, siendo el óptimo un suelo libre de arcillas (Rosenberg, 1987). Exige suelos bien drenados, en caso contrario son muy susceptibles a la pudrición radical producida por *Phytophthora cinnamomi*, enfermedad conocida como "Tristeza del Palto". Esta enfermedad es muy favorecida por suelos de texturas pesadas. El pH óptimo para el desarrollo del palto es ligeramente ácido, cercano a 6,0, siendo recomendable un rango entre 5,5 y 8,0.

Puede cultivarse desde el nivel del mar hasta los 2.500 m.s.n.m., sin embargo se recomienda en altitudes entre 800 y 2.500 m. para evitar problemas de enfermedades de las raíces (PROEXANT, 2008).

III.5.1.4.3. Cultivo

La mejor época para efectuar la siembra es al inicio del período lluvioso; cuando las plantaciones cuentan con sistemas de riego puede plantarse en cualquier época del año (ANACAFE, 2004).

Las actuales densidades de plantación consideran la distribución de los árboles en rectángulo. En variedades de vigor intermedio como Hass, es común la plantación a 8 x 5 ó 7 x 4,5 m. En variedades de árbol erecto y compacto se puede utilizar 6 x 4 ó 5,5 x 3,5 m. El planeamiento del huerto considera polinizantes dispuestos en forma supernumeraria o bien ocupando el lugar de una planta.

Para la fertilización, se sugiere aplicar al trasplante 250 gramos de un fertilizante rico en fósforo, como el de la fórmula 10-30-10 o triple superfosfato, y por cada año de edad del árbol, un kilo de un fertilizante rico en nitrógeno y potasio como el de la fórmula 18-5-15-6-2, repartido en tres aplicaciones, una a la entrada de las lluvias y las otras dos cada dos meses (ANACAFE, 2004).

Normalmente, la primera cosecha comercial ocurre a los tres años. El criterio de madurez que ha prevalecido ha sido el basado en el contenido de aceite en el fruto. La recolección se hace a mano utilizando escalera.

III.5.1.4.4. Riego

El palto requiere tener el terreno constantemente húmedo pero no saturado de agua. En los primeros años de plantación basta con humedecer el área del suelo bajo la que el sistema radicular se desarrolla, luego, para un árbol adulto, la superficie regada debe corresponder aproximadamente a la mitad de la superficie cubierta por la copa del árbol. Una opción es la implementación de riego localizado por goteo con una



frecuencia de 15 a 20 días. En cuanto a su requerimiento anual, esta especie podría llegar a requerir un promedio de $10.000 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$.

III.5.1.4.5. Usos

Normalmente el aceite de palta es utilizado para consumo humano (gastronomía) y en el área cosmética (ProChile, 2007). Además se usa para fines farmacéuticos e industriales (lubricante de máquinas). El aceite se considera inocuo, no irritante y se absorbe rápidamente por la piel. Su uso en cosmética comenzó aproximadamente en 1930 en Estados Unidos y solo ha adquirido importancia en los últimos años en la elaboración de cremas, jabones y lociones (U. Chile, 2008).

III.5.1.5. OLIVO - *Olea europaea*

El olivo es uno de los cultivos más antiguos que se conocen, el cual es originario de Mesopotamia y de la región del Mediterráneo donde empezó a domesticarse y a cultivarse (INIFAP, 2005). Existen dos grandes grupos: variedades de mesa y de aceite, de éstas últimas pueden destacarse las variedades Picual, Arbequina, Hojiblanca, Picudo y Cornicabra. Históricamente la producción de aceite de oliva se ha concentrado en la región del Mediterráneo, específicamente en países como Portugal, Grecia, Turquía, Túnez y Marruecos, los que en conjunto representan un 90% del total de producción de aceite de oliva a nivel mundial (PROCHILE, 2007), destacándose España e Italia como los principales productores.

La producción mundial de aceite de oliva durante el periodo 2005/06 fue de 2.4 millones de toneladas, que corresponde al 2% del total de aceites vegetales producidos (Vilar y Velasco, 2007).

III.5.1.5.1. Descripción botánica

Es un árbol robusto, perenne, que puede alcanzar alturas considerables, aunque también se le encuentra en formas bajas. La base de su tronco se denomina peana, tiene un sistema radicular pivotante que se ramifica mucho, sus hojas son lanceoladas y coriáceas. Posee flores perfectas, gamopétalas con cuatro pétalos blancos y dos anteras, dispuestas en inflorescencias. El fruto corresponde a una drupa ovoide de color vinoso negro al madurar, del tamaño de una cereza y alto contenido energético. Es una especie anemófila (polinización por viento), se recomienda la polinización cruzada y la colocación de polinizadores (InfoAgro, 2008).

El fruto contiene entre un 20 y 40% de aceite, el que es de color amarillo a amarillo verdoso. Está compuesto por ácido oleico (80 a 85%), palmítico (8 a 15%) y linoleico (5 a 10%), la parte insaponificable contiene fitosteroles y vitamina A (U. Chile, 2008).



Figura III.5.1.5.a. Fruto de Olivo



Figura 5.1.5.b. Individuo de Olivo

III.5.1.5.2. Requerimientos ecológicos

Es una especie capaz de resistir temperaturas invernales por debajo de los 6 a 7 °C aunque no más allá de los -10 °C, y de soportar largas sequías en verano. Es cultivado en zonas con pluviosidad mediana cercana a los 350 y 400 milímetros anuales, y con temperaturas veraniegas de hasta 40 °C (Hilbert *et al.*, 2007). Es muy resistente a la sequía y en casos en que ésta sea extrema se induce la producción de flores masculinas. No presenta problemas de heladas, con excepción de las variedades muy tempranas, en las que el fruto se ve dañado. Los agentes meteorológicos más graves son los vientos secos y las temperaturas elevadas durante la floración (InfoAgro, 2008).

El olivo puede crecer en suelos pobres en nutrientes siempre que estén bien drenados (NAGREF-ITAP, 2008), prefiere suelos de texturas medias (francas, franco arenosas, franco arcillosas) y con pH entre 5,5 a 8,5 (Hilbert *et al.*, 2007), es muy tolerante a la salinidad.

Es una planta que requiere mucha luz, de forma que la carencia de ésta reduce la formación de flores o induce que éstas no sean viables (InfoAgro, 2008).

III.5.1.5.3. Cultivo

Es una especie que se cultiva en terrenos marginales debido a su gran rusticidad. Tradicionalmente se han utilizado marcos de plantación muy amplios; la densidad media de plantación en España es de 72 árboles por hectárea, aunque actualmente se recomiendan valores de 312 árboles por hectárea, llegando hasta 400 en régimen de regadío. En secano no deben sobrepasar los 300 árboles por hectárea (InfoAgro, 2008). En zonas de clima templado la plantación se realiza en los meses de noviembre y diciembre (NAGREF-ITAP, 2008).



Para eliminar las malas hierbas se recomienda el laboreo mínimo, que consiste en la realización de una labor muy superficial para romper la costra, esto evita problemas de erosión y pérdida de fertilidad del suelo, así como también la formación de cárcavas debido a la escorrentía (InfoAgro, 2008).

Normalmente se lleva a cabo el abonado nitrogenado, en forma de urea al 4% y en cantidades de 0.5 a 1 kg árbol⁻¹, que pueden aportarse por vía foliar. La respuesta al abonado potásico es tardía y se aportan de 300-400 g árbol⁻¹ (InfoAgro, 2008). La carencia de fósforo no es muy común, de forma que los fertilizantes de fosfato no son necesarios, especialmente cuando en el terreno se han utilizado fertilizantes compuestos 11-15-15 durante varios años (NAGREF-ITAP, 2008).

La cosecha del fruto puede realizarse de forma manual o mecánica, siendo esta última la forma más eficiente ya que permite ahorrar tiempo y genera menores costes en mano de obra. Además, en muchas oportunidades, la cosecha manual provoca daños en los frutos y una mala calidad de aceite (NAGREF-ITAP, 2008).

III.5.1.5.4. Riego

Se requiere riego bajo los 800 milímetros de precipitación, siendo el sistema más adecuado el riego localizado por goteo a razón de 8.000 metros cúbicos de agua por hectárea al año (InfoAgro, 2008). Los olivos son muy sensibles al exceso de riego y les perjudican los terrenos anegados, donde se deterioran las raíces, pudiendo llegar a provocar la muerte del árbol. Los árboles cultivados en suelos saturados son más susceptibles a los cambios climáticos y a patógenos del suelo, como *Phytophthora* y *Verticillium* (NAGREF-ITAP, 2008).

III.5.1.5.5. Usos

Es un aceite comestible muy apetecido, porque se ha ocupado para consumo humano (gastronomía). En farmacia se utiliza para preparar soluciones y suspensiones oleosas (U. Chile, 2008), usándose también en cosmética. Actualmente se presenta como una opción para elaborar biodiesel.

III.5.1.6. CARTAMO - *Carthamus tinctorius*

El cártamo, también llamado azanfracillo o alazor, se cultivaba originariamente en India y en el oeste de Asia para utilizar el pigmento de sus flores. Actualmente, se utiliza el aceite de sus semillas y los subproductos derivados de la molienda para consumo humano, animal e industrial. Los principales productores son: Argentina, Australia, Etiopía, Estados Unidos y México. India es el primer productor histórico, sin embargo vuelca su producción al mercado interno y esporádicamente al mercado de exportación. Los países que más demandan este aceite son: Estados Unidos, Japón,



Alemania, Países Bajos y Egipto (CREA, 2008). Los bajos rendimientos de los cultivos, con un promedio mundial de 770 kg ha^{-1} , la hacen una planta de importancia secundaria (Comité Nac. Sist. Producto, 2006).

III.5.1.6.1. Descripción botánica

El cártamo es una oleaginosa anual, erecta y ramificada, perteneciente a la familia de las compuestas (Asteraceae), de apariencia similar a la de un cardo. Después de la germinación produce una roseta, sus ramificaciones generan de una a cinco cabezas florales de 2 a 4 centímetros de diámetro. Cada cabeza floral produce entre 15 y 30 semillas, las cuales permanecen protegidas luego de la madurez (Comité Nac. Sist. Producto, 2006).

III.5.1.6.2. Requerimientos ecológicos

Es una especie adaptada a suelos poco fértiles, a diferentes climas y necesita poca agua (Comité Nac. Sist. Producto, 2006), por lo que puede sobrevivir a condiciones de aridez y semiáridéz. Su condición de resistencia a la sequía se basa en la capacidad que posee para extraer agua en suelos profundos hasta los 3 metros de profundidad. Normalmente el 100% de absorción de agua del cultivo plenamente desarrollado tiene lugar entre 1 y 2 metros de profundidad (Dorenbos *et al.*, 1988).



Figura III.5.1.6.a. Planta de cártamo (Comité Nac. Sist. Producto, 2006).

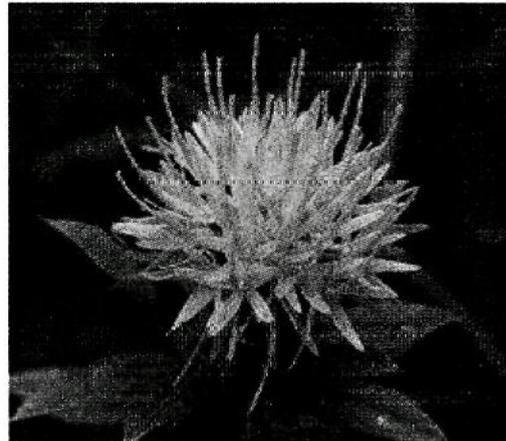


Figura III.5.1.6.b. Cártamo en floración (Comité Nac. Sist. Producto, 2006)

Es un cultivo de regiones cálidas – templadas, de día neutro generalmente. Las plántulas son tolerantes a bajas temperaturas, sin embargo, con temperaturas cercanas a $0 \text{ }^{\circ}\text{C}$ se producen daños. La heladas en la maduración afectan tanto al rendimiento como al contenido de aceite de la semilla, es por ello que durante el



periodo de elongación del tallo hasta la maduración (de 130 a 160 días aproximadamente) debe estar libre de heladas. En la floración es susceptible a las altas temperaturas, aunque los daños de las heladas al cesar el estado de roseta se sienten más (Hilbert *et al.*, 2007).

Las precipitaciones pueden no ser tan relevantes debido a la capacidad que tiene de obtener agua de niveles profundos del suelo. Aún así, es preferible que las lluvias se concentren entre el estado de roseta y floración. El exceso de humedad aumenta los daños por enfermedad, producidas por hongos en todos los estados de crecimiento. En fases tempranas, el cártamo no se ve afectado por tormentas severas ni granizos. Precipitaciones cercanas a los 600 milímetros se requieren como mínimo para producir cártamo comercialmente (Hilbert *et al.*, 2007).

Crece mejor en suelos profundos, bien drenados y arenos – limosos. Tolera la salinidad, especialmente las sales de Na, y en menor medida las de Ca y Mg. Los suelos ácidos pueden aumentar los daños por *Fusarium Sp.* (Hilbert *et al.*, 2007).

III.5.1.6.3. Cultivo

La siembra debe efectuarse en invierno depositando la semilla a una profundidad de 5 a 7 centímetros. La mejor densidad de población es de 10 a 15 plantas m^{-2} , lo que equivale a una población de 125.000 a 187.500 plantas ha^{-1} . La dosis de semillas varía entre 10 y 12 $kg ha^{-1}$ y se estima un 85% de germinación (INIFAP, 2008). Su baja tasa de crecimiento inicial genera problemas de enmalezamiento que deben cuidarse (Comité Nac. Sist. Producto, 2006).

La forma y la dosis para aplicar la fertilización dependen del tipo de suelo y la rotación de cultivos. En suelos arcillosos la aplicación debe ser de 30 kilogramos de nitrógeno y 40 kilogramos de fósforo por hectárea; en suelos de vega de río no se ha observado respuesta a fertilizantes. Esta práctica debe realizarse antes o al momento de la siembra (INIFAP, 2008).

El ciclo del cultivo es de 150 a 155 días. Se debe cosechar cuando las brácteas de los últimos capítulos se tornen color café, la semilla tenga un 9% o menos de humedad y el grano esté blanco y duro (INIFAP, 2008).

III.5.1.6.4. Riegos

El manejo del agua es relevante en el rendimiento, es recomendable dar un riego pesado con una lámina de 30 centímetros, de 20 a 25 días antes de la siembra; el primer riego de auxilio se debe aplicar de los 40 a 45 días de nacida la planta, con una lámina mediana de 15 a 20 centímetros y el segundo a los 110 días con una lámina



similar (INIFAP, 2008). En resumen, se piensa que el cultivo presenta requerimientos hídricos de alrededor de los 6.000 metros cúbicos por hectárea al año.

III.5.1.6.5. Usos

El aceite de cártamo es de alta calidad dietética, debido a la existencia de variedades de alto oleico y alto linoléico, así como también por el bajo porcentaje de ácidos grasos saturados en ambas variedades. Se utiliza para la elaboración de margarinas y para el consumo humano directo en ensaladas, también en tratamientos medicinales. Se le confieren propiedades benéficas en la prevención de la arteriosclerosis y como uso para el control de dermatitis. Las flores son utilizadas para parasitosis intestinales, pérdidas de apetito y dispepsias. Por otra parte, de la molienda de las semillas se obtiene, en promedio, alrededor de un 34 % de aceite y un 61 % de pellet que puede ocuparse en alimentación de animales. En la industria, el aceite se utiliza para la elaboración de pinturas, esmaltes, revestimientos y jabones, además puede ser utilizado para elaboración de biocombustibles dadas las propiedades del aceite (CREA, 2008).

III.5.1.7. JATROPHA - *Jatropha curcas*

La jatropha, también llamada Coquito, Capate, Tempate, Piñón, Piñoncito, Piñol, Barbasco o Higo de infierno, es una planta con más de 3500 especies agrupadas en 210 géneros, originaria de Mesoamérica, crece en la mayoría de los países tropicales. Se cultiva en América Central, Sudamérica, Sureste de Asia, India y África (Cultivos E. SRL y Coop. El Rosario, 2007), utilizándose para generar energía por medio de la producción de aceite vegetal.

Es una especie que puede implementarse productivamente rápido en situaciones adversas, tierras degradadas, clima seco, tierras marginales y al mismo tiempo ser parte de un sistema agrosilvicultural. Puede plantarse en tierras que estén en período de barbecho y a lo largo de los límites de pastizales, también en terrenos sin aprovechar junto a vías férreas, carreteras y canales de irrigación (Inv. Sn. Martín y SERNA, 2008). Debido a la demanda potencial, a las oportunidades de comercialización, a no competir con cultivos alimentarios y a no generar un impacto significativo en los modelos de cultivo, se ha presentado como un cultivo viable para fines energéticos (Inv. Sn. Martín y SERNA, 2008).

El mercado internacional para el aceite de jatropha se encuentra principalmente en países como Inglaterra, Canadá, Alemania, EEUU, India, Brasil y México (Cultivos E. SRL y Coop. El Rosario, 2007).



III.5.1.7.1. Descripción botánica

Es un arbusto perenne, oleaginoso de la familia de las euforbeáceas, de 2 a 6 metros de altura con corteza blanco-grisácea. Normalmente forma 5 raíces, 1 central y 4 periféricas. Las hojas tienen de 5 a 7 lóbulos pocos profundos y grandes, sus largos pecíolos tienen una longitud de 10 a 15 centímetros y un ancho de 9 a 15 centímetros.

Las flores masculinas y femeninas se encuentran dispuestas en inflorescencias, son pequeñas (6-8 milímetros), de color verdoso-amarillo en el diámetro y pubescentes, los pétalos tienen un largo de 6 a 7 milímetros. De cada inflorescencia se obtienen 10 frutos o más, el desarrollo de éstos necesita 90 días desde la floración hasta que madura la semilla (Inv. Sn. Martín y SERNA, 2008).

Los frutos son cápsulas drupáceas y ovoides, verdes en un inicio y café oscuro o negro después. Cada fruto produce tres almendras negras de 2 centímetros de largo y 1 centímetro de diámetro. La semilla contiene minerales como fósforo, calcio, sodio, potasio y magnesio (Inv. Sn. Martín y SERNA, 2008).

III.5.1.7.2. Requerimientos ecológicos

La *Jatropha* crece casi en cualquier parte, incluso en tierras cascajosas, arenosas, salinas y hendiduras de piedras (Inv. Sn. Martín y SERNA, 2008), responde bien en suelos de pH no neutro. Se desarrolla desde el nivel del mar hasta los 1.500 m.s.n.m, siendo los 600 a 800 m. la mejor condición de altitud. Climáticamente, se encuentra en los trópicos y subtropicos, adaptada al calor aunque también a las bajas temperaturas, pudiendo resistir heladas ligeras. La temperatura óptima para su crecimiento es de 20 °C (Hilbert *et al.*, 2007). Su requerimiento de agua es bajo y puede resistir períodos largos de sequedad por el desprendimiento de la mayoría de sus hojas para reducir la evapotranspiración (Inv. Sn. Martín y SERNA, 2008) y por la profundidad a la que llegan sus raíces (hasta 5 metros). Necesita 250 mm de agua al año para sobrevivir y entre 900 y 1.200 mm anuales para una óptima producción del cultivo, siendo susceptible a inundaciones.

III.5.1.7.3. Cultivo

La siembra puede efectuarse todo el año evitando las estaciones secas. Las densidades utilizadas son de 2500, 1600 y 1111 plantas ha⁻¹, lo que implica distancias de plantación de 2 x 2 m, 2,5 x 2,5 m. y 3 x 3 m. respectivamente, se sugiere sembrar en forma de cuadro (2 X 2). El plantín conviene trasladarlo cuando tenga 2 meses (30 a 40 cm. de alto), cuando haya desarrollado su aroma a repelente para los potenciales depredadores (Cultivos E. SRL y Coop. El Rosario, 2007), aunque no se le reconoce ningún insecto, enfermedad o predador que represente una amenaza total.



Figura III.5.1.7.a. Individuo de *Jatropha curcas*

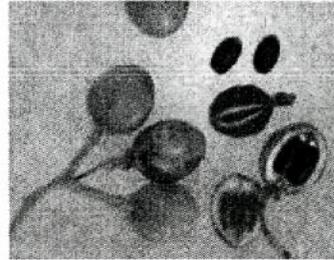


Figura III.5.1.7.b. Frutos y semillas de jatropha

Los frutos se producen en invierno después del primer año, cuando el arbusto bota sus hojas. La semilla es cosechada cuando la cápsula está madura y cambia de verde a amarillo. Puede producir varias cosechas durante el año si la humedad de la tierra es buena y las temperaturas son suficientemente altas. La producción se estabiliza al quinto año y continúa produciendo frutos de buena calidad durante 25 a 30 años (Inv. Sn. Martín y SERNA, 2008).

El volumen de aceite en las semillas es de 35 a 40%, éste contiene 21% de ácidos grasos saturados y 79% de ácidos insaturados. Hay algunos elementos químicos en la semilla que son venenosos siendo no apropiado para el consumo humano (Inv. Sn. Martín y SERNA, 2008).

III.5.1.7.4. Usos

El aceite de semillas de jatropha se utiliza directamente en más de 400 productos en la industria química, pero su mayor impacto es en la generación de biodiesel (Cultivos E. SRL y Coop. El Rosario, 2007).



III.5.2. Análisis comparativos de especie con potencial bioenergético en las zonas semi áridas de Chile

En el presenta capítulo se establecen algunas comparaciones entre las alternativas de cultivos energéticos factibles de desarrollar en las condiciones edafoclimáticas de las zonas semi áridas de Chile. Según lo anterior, se definieron criterios con el fin de comparar el eventual desempeño técnico y económico de cada una de estas especies.

Criterios técnicos: Calidad del aceite, requerimiento hídrico, requerimiento de mano de obra, rendimiento de aceite

Criterios económicos: Ingreso bruto, inversión inicial, costo directo, margen bruto, valor actual neto, tasa interna de retorno.

III.5.2.1. Comparación de variables técnicas

III.5.2.1.1. Calidad del aceite.

Variable que describe bajo parámetros técnicos la calidad de cada uno de los aceites extraídos según norma chilena. Cabe destacar que esta variable es incluida por su estricta relevancia al momento de comparar los aceites obtenidos con el fin de estimar cuál de ellos es el más apropiado para fines agroenergéticos. Los valores presentados en este artículo provienen de diversas fuentes, por cuanto sólo deben ser considerados como referenciales y no corresponden a experiencias de cultivo en zonas semi áridas. Los parámetros son densidad a 15°C (gramos por centímetro cuadrado), Viscosidad a 40°C (milímetros cuadrados por segundo), Punto de Inflación (°C Min) y Valor calórico (MJ por Kilogramo).

En cuanto al parámetro de densidad a 15 °C el aceite de jojoba es el único del grupo que está dentro del rango permitido, mientras que el de jatropha se encuentra 0,04 puntos sobre el máximo. En cuanto al aceite de palta, no se encontró información de este.

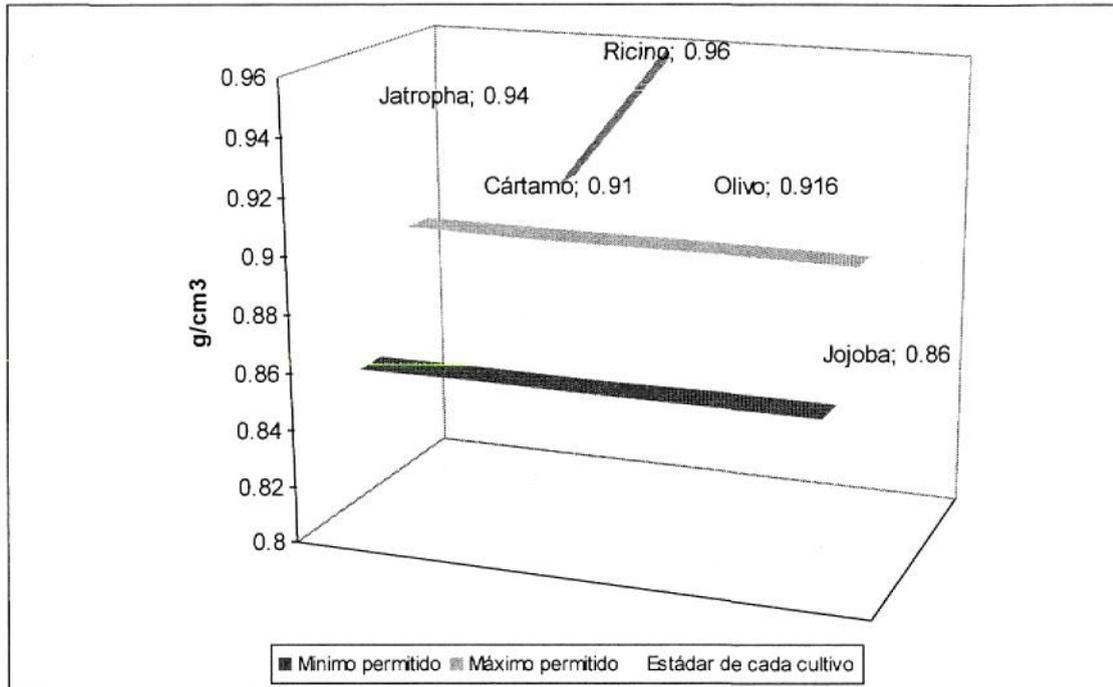


Figura III.5.2.1.1.a. Densidad a 15 °C del aceite.

Fuente: Elaborado por los autores, 2008.

Ahora bien, en cuanto a la viscosidad a 40 °C de los aceites, cabe destacar que todos los aceites estudiados están fuera de la norma, siendo el aceite de ricino el más disímil con $250 \text{ mm}^2 \text{ s}^{-1}$ (cST), un alto valor comparado con la norma chilena señala que este parámetro debe fluctuar entre los $3,5$ y $5 \text{ mm}^2 \text{ s}^{-1}$ (cST). El aceite más cercano a este rango es el de jojoba con $25,45 \text{ mm}^2 \text{ s}^{-1}$ (cST), mientras que el aceite de jatropha presenta $35,47 \text{ mm}^2 \text{ s}^{-1}$ (cST).

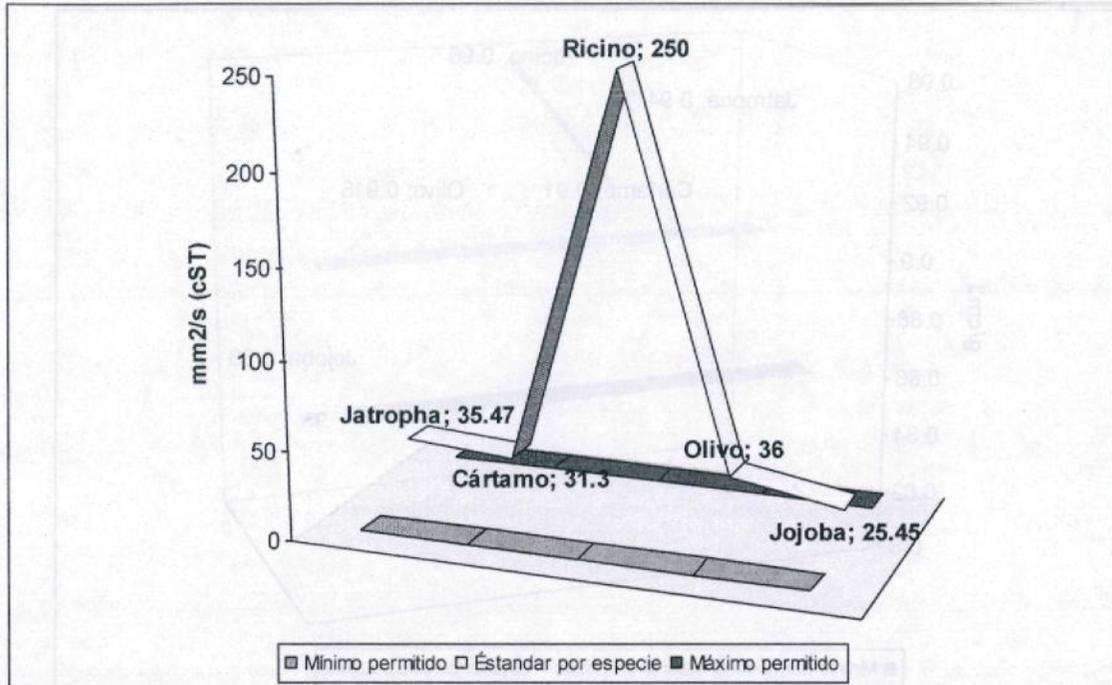


Figura III.5.2.1.1.b. Viscosidad a 40 °C del aceite de especies productoras de biocombustibles.

Fuente: Elaborado por los autores, 2008.

En relación al punto de inflamación, la norma chilena especifica que este no debe bajar de los 120 °C. En este sentido, todos los aceites estudiados cumplen la norma, destacando entre ellos el aceite de olivo el más resistente con 301 °C. El aceite de jatropha presenta un punto de inflamación cercano a los 202 °C.

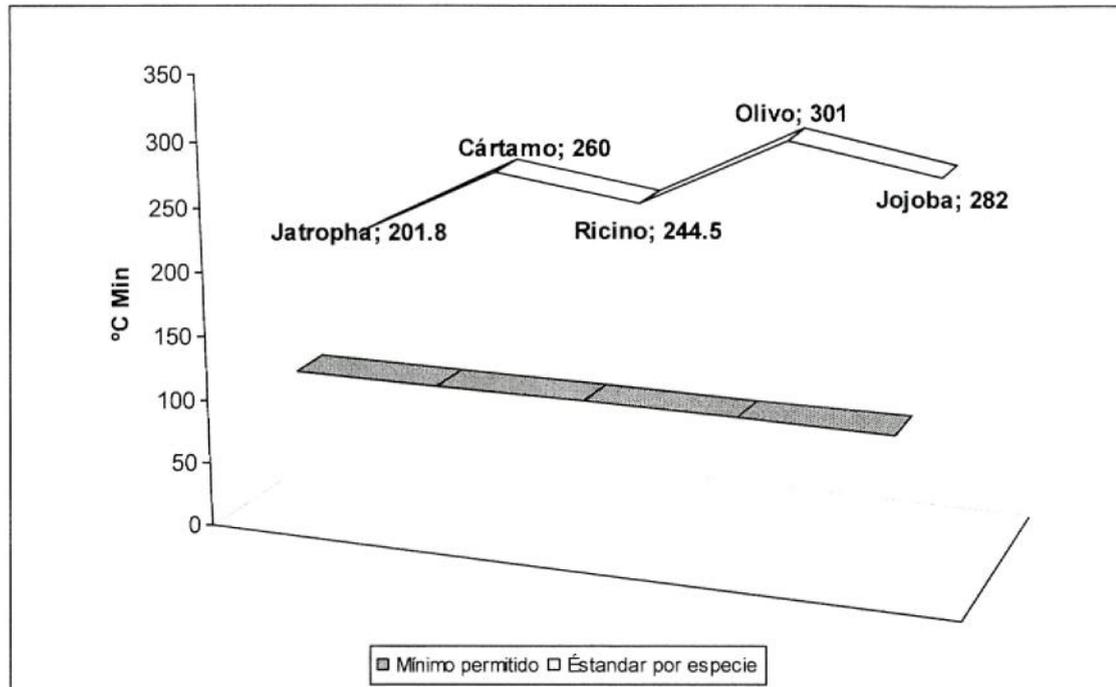
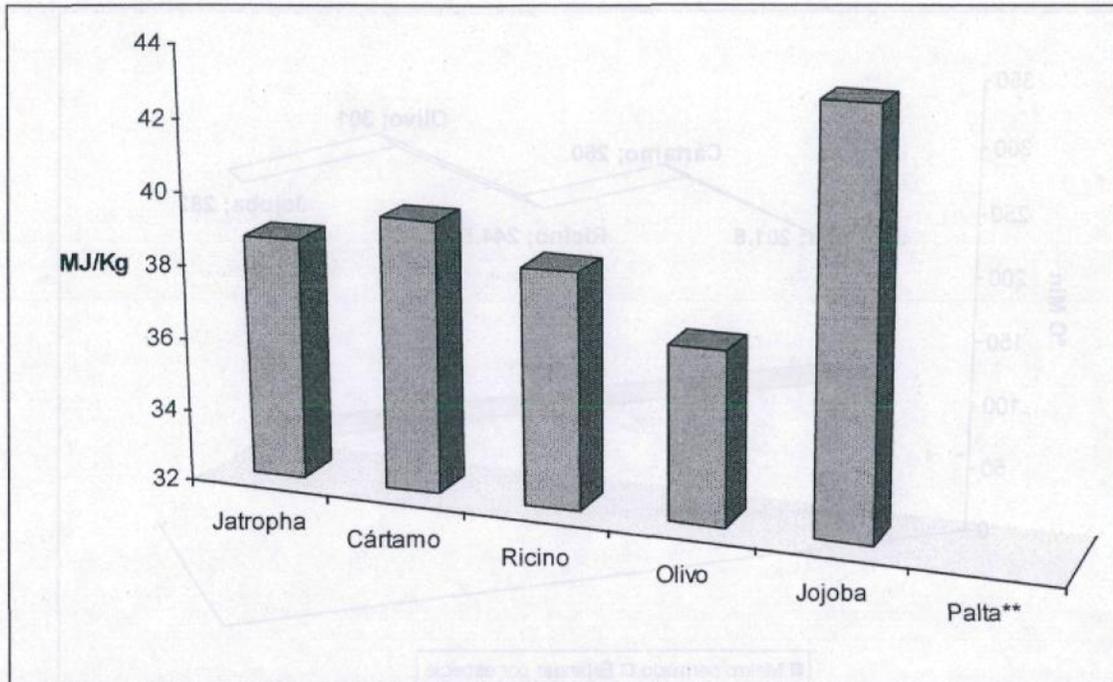


Figura III.5.2.1.1.c. Comparación del punto de inflamación del aceite de especies productoras de biocombustibles.

Fuente: Elaborado por los autores, 2008.

Finalmente, al momento de compara el valor calórico de los aceites de las especies estudiadas, destaca el aceite de jojoba quien presentó el valor calórico más alto alcanzando los 43,47 MJ/Kg. En cuanto a la jatropha, esta presenta un valor calórico de 38.65 MJ/Kg similar a las restantes especies siendo solo superada por el cártamo.



** Información no disponible.

Figura III.5.2.1.1.d. Comparación del valor calórico de especies productoras de biocombustibles.

Fuente: Elaborado por los autores, 2008.

III.5.2.1.2. Requerimiento hídrico

Debido principalmente a las condiciones de restricción hídrica de las zonas semi áridas de Chile, resulta de gran importancia estudiar y comparar cada una de las especies del estudio, pues este factor es claramente una de las principales limitantes.

Al igual que la anterior, esta información fue recopilada a través de una minuciosa revisión bibliográfica por cuanto sólo son referenciales, puesto que no corresponden a experiencias de cultivo en las zonas semi áridas. La variable está expresada en metros cúbicos por hectárea al año, considerando un cultivo con fines comerciales.

En cuanto a lo anterior, la jatropha destaca por ser el cultivo de menor requerimiento hídrico dentro del grupo estudiado, los que bordean los 2.500 metros cúbicos por hectárea año. El segundo cultivo con menor requerimiento hídrico es la jojoba con 4.500 m³/ha*año, mientras el cártamo y los restantes cultivos parecen presentar requerimientos hídricos muy restrictivos a la zona, pues son superiores a los 6.000 m³ (ha año)⁻¹.

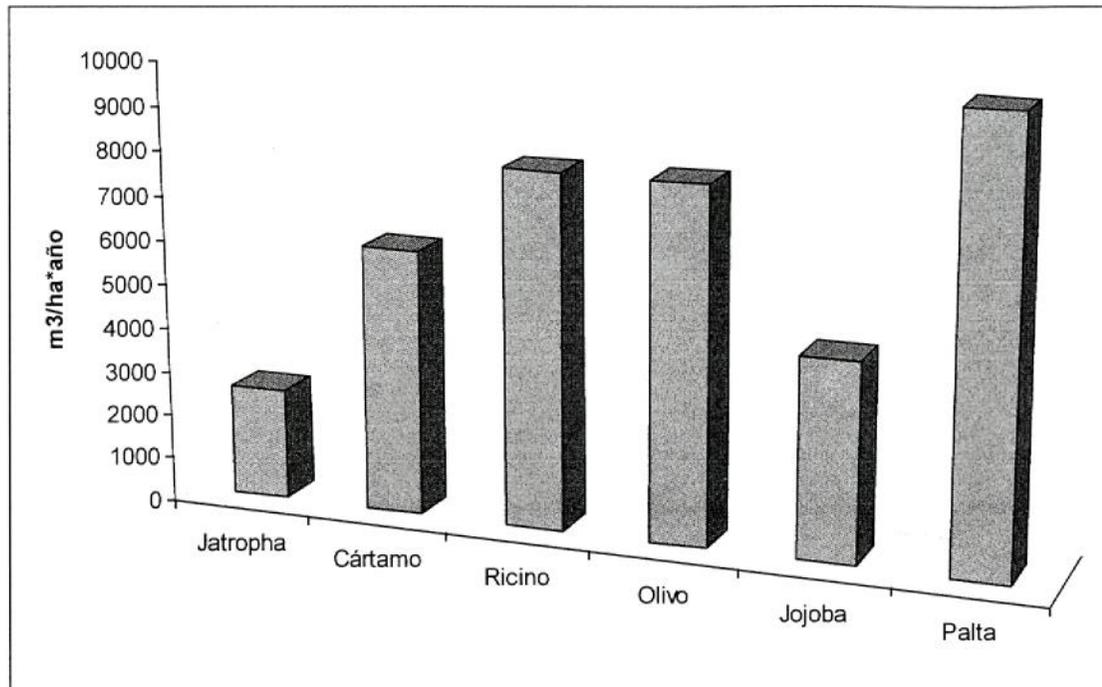


Figura III.5.2.1.2.a. Comparación del requerimiento hídrico de especies productoras de biocombustibles.

Fuente: Elaborado por los autores, 2008.

III.5.2.1.3. Requerimiento de Mano de obra

Variable que expresa el requerimiento por mano de obra de un cultivo con fines comerciales.

Esta variable fue considerada en el estudio con el objetivo de comparar y estimar cual es el impacto en términos de generación de empleo en la zona, y de esta forma conocer cuál de estas especie presenta mayores ventajas.

La información fue recabada a través de una minuciosa revisión bibliográfica de experiencias nacionales e internacionales de cada uno de los cultivos, intentando simular las condiciones particulares de las zonas semi áridas de Chile. La variable está expresada en total de jornadas hombre por hectárea, considerando que una jornada hombre equivale a ocho horas trabajadas.

Según lo anterior, la jojoba y el olivo parecen superar ampliamente al resto de los cultivos empleando jornadas equivalentes a 110 y 90 por hectárea al año respectivamente. En el caso particular de la jatropha, se estima que este cultivo pudiese utilizar del orden de 45 jornadas hombres por hectárea al año.

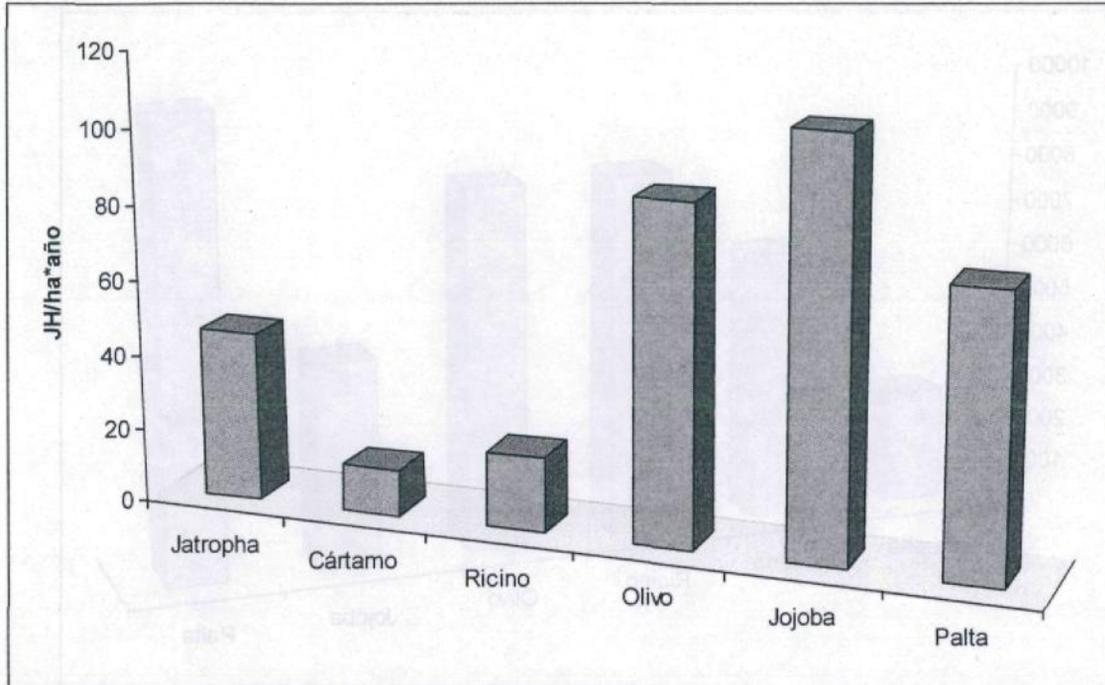


Figura III.5.2.1.3.a. Comparación de los requerimientos por mano de obra de las especies productoras de biocombustibles.

Fuente: Elaborado por los autores, 2008.

III.5.2.1.4. Rendimiento de aceite

Variable que expresa un promedio de litros de aceite obtenido en una hectárea. Cabe destacar que este rendimiento fue determinado a través de una minuciosa revisión bibliográfica de experiencias nacionales e internacionales de cada uno de los cultivos, intentando simular las condiciones especiales de las zonas semi áridas de Chile.

En este sentido, el cultivo que presenta un mayor rendimiento de aceite es el palto, el cual produce en promedio 2.569 litros por hectárea. Luego, el cultivo que le sigue es la jatropha, el cual produce en condiciones promedio cerca de 1685 litros por hectárea.

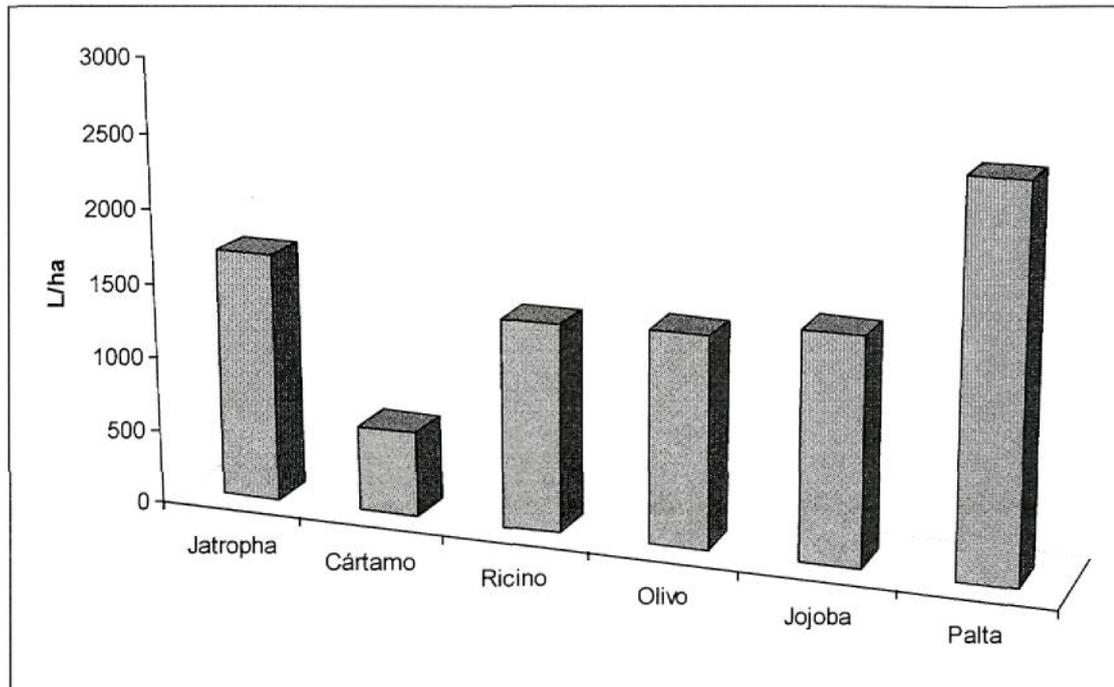


Figura III.5.2.1.4.a. Comparación del rendimiento de aceite de especies productoras de biocombustibles.

Fuente: Elaborado por los autores, 2008.

III.5.2.2. Comparación de variables económicas

III.5.2.2.1. Ingreso bruto

Variable económica que considera los ingresos totales generados por una hectárea de cultivo. Para este caso, el ingreso bruto es medido en pesos chilenos y fue calculado a partir del rendimiento de cada cultivo. No se consideró el precio del biocombustible puesto que éste es el producto final de la cadena, por cuanto se consideró un valor aproximado del precio del producto puesto en el predio.

Es así como el cultivo que presenta los mayores ingresos brutos por hectárea es el de jojoba, el cual se estima bordea 7,5 millones de pesos chilenos. Por otro lado, otros cultivos como el olivo y el palto presentan altos ingresos por hectárea, no obstante es importante considerar que estos cultivos están orientados hacia otros fines.

Para el caso de la jatropha, se estima que sus ingresos bordeen los 1,3 millones de pesos chilenos por hectárea, mostrando un mayor ingreso bruto que el cártamo y el ricino.

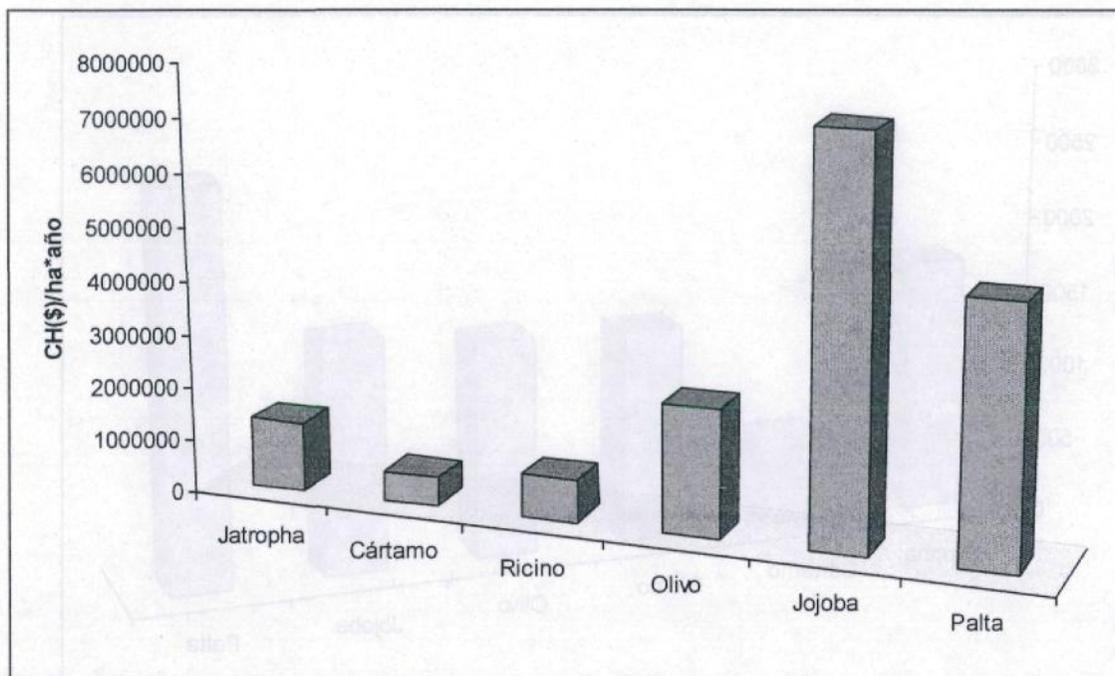


Figura III.5.2.2.1.a. Comparación del ingreso bruto de una hectárea de especies productoras de biocombustibles.

Fuente: Elaborado por los autores, 2008.

III.5.2.2.2. Inversión Inicial

Variable económica que considera la inversión final requerida para implementar una hectárea de cultivo medida en pesos chilenos.

Para este caso en particular, no se consideraron las inversiones en obras de infraestructuras como bodegas y oficina, ni de maquinarias genéricas como tractores o arados, ni de arriendo o compra de suelo, pues el efecto de economía de escala distorsiona este indicador. Si se consideran las inversiones básicas en preparaciones de suelo, plantas y/o semillas, mano de obra en general y sistemas de riego.

En este sentido, los cultivos que requieren una mayor inversión son la jojoba, olivo, palto y jatropha, fluctuando en los 3,7 y 6,5 millones de pesos chilenos por hectárea, siendo la jatropha el cultivo de menor requerimiento de inversión dentro de este grupo.

En relación a los cultivos del ricino y el cártamo éstos requieren de inversiones que no superan los 1,5 millones de pesos chilenos.

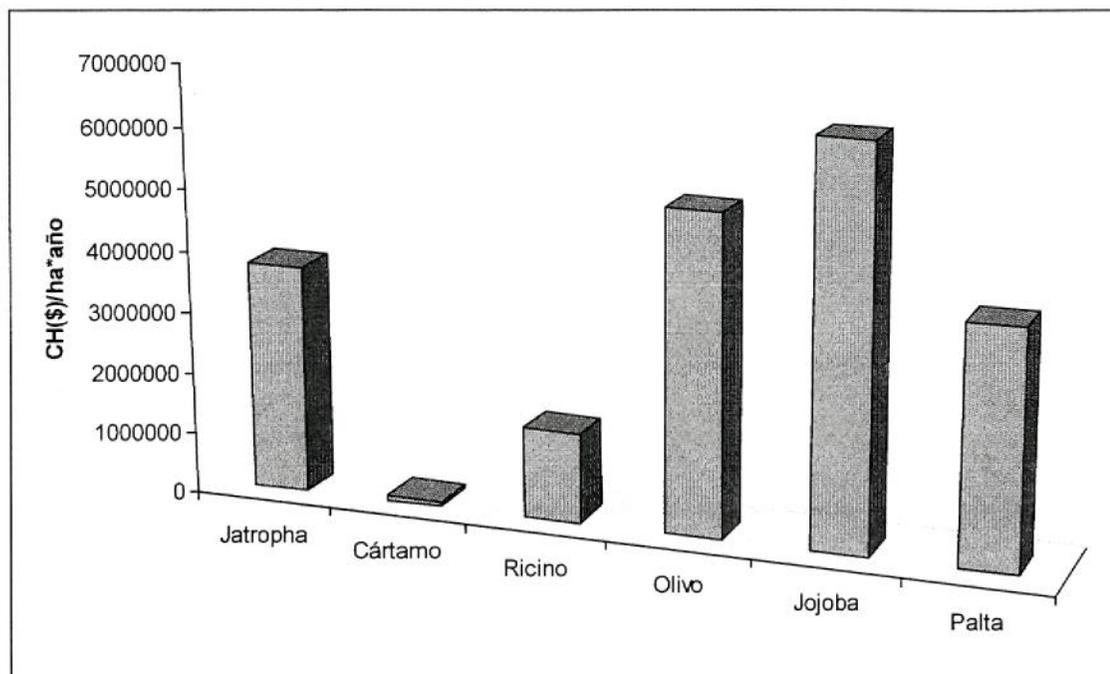


Figura III.5.2.2.2.a. Comparación de la inversión inicial de una hectárea de especies productoras de biocombustibles.

Fuente: Elaborado por los autores, 2008.

III.5.2.2.3. Costo directo por hectárea

Variable económica que considera el costo de todas las labores directamente relacionadas con la producción del cultivo en un año (insumos, mano de obra, etc), la cual fue medida en pesos chilenos por hectárea año.

No se incluyen costos indirectos como administración, ventas, depreciación, capital, etc., pues estos están relacionados con unidades productivas/empresas, las cuales generalmente presentan superficies variables, sistemas de gestión diferentes -sólo por destacar algunas diferencias- por cuanto resultaría imposible establecer diferencias entre los cultivos. No obstante esto, se incluye en el estudio la variable costo directo pues resulta útil considerarla como un parámetro de capital de trabajo a considerar.

En este sentido, se aprecia que el cártamo, ricino y jatropha presentan los menores costos directos por hectárea, los que fluctúan entre los 532 y 675 mil pesos chilenos por hectárea año, en donde particularmente la jatropha presentó un costo directo por hectárea en torno a los 597 mil pesos chilenos. Los restantes cultivos - palto, olivo y jojoba - presentan costos directos por hectárea superiores a los 1,7 millones de pesos.

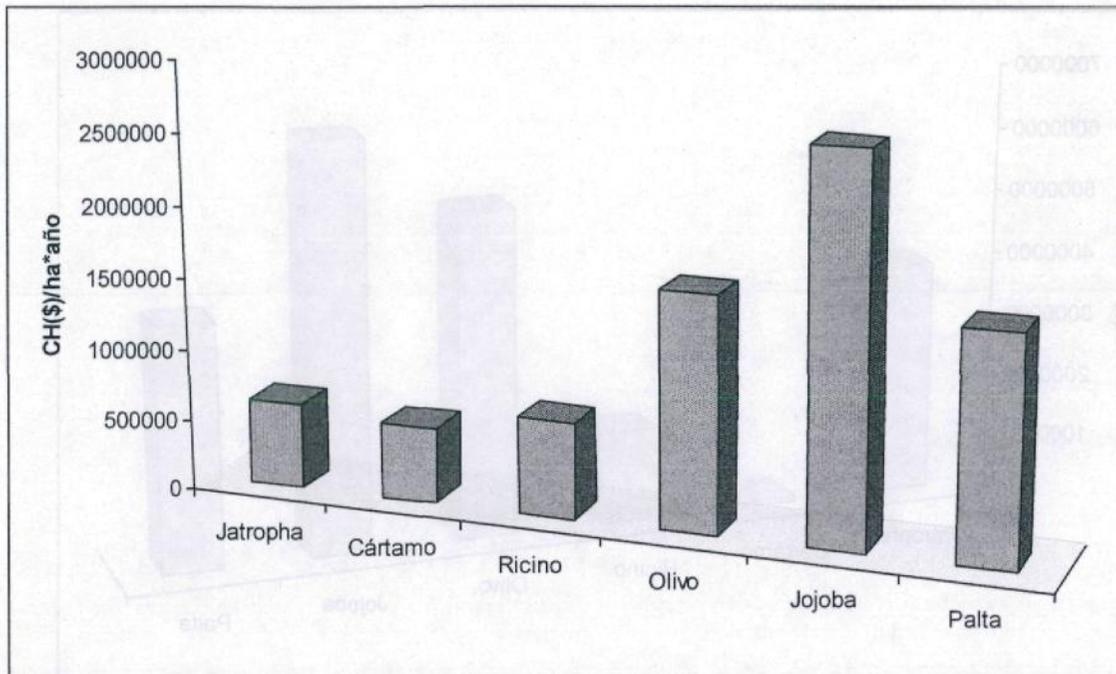


Figura III.5.2.2.3.a. Comparación de los costos directos de una hectárea de especies productoras de biocombustibles.

Fuente: Elaborado por los autores, 2008.

III.5.2.2.4. Margen bruto por hectárea

Variable económica que considera el beneficio bruto conseguido por hectárea luego de un período de cultivo. En este caso, el margen bruto está medido en pesos chilenos y se calculó a partir de la diferencia entre ingreso total y costos directos por hectárea.

En este sentido, el cultivo de jojoba presenta el mayor beneficio bruto por hectárea, alcanzando los 4,8 millones de pesos chilenos, seguido por el palto con cerca de 3,2 millones de pesos chilenos. Los cultivos que le sigue son el olivo y la jatropha que bordean un margen bruto por hectárea de 750 mil pesos chilenos, mientras que el ricino y cártamo no logran superar los 117 mil pesos chilenos por hectárea.

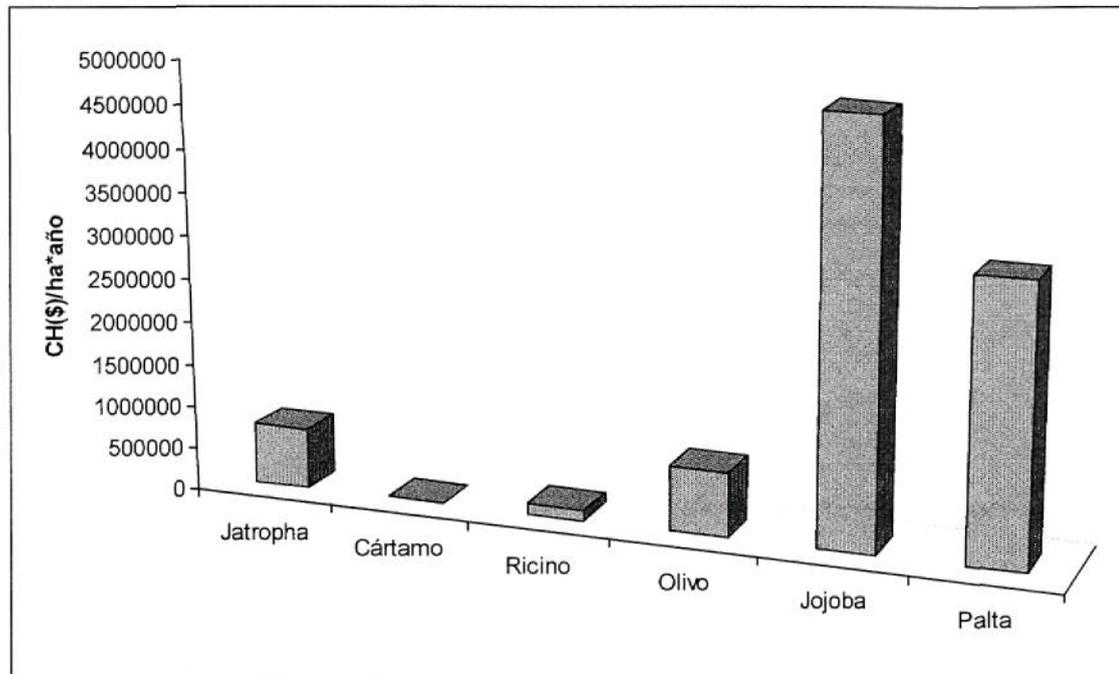


Figura III.5.2.2.4.a. Comparación de los márgenes brutos de una hectárea de especies productoras de biocombustibles. Fuente: Elaborado por los autores, 2008.

III.5.2.2.5. Valor actual neto

Variable económica expresada en pesos chilenos que representa la rentabilidad final de una hectárea de cultivo a través de la suma de los flujos de caja anuales actualizados. Para este caso se empleó una tasa de descuento del 18% (tasa promedio de la industria agrícola). Nuevamente, es importante destacar que dentro de este análisis se excluyen algunos ítems de inversión y de costos indirectos.

En cuanto a los resultados, es fácil apreciar en la siguiente figura que el cultivo de jojoba representa la mayor rentabilidad por hectárea, seguido por la palta. El resto de los cultivos presenta bajas rentabilidades, presentado particularmente en el caso de la jatropha rentabilidades de 1,9 millones de pesos por hectárea al transcurrir 17 años de cultivo.

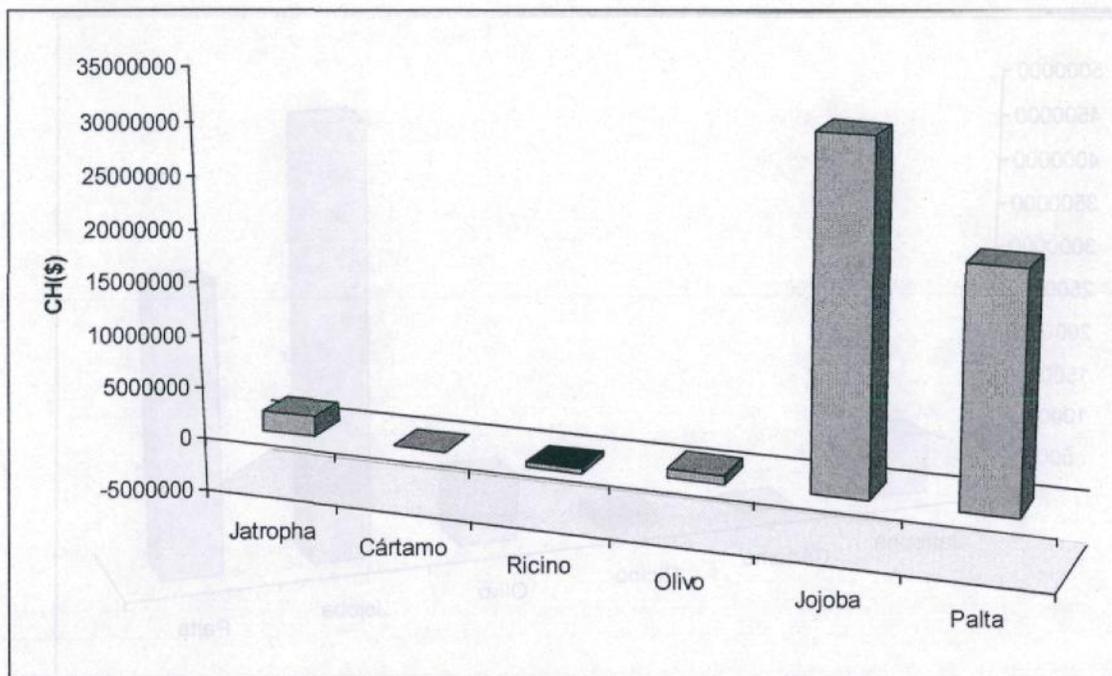


Figura III.5.2.2.5.a. Comparación de los valores actuales netos de una hectárea de especies productoras de biocombustibles, evaluados en un horizonte de 17 años.

Fuente: Elaborado por los autores, 2008.

III.5.2.2.6. Tasa interna de retorno

Variable económica expresada en porcentaje que representa la máxima tasa de descuento exigible a cada cultivo, de tal manera que su rentabilidad sea positiva. En otras palabras, esta variable es un excelente indicador del riesgo económico potencial de cada cultivo.

Es así como los cultivos que representan un mejor desempeño frente a riesgos son la palta y la jojoba, con tasas internas de retorno de 84 y 75% respectivamente, seguidos por gran distancia por la jatropha con 18%.

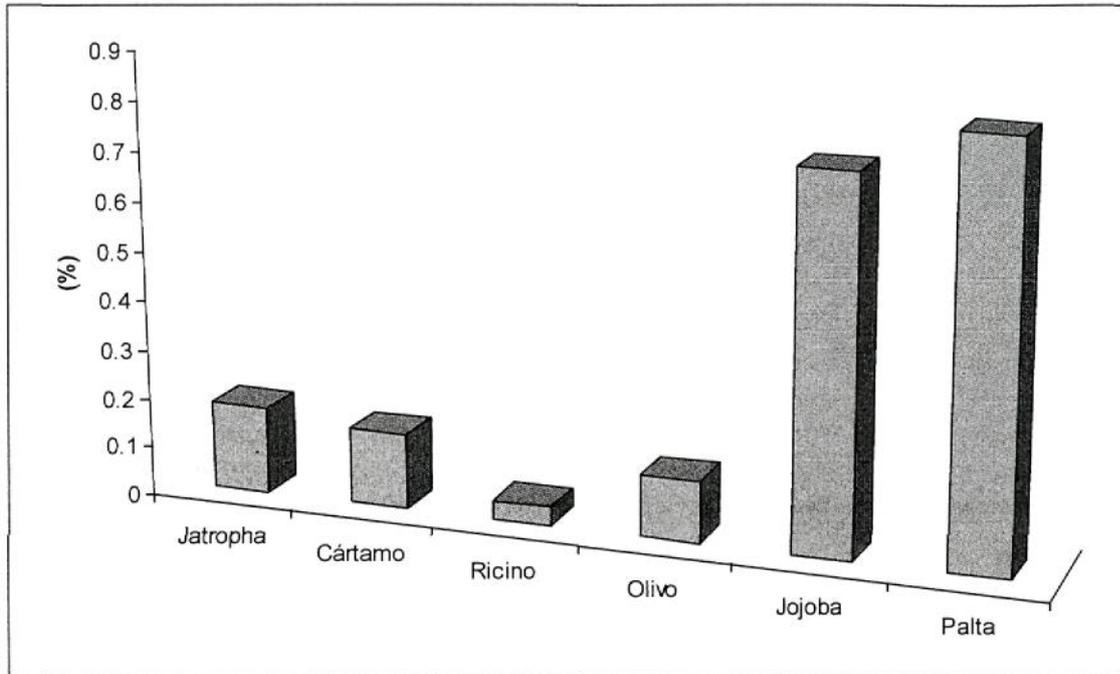


Figura III.5.2.2.6.a. Comparación de las tasas internas de retorno de una hectárea de especies productoras de biocombustibles, evaluados en un horizonte de 17 años. Fuente: Elaborado por los autores, 2008.



III.5.3. Análisis del potencial económico del cultivo de la jatropha dentro de las regiones de Atacama y Coquimbo.

Este capítulo fue elaborado en base a la información de cartografía climática elaborado dentro del proyecto, y estima a grandes rasgos el potencial beneficio económico a obtener en base al cultivo de la jatropha utilizando terrenos con y sin uso agrícola.

Para lo anterior se consideró el empleo de indicadores económicos calculados en el capítulo y se emplearon simulaciones estocásticas para representar futuros escenarios económicos considerando distintas tasas de adopción del cultivo.

En cuanto a la disponibilidad de superficie, según cifras preliminares del proyecto se estima que un total de 750 mil hectáreas podrían ser cultivadas con jatropha en la Región de Atacama mientras que 450 mil hectáreas podrían ser cultivadas en la Región de Coquimbo (Cuadro III.5.3.a.).

Cuadro III.5.3.a. Estimación de la magnitud de la superficie (hectáreas) que presenta niveles de aptitud agroecológica para el establecimiento del cultivo de Jatropha en el área de estudio.

	Región de Atacama	Región de Coquimbo
Subtotal zonas sin conflicto de uso	710.047,62	302.371,38
Muy Apto / agrícola	36.424,89	119.353,5
Apto / agrícola	95,58	10.308,87
Marginal / agrícola	3.998,16	17.287,83
Subtotal zonas agrícolas	40.518,63	146.950,2
Total	750.566,25	449.321,58

Fuente: Proyecto jatropha Universidad de Chile – FIA, 2009.

En este análisis considera una superficie inicial cultivada dentro de las dos regiones de 100 mil hectáreas, y utiliza una tasa de adopción anual del 20% (es decir la superficie cultivada aumenta un 20% cada año) para llegar al año 10 a transformarse en 620 mil hectáreas, cerca del 52% de la superficie total disponible.

De acuerdo a esto se calculó el valor actual neto del negocio considerando una tasa de descuento del 10% en donde se combinaron distintas tasa de adopción y precios del aceite, pues se considera que ambas variables presentan la mayor incertidumbre del negocio. (Ver detalles del flujo en Anexo A.9.3.).

En el Cuadro III.5.3.b. se aprecia que sólo con niveles de precios superiores a los 600 pesos por litro el negocio de la producción de aceite de jatropha presenta rentabilidades positivas, en rangos de precios inferiores el negocio no logra recuperar la inversión en un horizonte de 10 años. Pese a esto, cabe destacar que este análisis no incluye otros negocios posibles de desarrollar en torno a la producción de jatropha como lo es por ejemplo la venta de bonos de carbono tanto por la captura de dióxido



de carbono (gracias al cultivo), como por el reemplazo de combustibles fósiles (a través de mezclas).

Por otro lado, cabe destacar que el cultivo de esta alternativa energética generaría diversas actividades secundarias de apoyo que ayudarían al dinamismo de las economías regionales como por ejemplo el impulso de la investigación, aumento de actividades de transporte a centros de refinamiento y consumo, actividades de industrialización del aceite, entre otros.

Cuadro III.5.3.b. Valores actuales netos para distintas combinaciones de tasa de adopción del cultivo y precio del aceite (valores de millones de pesos).

		Precio por litro (miles de pesos)						
		0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1	1,1
Tasa de adopción del cultivo (%)	10	-434.764	-141.127	152.509	446.145	739.782	1.033.418	1.327.055
	20	-1.027.694	-469.143	89.407	647.958	1.206.509	1.765.059	2.323.610
	30	-2.390.355	-1.343.987	-297.619	748.749	1.795.117	2.841.485	3.887.853
	40	-5.313.433	-3.399.432	-1.485.432	428.568	2.342.568	4.256.569	6.170.569
	50	-11.219.046	-7.812.456	-4.405.867	-999.277	2.407.312	5.813.902	9.220.492
	60	-22.548.886	-16.653.012	-10.757.138	-4.861.264	1.034.609	6.930.483	12.826.357
	70	-43.332.811	-33.401.853	-23.470.895	-13.539.937	-3.608.979	6.321.979	16.252.937
	80	-79.999.348	-63.695.055	-47.390.761	-31.086.468	-14.782.174	1.522.119	17.826.412
	90	-142.504.055	-116.367.990	-90.231.924	-64.095.859	-37.959.794	-11.823.729	14.312.337
	100	-245.868.275	-204.887.667	-163.907.058	-122.926.450	-81.945.841	-40.965.233	15.376

III.5.3.1. Producción de aceite

La producción de aceite de jatropha por hectárea según datos bibliográficos de la investigación son 1700 m³. En este sentido, se estima que la implementación de esta especie dentro de las regiones tercera y cuarta podría llegar a generar, considerando una base de crecimiento anual del 20%, unos 1.000 millones de litros de aceite al año, suficiente para sustituir la demanda futura por combustibles del país considerando mezclas en rangos del 25 y 30%.

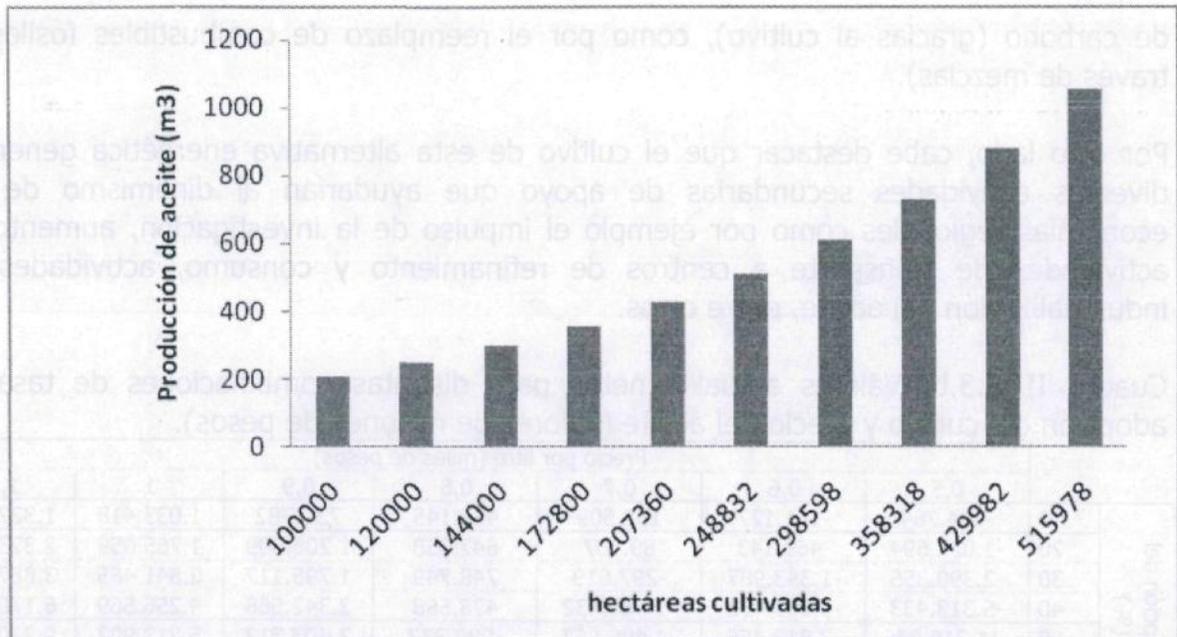


Figura III.5.3.1.a. Producción de aceite por Ha.

III.5.3.2. Generación de empleo regional

Otro factor de producción importante de este cultivo es la mano de obra, llegando a necesitar al año cerca de 45 jornadas hombres por cada hectárea cultivada (1 jornada hombre son 8 horas de trabajo). Según esto, y considerando proyecciones que permitan alcanzar el 50% del total de superficie apta para el cultivo dentro de ambas regiones, se espera cultivar al final de los 10 años cerca de 620 mil hectáreas, equivalente a 28 millones de jornadas hombre al año, lo que significaría aproximadamente 14 mil puestos de trabajo temporales para ambas regiones.

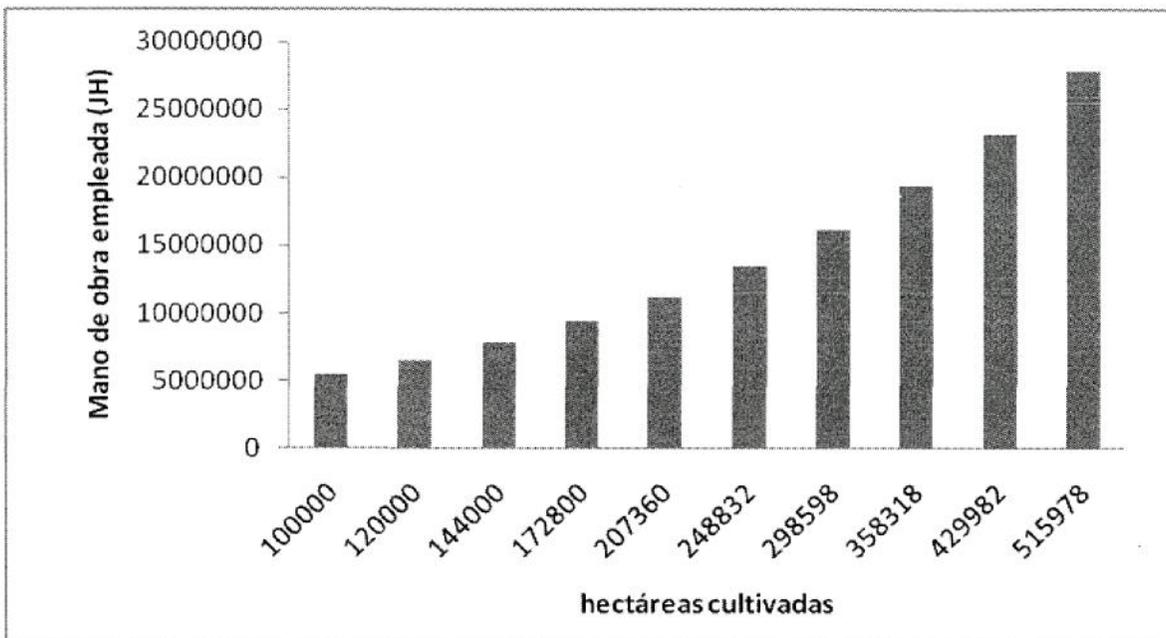


Figura III.5.3.2.a. Mano de obra empleada por Ha cultivada de *Jatropha curcas*

III.5.3.3. Conclusiones

Dentro de las zonas semi áridas de Chile comprendidas mayoritariamente dentro de la región de Tarapacá y Coquimbo, es posible desarrollar cultivos con alto potencial agroenergético, presentando las mejores posibilidades técnicas de tener éxito seis cultivos, palto, jojoba, cártamo, ricino, jatropha y olivo.

A pesar de lo anterior, es importante destacar que los cultivos de palto, jojoba y olivo tienen en la actualidad un nicho de mercado consolidado tanto dentro del país como en el extranjero, mientras que los cultivos de cártamo, ricino y jatropha aun no han sido desarrollados dentro del territorio nacional.

En cuanto a la comparación realizada entre estas seis especies, destacan las ventajas de la jatropha en relación a las otras cinco especies en cuanto a su alto rendimiento de aceite por hectárea y a sus bajos requerimientos hídricos, mientras que la jojoba también presenta amplias ventajas en cuanto a la calidad de su aceite, y su adaptación comprobada a las condiciones climáticas semi áridas de Chile.

En relación a las características económicas de los cultivos, las mejores perspectivas las presenta la jojoba y palta, seguidas a gran distancia por la jatropha. No obstante esto, una comparación económica entre especies considerando como unidad de análisis a una hectárea no resulta del todo eficiente, pues claramente existen otras variables de gran importancia que determinan el éxito o fracaso de una iniciativa comercial, que por la naturaleza de este informe no pudieron ser considerados. Aun así, fue posible identificar características macros que definirían un futuro desempeño



de estos cultivos dentro de la zona semi árida. En este sentido, es fácil apreciar a grandes rasgos que existen dos grupos de cultivo, dentro de los cuales el primero, constituido por la jojoba, palto y olivo, los cuales ya se encuentran en nuestro país, poseen un nicho de mercado definido y presentan un expectante futuro económico, mientras que el segundo grupo, constituido por las especies jatropha, cártamo y ricino los cuales no están en Chile a escala comercial, y dentro de éstos es la jatropha la que presenta las mejores expectativas económicas.

Adicional a esto, es importante destacar que dentro de la zona el cultivo de jojoba es uno de las opciones económicas más atractivas. Pese a esto, este cultivo requiere de una gran inversión, y su producción actual es reducida y presenta perspectivas comerciales diferentes a la elaboración de biocombustibles, pues actualmente es comercializado esencialmente para la industria cosmética.

En contraposición a esto, la jatropha se transforma en una excelente alternativa energética pues, a pesar de presentar una menor calidad de aceite comparado con la jojoba, este cultivo tiene una mejor adaptación a sistemas deficitarios de recursos hídricos y un mayor rendimiento de aceite el cual, a nivel internacional tiene su mayor aplicación en la elaboración de biodiesel.

En cuanto al impacto en las economías regionales, cifras preliminares permiten prever diversos beneficios. Las proyecciones que consideran cultivar cerca del 50% del total de superficie apta para este cultivo en ambas regiones generan un aumento en el crecimiento económico regional (proyectos con valores actuales netos positivos), aumento del empleo dentro de la región (cerca de 14 mil nuevos puestos), y contribución importante a la diversificación de la matriz energética nacional permitiendo reemplazar un 25% aproximadamente de la demanda futura de combustibles fósiles.

Finalmente, es importante mencionar que este estudio fue elaborado sólo en base a información secundaria la que, en la mayoría de los casos está basada en ecosistemas con características disímiles a las condiciones semi áridas de Chile, por cuanto cabe esperar los resultados de campo de las primeras iniciativas de jatropha para concluir con mayor decisión sobre las perspectivas económicas de este cultivo.



III.5.4. Producción potencial de biodiesel de jatropha en Chile

La producción de bioenergía, y de biodiesel, es uno de los campos más promisorios para la generación de energía a nivel mundial (Achten *et al.*, 2008). Sobre todo ante la necesidad de disminuir las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) que se generan por el consumo de combustibles fósiles (Hill *et al.*, 2006; Demirbas y Demirbas, 2007). *Jatropha curcas*, es una de las especies más promisorias para la producción de biodiesel, siendo evaluada en varias naciones del mundo (Divakara *et al.*, 2010), como en Brasil (Pereira *et al.*, 2009), China (Ye *et al.*, 2009; Wu *et al.*, 2011), Egipto (Abou y Atta, 2009), Zimbabwe (Jingura, 2011), entre otros, para ser empleada como materia prima para la producción de biodiesel.

La determinación de la cantidad de aceite, susceptible de convertir en biodiesel, que se produce desde jatropha, es importante para poder ver la productividad que tendría. Para esto, se consideran densidades de plantación de entre 1.100 a 3.300 árboles ha⁻¹ (Openshaw, 2000; Román *et al.*, 2009). Alcanzando productividades que llegan hasta 12.000 kg semillas ha⁻¹ año⁻¹ (Openshaw, 2000; Achten *et al.*, 2008; Román *et al.*, 2009), en este caso, se optó por considerar la producción de semillas por árbol, más que por hectárea. Las productividades mínima y máxima de jatropha son 2 y 4 kg semillas árbol⁻¹, respectivamente (Gour, 2006). Las semillas poseen entre 28 y 50% de aceite en su composición (Pramanik, 2003; Román *et al.*, 2009), y este aceite tiene una densidad de 0,933 g cm⁻³ (Pramanik, 2003).

III.5.4.1. Demanda de tierra

Considerando las diversas productividades que puede alcanzar esta especie, se confeccionaron diferentes escenarios. En el escenario más pesimista (densidad de 1.100 plantas ha⁻¹, con una productividad de 2 kg semillas árbol⁻¹ y con 28% de aceite), se necesitarían alrededor de 223.724 hectáreas para suplir la demanda proyectada de 2% al año 2010. En el mismo escenario pero con la demanda proyectada a un 10% de sustitución en el año 2019, se requerirán de 1.649.768 hectáreas. En cambio en el escenario más optimista (3.300 árboles ha⁻¹, con una productividad de 4 kg semillas árbol⁻¹ y con 50% de aceite), se necesitarían 20.881 hectáreas para suplir el 2% en el año 2010, y 153.978 hectáreas para el 10% en el año 2019. En los Cuadros III.5.4.1.a. y III.5.4.1.b. se puede observar la demanda de tierras para producción de biodiesel según año y el porcentaje de sustitución.

III.5.4.2. Disponibilidad de tierras

La cantidad de hectáreas disponibles categorizadas como muy apta (con limitaciones térmicas e hídricas) alcanzarían para abastecer sin mayores inconvenientes toda la demanda de tierra, considerando hasta la sustitución de un 10% en el año 2019, ya que en el peor escenario se requerirían alrededor de 1.649.768 hectáreas. Según



Labra (2009) y Vásquez (2009), la disponibilidad de tierras para esta especie entre las regiones de Antofagasta y Biobío sería mucho mayor, superando con creces esa cantidad. En el Cuadro III.5.4.2.a. se puede observar el total de hectáreas disponibles según las restricciones climáticas.

Cuadro III.5.4.1.a. Demanda de tierra necesaria para cultivo de jatropha con densidad poblacional de 1.100 plantas ha⁻¹ y distintas productividades (ha).

2 kg semillas árbol ⁻¹						
Año	28% aceite			50% aceite		
	2%	5%	10%	2%	5%	10%
2010	223.724	559.311	1.118.622	125.286	313.214	626.428
2011	221.600	554.000	1.108.001	124.096	310.240	620.480
2012	229.622	574.056	1.148.112	128.589	321.471	642.943
2013	241.777	604.441	1.208.883	135.395	338.487	676.974
2014	253.078	632.695	1.265.391	141.724	354.309	708.619
2015	266.425	666.062	1.332.124	149.198	372.995	745.990
2016	281.239	703.098	1.406.197	157.494	393.735	787.470
2017	296.521	741.303	1.482.606	166.052	415.130	830.259
2018	312.782	781.955	1.563.910	175.158	437.895	875.790
2019	329.954	824.884	1.649.768	184.774	461.935	923.870
4 kg semillas árbol ⁻¹						
Año	28% aceite			50% aceite		
	2%	5%	10%	2%	5%	10%
2010	111.862	279.656	559.311	62.643	156.607	313.214
2011	110.800	277.000	554.000	62.048	155.120	310.240
2012	114.811	287.028	574.056	64.294	160.736	321.471
2013	120.888	302.221	604.441	67.697	169.244	338.487
2014	126.539	316.348	632.695	70.862	177.155	354.309
2015	133.212	333.031	666.062	74.599	186.497	372.995
2016	140.620	351.549	703.098	78.747	196.868	393.735
2017	148.261	370.651	741.303	83.026	207.565	415.130
2018	156.391	390.978	781.955	87.579	218.947	437.895
2019	164.977	412.442	824.884	92.387	230.967	461.935

Si se analizan las hectáreas disponibles según si tienen algún otro tipo de restricción, además de la térmica e hídrica, limitaciones por las geoformas y los usos de los suelos, se puede observar que la mayor cantidad de terrenos disponibles se encuentran catalogados como muy aptos, pero el total de estas tierras no alcanzarían para abastecer el 10% de sustitución de diesel por biodiesel al año 2019. Ver en Cuadro III.5.4.2.b. la cantidad de tierra disponible según el total de las restricciones. Dentro de los usos actuales que se restringen, los suelos con uso agrícola se consideran como no disponibles, ya que por ética, los biocombustibles deben evitar la competencia con los cultivos que tengan como finalidad la cadena alimenticia del hombre (Gressel, 2008). De todos modos, el total del territorio que tienen un uso agrícola en la zona de estudio alcanza hasta las 757.163 hectáreas (Labra, 2009; Vásquez, 2009), no siendo necesaria su utilización, ya que con la cantidad disponible alcanzaría para poder abastecer la demanda de biocombustible.



Cuadro III.5.4.1.b. Demanda de tierra necesaria para cultivo de jatropha con densidad poblacional de 3.300 plantas ha⁻¹ y distintas productividades (ha).

2 kg semillas árbol ⁻¹						
Año	28% aceite			50% aceite		
	2%	5%	10%	2%	5%	10%
2010	74.575	186.437	372.874	41.762	104.405	208.809
2011	73.867	184.667	369.334	41.365	103.413	206.827
2012	76.541	191.352	382.704	42.863	107.157	214.314
2013	80.592	201.480	402.961	45.132	112.829	225.658
2014	84.359	210.898	421.797	47.241	118.103	236.206
2015	88.808	222.021	444.041	49.733	124.332	248.663
2016	93.746	234.366	468.732	52.498	131.245	262.490
2017	98.840	247.101	494.202	55.351	138.377	276.753
2018	104.261	260.652	521.303	58.386	145.965	291.930
2019	109.985	274.961	549.923	61.591	153.978	307.957
4 kg semillas árbol ⁻¹						
Año	28% aceite			50% aceite		
	2%	5%	10%	2%	5%	10%
2010	37.287	93.219	186.437	20.881	52.202	104.405
2011	36.933	92.333	184.667	20.683	51.707	103.413
2012	38.270	95.676	191.352	21.431	53.579	107.157
2013	40.296	100.740	201.480	22.566	56.415	112.829
2014	42.180	105.449	210.898	23.621	59.052	118.103
2015	44.404	111.010	222.021	24.866	62.166	124.332
2016	46.873	117.183	234.366	26.249	65.623	131.245
2017	49.420	123.550	247.101	27.675	69.188	138.377
2018	52.130	130.326	260.652	29.193	72.982	145.965
2019	54.992	137.481	274.961	30.796	76.989	153.978

Cuadro III.5.4.2.a. Estimación de la superficie que presenta niveles de aptitud climática para el establecimiento del cultivo de jatropha entre las regiones de Antofagasta y Biobío (ha).

Regiones	Categoría		
	Muy Apta	Apta	Marginal
Antofagasta	1.421.863	58.061	1.065.435
Atacama	2.381.433	25.983	598.495
Coquimbo	1.422.173	711.214	809
Valparaíso	190.259	211.751	124.108
Metropolitana	8.571	74.669	154.879
O'Higgins	85.107	121.668	437.221
Maule	82.443	261.295	787.401
Biobío	0	25.663	223.483
Total	5.591.849	1.490.304	3.391.831

Fuente: Elaboración propia con datos de Labra (2009) y Vázquez (2009).

Otra cosa importante en el tema del biodiesel es el lugar en donde se produce el biocombustible, ya que lo más conveniente es que la biorefinería sea abastecida por



materias primas que se no se encuentren a más de 80 km a la redonda (Ekşioğlu *et al.*, 2009; Luo *et al.*, 2010). La región de Antofagasta es la que presenta una mayor disponibilidad de tierras con casi el 40% del total de hectáreas entre las regiones en estudio (Labra, 2009), posibilitando la implementación potencial de una planta productora en esa región. Además, según la CNE (s/a), esta región presenta y presentaría una alta demanda de diesel con 1.649.000 m³ proyectados al 2019, siendo la segunda región con mayor demanda a nivel país, superada sólo por la región Metropolitana. El alto consumo de esta región, posiblemente se ve influenciado por el gasto energético que posee la minería de cobre (CNE, 2009). Con la cantidad de tierras disponibles en la región de Antofagasta (1.163.147 hectáreas) sería posible abastecer la totalidad de la demanda proyectada de biodiesel en 7 de los ocho escenarios planteados, siendo el escenario más pesimista el único que presentaría inconvenientes.

Cuadro III.5.4.2.b. Estimación de la magnitud de la superficie que presenta niveles de aptitud agroecológica para el establecimiento del cultivo de jatropha entre las regiones de Antofagasta y Biobío (ha).

Regiones	Categoría			Total
	Muy Apta	Apta	Marginal	
Antofagasta	502.515	30.268	630.363	1.163.146
Atacama	497.514	6.051	206.480	710.045
Coquimbo	230.695	38.269	33.403	302.367
Valparaíso	38.107	31.077	10.462	79.646
Metropolitana	3.373	22.256	10.660	36.289
O'Higgins	39.975	55.601	153.692	249.268
Maule	6.727	46.135	177.510	230.372
Biobío	0	10.366	52.485	62.851
Total	1.318.906	240.023	1.275.055	2.833.984

Fuente: Elaboración propia con datos de Labra (2009) y Vázquez (2009).

Considerando el total de tierras disponibles para el cultivo de esta especie (según el total de restricciones analizadas), se sobrepasaría la máxima cantidad necesaria para la mayor demanda (escenario más negativo y sustitución del 10% al 2019). El inconveniente que se presenta en este caso, es que las tierras consideradas como muy aptas no alcanzarían para suplir la demanda completa para la sustitución, debiendo recurrir a las tierras con menor potencial, llegando inclusive a emplearse hectáreas consideradas como marginales. De todos modos, cabe mencionar que esto es bajo el escenario más pesimista, en los otros escenarios no habría mayores inconvenientes con el abastecimiento.

Si se emplearan un 50% de las tierras consideradas como muy aptas tomando en cuenta todas las restricciones vistas, se podría abastecer el total de la demanda proyectada de sustitución de 2% hasta el año 2019, ya que se producirían 435.394 m³ de aceite aproximadamente, esto es tomando en cuenta el escenario más pesimista



(1.100 plantas ha^{-1} , 2 kg de semillas árbol^{-1} y un 28% de aceite), pero no sería suficiente para suplir la totalidad de la demanda proyectada del 5%, alcanzando sólo hasta el año 2014. En cambio, si consideramos el escenario más optimista (3.300 plantas ha^{-1} , 4 kg de semillas árbol^{-1} y un 50% de aceite) se producirían alrededor de 4.664.941 m^3 de aceite, sobrepasando con creces los requerimientos de sustitución hasta el año 2019, e incluso pudiendo abastecer hasta un 40% con biodiesel.



III.5.5. Costo de producir *Jatropha* en Chile

III.5.5.1. Modelo de negocio:

El modelo de negocio que se presenta a continuación (Figura III.5.5.1.a.) está enfocado en la producción de semillas de *Jatropha curcas*, para venderlas a productores de biodiesel. Los productores corresponderían principalmente a pequeños agricultores, que según INDAP son aquellos que poseen 12 o menos ha de riego básico (INDAP, 2010). La idea del modelo es que personas que vivan en sectores con suelos con algún tipo de limitante, y que por ende no están siendo explotados productivamente, puedan cultivar esta especie para poder recibir ingresos adicionales y mejorar su nivel de vida.

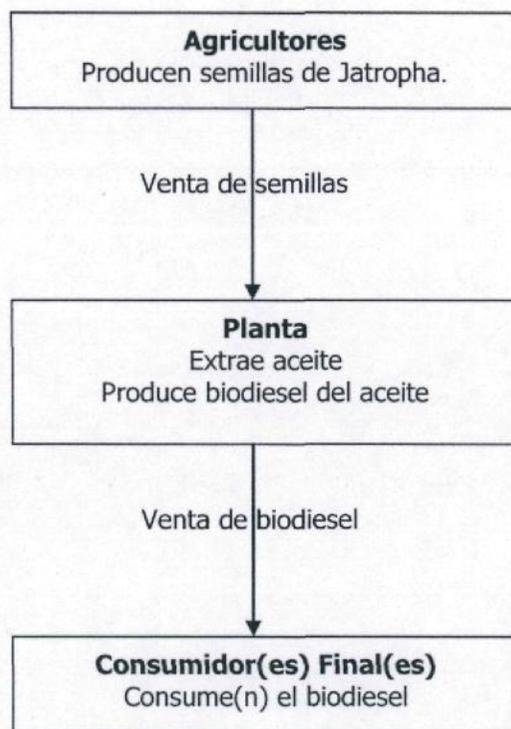


Figura III.5.5.1.a. Modelo de negocio para jatropha en la Región de Coquimbo

Supuestos para que se lleve a cabo el modelo:

1. Los agricultores se encuentran en zonas donde existen características adecuadas para el cultivo, tanto climáticas, como de disponibilidad de riego, insumos y mano de obra. Y particularmente se plantea que se esté desarrollando el cultivo en la Región de Coquimbo, por sus características climáticas y por tener alta disponibilidad de terrenos con ciertas limitantes.



2. Los agricultores cuentan con 10 ha de terreno disponible para el cultivo de *Jatropha*, por lo que no se considera como una inversión necesaria.
3. Los agricultores tienen a quien venderles su producción de semillas.
4. Para la evaluación económica se asume mecanismo de impuestos de primera categoría, y no de renta presunta. Sólo por motivos de estandarización de procedimientos.
5. El horizonte de evaluación se considera de 20 años, por diversas razones. La primera es que el proyecto a pesar de ser productivo tiene un componente social, pues está aportando ingresos a pequeños agricultores usando suelos que no eran usados. Además la producción de la planta se inicia al cuarto año. La vida del árbol es de 50 años (Heller, 1996), sin embargo, en los años finales la producción decae. También es importante señalar que por el alto nivel de inversión el proyecto no sería sustentable en menos tiempo, lo cual restaría atractivo al mismo.
6. Durante el período de evaluación no se consideran catástrofes naturales que impidan el desarrollo de la producción.

III.5.5.2. Estudio económico

Inversiones: Las inversiones requeridas para la producción de semillas de *Jatropha*, se dividieron en dos grandes grupos: ligadas a la producción de los plantines y a la producción de las semillas (que son a fin de cuentas las asociadas al cultivo de la *Jatropha*). Ambos grupos se presentan a continuación en los cuadros III.5.5.2.a. y III.5.5.2.b.

Como se pudo ver las inversiones asociadas a la producción de los plantines, consisten en las labores e insumos usados para la propagación y en los materiales e instalaciones que se necesitan. Para el caso del ítem invernadero es sumamente importante señalar que con lo presentado en el cuadro se da abasto a las 10 ha, por lo que en el flujo del proyecto no se multiplicó el valor por 10. También es importante señalar que se consideró una densidad de plantación de 3.300 plantas por hectárea, por lo que se invierte en 2 Kg. de semillas.

Por otro lado las inversiones para la producción de semillas, consisten en preparación de suelos, plantación, riego, insumos y otros. Cabe destacar el caso de la acción agua, en donde el valor total de ésta correspondería a \$4.500.000 por 5000 m³ año⁻¹, pero como la situación base es que cada agricultor posea 10 ha y esa cantidad de agua es suficiente para 10 ha, se optó por dividir el valor por 10 (Kingswood, 2010).



Cuadro III.5.5.2.a. Inversiones necesarias para la producción de plantines ($\$ \text{ha}^{-1}$).

	Cantidad	Unidad	Valor Unidad	Total
Semillas	2	Kg	40.000	80.000
Gastos envío	1		10.770	10.770
Previncur N SL 250 cc	2	Unidad	8.383	16.766
Llenado Bandejas	1	JH	10.000	10.000
Siembra de bandejas	4	JH	10.000	40.000
Riego	6	JH	10.000	60.000
Aplicación Fungicida	2	JH	10.000	20.000
Bolsas plásticas	3.300	Unidad	12	39.600
Preparación bolsas	2	JH	10.000	20.000
Transplante a bolsas	2	JH	10.000	20.000
SPT	74	Kg	350	25.900
Urea	37	Kg	300	11.100
Herbicida Simazina	1	L	6.050	6.050
SUBTOTAL				360.186
Invernadero				
Invernadero	1		1.500.000	1.500.000
Sombreadero	1		300.000	300.000
Pulverizador SOLO 20 L	1		80.000	80.000
Herramientas	5		20.000	100.000
SUBTOTAL				1.980.000
TOTAL				2.340.186

Fuente: Elaboración propia con datos de Arancibia *et al.*, 2007; Magner *et al.*, 2008; Kingswood, 2010.

Para el caso de la vida útil de las inversiones, sólo se consideró, por razones de simplicidad, a las inversiones en activos fijos más importantes, como lo son el caso del sistema de riego por goteo y el invernadero, sombreadero y herramientas asociadas a estos. Para el caso del sistema de riego se evaluó con una vida útil de 10 años todo, esto se escapa un poco de la realidad, sin embargo, haciendo la estimación por separado se encontraron valores similares, por lo que se optó por lo más sencillo. Por el lado de las inversiones para la propagación de las plantas, se optó también por un criterio de simplicidad, y se le aplicó depreciación acelerada de 3 años a todo, debido a que se ocupa solamente al inicio del proyecto y después no se considera necesario para la continuación del proyecto. Los valores referenciales se encuentran en las tablas de vida útil del SII.

Costos: Por tratarse de en su gran mayoría costos directos, se optó por llamarlos simplemente costos y no hacer la diferenciación entre directos e indirectos. A continuación se presenta en el Cuadro III.5.5.2.c. el detalle de los costos anuales por hectárea.



Cuadro III.5.5.2.b. Inversiones para la producción de semillas (\$ ha⁻¹).

Ítem	Cantidad	Unidad	Costo Unitario (\$)	Costo Total (\$ ha-1)
Preparación de suelos				
Rotura	0,3	JM	60.000	18.000
Subsolado	0,4	JM	60.000	24.000
Rastraje	0,25	JM	60.000	15.000
Nivelación	0,3	JM	60.000	18.000
SUBTOTAL				75.000
Plantación				
Trazado y estacado	30	JH	10.000	300.000
Hoyadura	20	JH	10.000	200.000
Plantación y poner tutores	30	JH	10.000	300.000
Poner protección conejos	2	JH	10.000	20.000
Aplicación fertilizante	0,5	JH	10.000	5.000
Aplicación herbicida	1	JH	10.000	10.000
SUBTOTAL				835.000
Riego				
Sistema de riego por goteo	1.500.000		1	1.500.000
SUBTOTAL				1.500.000
Insumos				
Simazina	1	L	6.050	6.050
Cal	290	Kilo	1.960	568.400
Triple 15	40	Kilo	9.801	392.040
Agrimins	20	Kilo	14.036	280.720
Equipos y herramientas				20.000
SUBTOTAL				1.267.210
Otros				
Cerco				51.306
Acción de agua (dividida en 10)				450.000
SUBTOTAL				501.306
TOTAL				4.178.516

Fuente: Elaboración propia con datos de Arancibia *et al.*, 2007; Magner *et al.*, 2008; Kingswood, 2010.

Cabe destacar que para el caso de la cosecha, como ésta se inicia en el año 4, sólo se considera desde ese año en adelante.

Ingresos: Los ingresos presentados en el Cuadro III.5.5.2.d. y como se dijo son completamente por la venta de las semillas de *Jatropha*, donde se estableció un precio de venta de \$200/Kg. Y se dejó estático por razones de simplicidad y así evitar problemas relacionados con la fluctuación de variables macroeconómicas. De todas maneras ante un panorama de aumento sostenido del precio del barril de petróleo, dado su carácter no renovable y una demanda cada vez mayor por combustibles, el precio debiera subir en el tiempo. El precio fue determinado en base a que permita que una planta productora de biodiesel pueda ser sostenible en el tiempo y genere utilidades, sin embargo como se dijo se espera un incremento de los precios.



Cuadro III.5.5.2.c. Costos de producción de semillas de *Jatropha* (\$ ha⁻¹).

Ítem	Cantidad	Unidad	Costo Unitario (\$)	Costo Total (\$ ha ⁻¹)
Insumos				
Urea	200	Kg	300	60.000
Nitrato de potasio	165	Kg	300	49.500
Herbicidas	3	L	6.500	16.250
SUBTOTAL				125.750
Labores				
Aplicación Agroquímicos	2	JH	10.000	20.000
Riego y fertirrigación	15	JH	10.000	150.000
Poda	3	JH	10.000	30.000
SUBTOTAL				200.000
Otros				
Cosecha	10	JH	10.000	100.000
Traslado cosechas	2	JM	60.000	120.000
SUBTOTAL				270.000
TOTAL				545.750

Fuente: Elaboración propia con datos de Arancibia *et al.*, 2007; Magner *et al.*, 2008; Kingswood, 2010.

Cuadro III.5.5.2.d. Ingresos por venta de semillas de *Jatropha* (\$ ha⁻¹).

	Años			
	1	2	3	4 a 20
Producción semilla por planta (Kg)	0	0	0	3
Producción semillas (Kg)	0	0	0	9.900
Precio venta semilla (Kg)	200	200	200	200
Ingresos por año (\$ ha ⁻¹)	0	0	0	1.980.000

Respecto a la producción se plantea que, por las características de la planta, el inicio de la producción es en el año 4. Esto se mantiene hasta el final del proyecto, o sea hasta el año 20. Generando un ingreso por hectárea de \$1.980.000.

Flujo de caja: El flujo del proyecto está formado por las variables presentadas anteriormente: inversiones, costos, e ingresos. Además de las depreciaciones del sistema de riego y las ligadas a la propagación de las plantas. Para el caso del sistema de riego, la inversión debe volver a realizarse para el año 10, debido a su vida útil de 10 años. Y en el valor de desecho no se consideró a los activos fijos debido a que ya se encuentran al final de su vida útil, salvo las plantas que aún pueden producir, por lo que para valorar ese aspecto se consideró un valor a perpetuidad en el valor de desecho, calculado en base al flujo del año 19. A continuación en el Cuadro III.5.5.2.e. se presenta el flujo de caja del proyecto de un agricultor con 10 ha de *Jatropha* durante 20 años.

Cabe destacar que el flujo completo se encuentra en el Anexo A.9.4., además cuando se habla de, por ejemplo, "años 1-3" se refiere a que esos años son completamente iguales, o sea que todos tienen un flujo de -\$2.336.525.



Cuadro III.5.5.2.e. Flujo de caja para 10 ha de Jatropha (\$).

	Año 0	Años 1-3	Años 4-9	Año 10	Años 11-19	Año 20
Ingresos Semillas		0	19.800.000	19.800.000	19.800.000	19.800.000
Costos producción semillas		-3.257.500	-5.457.500	-5.457.500	-5.457.500	-5.457.500
Depreciación Invernadero		-660.000				
Depreciación Sistema de riego		-1.500.000	-1.500.000	-1.500.000	-1.500.000	-1.500.000
Utilidad bruta		-5.417.500	12.842.500	12.842.500	12.842.500	12.842.500
Impuesto (17%)		920.975	-2.183.225	-2.183.225	-2.183.225	-2.183.225
Utilidad neta		-4.496.525	10.659.275	10.659.275	10.659.275	10.659.275
Depreciación Invernadero		660.000				
Depreciación Sistema de riego		1.500.000	1.500.000	1.500.000	1.500.000	1.500.000
Producción plantines	-3.601.860					
Inversiones Invernadero	-1.980.000					
Labores e insumos plantación	-21.772.100					
Otras inversiones semillas	-5.013.062					
Sistema de riego	-15.000.000			-15.000.000		
Valor de desecho						101.327.292
Flujo	-47.367.022	-2.336.525	12.159.275	-2.840.725	12.159.275	113.486.567

Fuente: Elaboración propia con datos de Arancibia *et al.*, 2007; Magner *et al.*, 2008; Kingswood, 2010.

Principales Indicadores: A continuación se presentan en el Cuadro III.5.5.2.f. los principales indicadores económicos usados para evaluar proyectos.

Cuadro III.5.5.2.f. Principales indicadores para el proyecto de jatropha.

VAN (5%)	93.669.253
VAN (10%)	29.381.338
VAN (15%)	-1.871.909
TIR	14,59%
PRI	Año 8

El valor actual neto (VAN) observado para el proyecto presenta un valor positivo si es valorado en el contexto agrícola. Respecto a otros proyectos con Jatropha: Kingswood (2010), Cathay (2009), Ballester *et al.* (2009), ninguno de estos es comparable, pues todos apuntan a la integración vertical, o sea, cubrir desde el campo hasta el consumidor final del biodiesel. En la Figura III.5.5.2.a. se puede ver el gráfico de la evolución del VAN respecto a la tasa de interés, donde se puede ver que la tasa interna de retorno (14,59%), lo que señala que el proyecto es rentable en todos los escenarios en que es evaluado con una tasa de descuento inferior. En este contexto es importante señalar que una tasa descuento social está en torno al 10%, mientras que el costo de oportunidad de invertir el dinero en depósitos bancarios puede fluctuar en torno al 4,5% anual. Finalmente el período de recuperación de la inversión es en el año 8, por lo que a partir de ese año, se generan sólo utilidades.

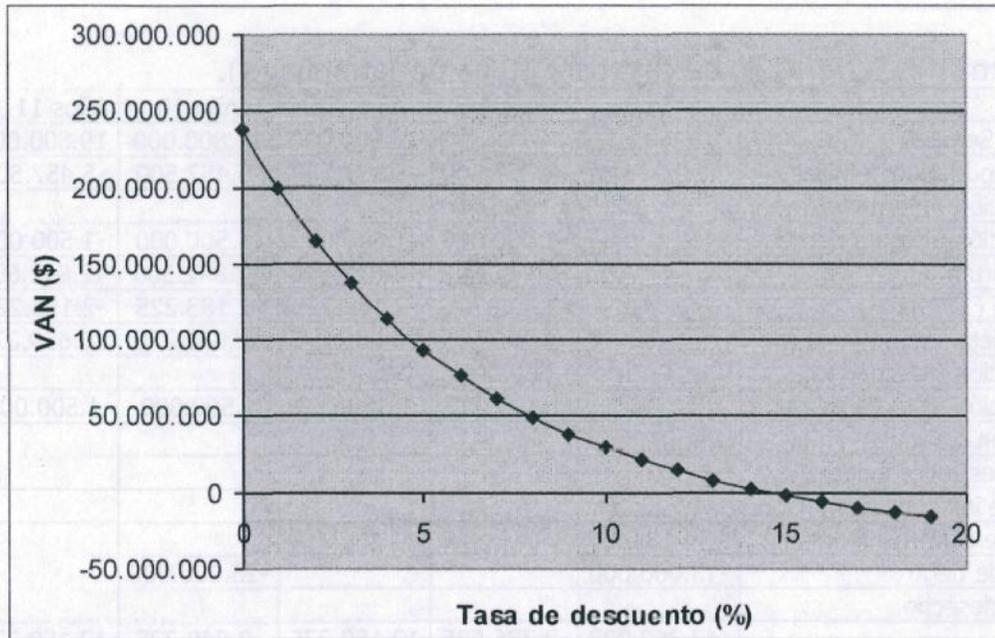


Figura III.5.5.2.a. Evolución del VAN del proyecto respecto de la tasa de descuento

Principales indicadores: A continuación se presentan en el Cuadro III.5.5.2.f los principales indicadores económicos usados para evaluar proyectos.

Cuadro III.5.5.2.f. Principales indicadores para el proyecto de Jatropha

Indicador	Valor
VAN (2%)	23.669.253
VAN (10%)	23.381.398
VAN (15%)	-1.871.909
TIR	14,50%
PRI	Año 8

El valor actual neto (VAN) observado para el proyecto presenta un valor positivo si es valorado en el contexto agrícola. Respecto a otros proyectos con Jatropha: Kingswood (2010), Gattay (2009), Baker et al. (2009), ninguno de estos es comparable, pues todos apuntan a la integración vertical, o sea, cultivar desde el campo hasta el consumidor final del biodiésel. En la Figura III.5.5.2.a se puede ver el gráfico de la evolución del VAN respecto a la tasa de interés, donde se puede ver que la tasa interna de retorno (14,50%), lo que señala que el proyecto es rentable en todos los escenarios en que es evaluado con una tasa de descuento interior. En este contexto es importante señalar que una tasa de descuento social está en torno al 10%, mientras que el costo de oportunidad de invertir el dinero en depósitos bancarios puede fluctuar en torno al 4,2% anual. Finalmente el periodo de recuperación de la inversión es en el año 8, por lo que a partir de ese año, se generan solo utilidades.

III.6. Impactos y Logros del Proyecto:

III.6.1. Impactos Productivos, Económicos y Comerciales

Respecto a los impactos productivos, económicos y comerciales al inicio del proyecto (año 2008), en Chile no se observan empresas ligadas a la *Jatropha*: viveros, venta de semillas, venta de aceite, etc. Luego al final del proyecto (año 2011) se observan algunos cambios, debido a que existen empresas o particulares que venden plantas y semillas en el país para generar plantaciones de la planta. Sin embargo, a nivel de venta de semillas para aceite o aceite propiamente tal, no existe aún en el país un mercado establecido, lo cual muestra que el mercado de la *Jatropha* para biodiesel se ha generado en Chile, pero se encuentra en una fase de inmadurez. Ante todo es claro que se ha generado un cambio positivo en el país respecto a la *Jatropha* y el tema de fuentes alternativas de generación de energía; por lo que es de esperarse que ante la generación de una demanda por estos insumos el negocio pase a la siguiente fase y se establezca un mercado formal.

Ante tal panorama resulta difícil cuantificar los impactos del proyecto sobre las variables productivas, económicas y comerciales, sin embargo, por lo mismo se da a conocer una proyección del mercado de la producción de semillas de *Jatropha* para biodiesel siguiendo la lógica planteada por los estudios económicos presentados en el informe.

Para la estimación se asume producir en un 25% de los terrenos muy aptos disponibles de Antofagasta al Biobío (los que equivalen a 329.726,5 ha), ya que la idea es poder explotar al máximo el potencial de la planta, pero sin competir con la agricultura tradicional. Además se consideró sólo un porcentaje menor al 100% para considerar aspectos como: competencia con otras especies, distancias a centros urbanos, etc. Luego se propone un escalamiento para que en un plazo de 17 años se alcance el total de la superficie, esto debido a que se considera poco realista el lograr abarcar todo desde un inicio, tanto por razones sociales, como económico-estratégicas. Además el período de 17 años se considera adecuado, debido a que los flujos de caja para la producción de semillas fueron fijados con un horizonte de 20 años, además de la índole social del proyecto. Así se siguió la misma lógica dada en el estudio económico, salvo que esta vez se plantea la producción de 4 kg de semilla por planta en vez de 3 kg, debido a que se estará en zonas muy aptas. Así se obtienen un resultado que puede ser visto en el Cuadro III.6.1.a. Para mayor detalle véase Anexo A.9.5.



Cuadro III.6.1.a. Flujo acumulado de la producción de 329.726,5 Ha de *Jatropha curcas* (valores de flujos en MM\$)

Años	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
%	1%	2%	5%	10%	15%	20%	25%	30%	35%	40%	45%
Flujo	-15.618	-16.389	-64.013	-98.331	-143.223	-174.807	-203.792	-206.299	-206.207	-179.636	-155.413
Años	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
%	50%	55%	60%	70%	80%	90%	100%	100%	100%	100%	
Flujo	-99.765	-56.356	18.478	12.873	112.932	132.553	-507.453	1.219.334	1.479.464	1.835.797	

Estos resultados (Cuadro III.6.1.b) a pesar de que no muestran todo el potencial del proyecto, debido a que las superficies agregadas al total de los últimos 4 años, ni siquiera alcanzan a llegar a su fase productiva (desde el quinto año, contando el año de inversión), sin embargo, la TIR de 8,13% es superior a la de 4,5% anual de préstamos bancarios. De todas maneras si el proyecto se prolongara hasta el final de la vida útil de la última superficie añadida duraría hasta el año 37, y con esa nueva situación los indicadores se disparan a una situación totalmente favorable desde el punto de vista de los indicadores VAN y TIR. Finalmente existe una razón de suma importancia, que corresponde a que con estas cantidades de producción de semillas de la planta, se podría estar satisfaciendo hasta aproximadamente un 20% de la demanda de petróleo nacional, en plena capacidad productiva, lo cual ofrecería tremendas oportunidades para el país en el ámbito productivo, económico y comercial.

Cuadro III.6.1.b. Principales indicadores de producción de 329.726,5 Ha de *Jatropha curcas* (valores en MM\$).

Horizonte	20 años	37 años
VAN (5%)	525.774	13.159.401
VAN (10%)	-171.465	3.277.969
TIR	8,13%	19,44%

Finalmente los potenciales impactos del proyecto, en el contexto de la situación presentada, se muestran a continuación en el Cuadro III.6.1.c. Donde se ve en todos los casos situaciones favorables, salvo en el caso del costo (debido a que se estaría comparando con una situación original en que no existe ningún negocio). Sobre la formación de empresas o unidades de negocio se muestra la cantidad de 330, dado que se asume que cada 100 productores de 10 Ha cada uno se estaría generando una unión para comercializar las semillas, basándose en un valor promedio para asociaciones de pequeños productores agrícolas, sobre las que se enfoca la producción de esta planta. Esto mismo tiene relación con la cantidad de convenios comerciales que equivale al mismo número de empresas planteadas, ya que todas las asociaciones de productores deben asociarse a alguna empresa que les compre sus semillas, de lo contrario se generarían problemas de expectativas de precio y abusos hacia los



agricultores. Además cabe destacar que el modelo está planteado en base al mercado nacional, por tratarse un tema de tanta importancia estratégica como lo es la energía.

Cuadro III.6.1.c. Impactos productivos, económicos y comerciales.

Logro	Sin Proyecto	Con proyecto*	Diferencial
Formación de empresa o unidades de negocio	0	330	330
Producción (Ton Semilla)	0	4.352.390	4.352.390
Costos de producción (MM\$)**	0	-179.948	-179.948
Ventas y/o Ingresos (MM\$)			
<i>Nacional</i>	0	870.478	870.478
<i>Internacional</i>	0	0	0
Convenios comerciales	0	330	330

*Para el caso planteado de la producción de 329.726,5 Ha de jatropha, en año a plena capacidad.

**Para el caso de los costos se considera que los terrenos no eran utilizados por lo que su costo era cero.



III.6.2. Impactos Sociales

Para el caso de los impactos sociales ocurre algo similar al caso de los impactos económicos, ya que debido a que no existe a la fecha un mercado establecido de biocombustibles en base a aceite de semillas de especies oleaginosas en Chile, no se han generado negocios productivos de semillas o aceite por lo que no se han generados beneficios sociales cuantificables. Sin embargo es importante señalar que a pesar de no existir un mercado establecido y formal productivo, ya se está gestando un mercado proveedor de semillas y plantas de la especie, lo cual brinda una señal de que el negocio se está gestando y que a futuro cuando exista demanda por materia prima para generar biocombustibles el mercado tendrá su despegue, y junto con eso también lo tendrán los beneficios sociales que aporta el proyecto, como el empleo.

Por lo mismo es que se plantea el mismo caso usado para cuantificar los impactos productivos, económicos y sociales. Donde se propone una proyección del mercado de la producción de semillas de jatropha para biodiesel siguiendo la lógica planteada por los estudios económicos presentados en el informe. Para la estimación se asume producir en un 25% de los terrenos muy aptos disponibles de Antofagasta al Biobío (los que equivalen a 329.726,5 Ha), y un escalamiento para que en un plazo de 17 años se alcance el total de la superficie en un flujo de caja a 20 años. Así resulta simple medir la mano de obra generada respecto a las jornadas hombre o JH (1 jornada hombre equivale a 8 horas de trabajo), y el cultivo de la jatropha necesita aproximadamente 45 jornadas hombres por cada hectárea cultivada, así por cultivar las 329.726,5 Ha que se plantean (alcanzadas al año 17), se estarían generando: 14.837.693 JH al año, lo que equivaldría aproximadamente a 7,5 mil nuevos puestos de trabajo.

Finalmente los potenciales impactos del proyecto, en el contexto de la situación presentada, se muestran a continuación en el Cuadro III.6.2.a. Donde se ve en todos los casos situaciones favorables. Se generarían aproximadamente 7.500 puestos de trabajo temporales para el sector agrícola, lo cual tendría un tremendo impacto en el sector y en el país. Sobre los productores o unidades de negocio se muestra la cantidad de 330, dado que se asume que cada 100 productores de 10 Ha cada uno se estaría generando una unión para comercializar las semillas, basándose en un valor promedio para asociaciones de pequeños productores agrícolas, sobre las que se enfoca la producción de esta planta. Además es de suma importancia destacar que los beneficios sociales no cuantificados también son de suma importancia: la mejora en el nivel de vida de la población rural, ya sea por el incremento en sus ingresos, como por las mejoras al medio ambiente y recuperación de los suelos degradados. También está todo el tema de los nuevos empleos que se generarían a través de las plantas de biodiesel, la mejora en conectividad: caminos y obras viales, y que se transformarían en ejes de desarrollo social para las diferentes comunidades rurales en las que se instalen.



Cuadro III.6.2.a. Impactos productivos, económicos y comerciales.

Logro	Sin proyecto	Con proyecto*	Diferencial
Nivel de empleo anual **			
Nuevos empleos generados	0	7.500	7.500
Productores o unidades de negocio replicadas	0	330	330

*Para el caso planteado de la producción de 329.726,5 Ha de jatropha, en año a plena capacidad.

**Por razones metodológicas, se hace muy impreciso entregar cifras de niveles de empleo con y sin proyecto, debido a que son muchas las variables que influyen esta cifra, sin embargo, el impacto que tendría el proyecto aumentaría los niveles empleo, lo que se refleja en la cantidad de nuevos empleos generados.

III.6.3. Impactos Tecnológicos

Logro	Numero			Detalle
	Nuevo en mercado	Nuevo en la empresa	Mejorado	
Producto	X			Selección de clones de <i>Jatropha curcas</i> más aptos para diferentes zonas agroclimáticas de Chile.
Proceso	X			Desarrollo de protocolo para multiplicación <i>in vitro</i> de plantas de jatropha.
Servicio				

Propiedad Intelectual	Número	Detalle
Patentes		
Solicitudes de patente		
Intención de patentar		
Secreto industrial		
Resultado no patentable		
Resultado interés público		

Logro	Número	Detalle
Convenio o alianza tecnológica		
Generación nuevos proyectos	1	Desarrollo de plantaciones en zonas áridas



III.6.4. Impactos Científicos

Logro	Nº	Detalle (Citas, título, descripción)
Publicaciones		
(Por Ranking)		
Eventos de divulgación científica	7	<p>1. I Seminario "Internacional Jatropha Chile 2008" los días 26 y 27 de junio de 2008 en Hotel Director, Av. Vitacura 3600, Vitacura, Santiago de Chile</p> <p>2. Seminario "Perspectiva para el Desarrollo del Cultivo de Jatropha en Chile" el día 20 de mayo de 2009 en la Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile, ubicada en Av. Santa Rosa 11.315, La Pintana</p> <p>3. Seminario "Perspectiva para el Desarrollo del Cultivo de Jatropha en Coquimbo" el día 7 de octubre de 2009 en el Liceo Agrícola de Ovalle "Tadeo Perry Barnes", ubicado en Tuquí Alto s/n, Ovalle.,</p> <p>4. Día de Campo "Producción de semillas de Jatropha en la Región de Coquimbo" el día 30 de abril de 2010 en el Liceo Agrícola de Ovalle "Tadeo Perry Barnes", ubicado en Tuquí Alto s/n, Ovalle.</p> <p>5. Cierre de Proyecto y Día de Campo "Desarrollo y validación del cultivo de jatropha en la zona norte de Chile para la producción de biodiésel", el día 28 de abril de 2011 en el Liceo Agrícola de Ovalle "Tadeo Perry Barnes", ubicado en Tuquí Alto s/n, Ovalle.</p> <p>6. Martínez, G., A. de la Fuente, C. Torres, C. Kremer, K. Vásquez, F. Medina, N. Magner y M. Paneque. 2009. Presentación póster: Jatropha: Development of a new oil crop for biofuel. En: V Reunión de Fisiología Vegetal. 14 al 16 de Octubre de 2009. Centro de convenciones, Hotel de la Bahía La Serena.</p> <p>7. Paneque, M. 2011. Ponencia: Desarrollo del Sistema Jatropha en Chile. En: 2º Seminario Internacional: "Jatropha". Biocombustibles, cultivos energéticos alternativos. 22 y 23 de Marzo de 2011. Hotel Alejandro I Ciudad de Salta, Argentina.</p>
Integración a redes de investigación	1	Red de Latinoamericana de Jatropha



III.6.5. Impactos en Formación

Logro	Nº	Detalle (<i>Título, grado, lugar, institución</i>)
Tesis postgrado	1	1. Felipe Parada. 2011 Estimación de eficiencia del uso del agua y K_{DPV} en plantas jóvenes de <i>Jatropha curcas</i> L. Facultad de Ciencias Agronómicas. Universidad de Chile. Memoria para optar al título de Magíster (en desarrollo).
Tesis pregrado	3	1. Felipe Medina Marín. 2011 Establecimiento de un protocolo de propagación <i>in vitro</i> de <i>Jatropha curcas</i> a partir de explantes foliares. Facultad de Ciencias. Universidad de Chile. Memoria para optar al título profesional de Ingeniería en Biotecnología Molecular. 2. Felipe Labra Oyanedel. 2009. Zonificación agroecológica preliminar para el establecimiento de áreas potenciales del cultivo de <i>Jatropha</i> . Facultad de Ciencias Agronómicas. Universidad de Chile. Memoria para optar al título profesional de Ingeniero en Recursos Naturales Renovables. 3. Kevin Vázquez Kiesel. 2009. Zonificación agroecológica preliminar para el establecimiento de áreas potenciales del cultivo de <i>Jatropha</i> . Facultad de Ciencias Agronómicas. Universidad de Chile. Memoria para optar al título profesional de Ingeniero en Recursos Naturales Renovables.
Prácticas profesionales	3	1. Leticia Acosta Barrera. Estudio de la germinación de semillas de <i>Jatropha curcas</i> ecotipo no toxico. Carrera de Ingeniería de Ejecución en Agronomía. Instituto Profesional Duoc-UC. Desde Marzo 2009-Junio 2009. 2. Jonathan Lagos Tobar. Estudio de la germinación de semillas de <i>Jatropha curcas</i> ecotipo toxico. Carrera de Ingeniería de Ejecución en Agronomía Instituto Profesional Duoc-UC. Desde abril 2009-Junio 2009. 3. Felipe Medina Marín. Establecimiento de un protocolo de propagación <i>in vitro</i> de <i>Jatropha curcas</i> a partir de explantes foliares. Carrera de Ingeniería en Biotecnología Molecular. Facultad de Ciencias. Universidad de Chile. Desde Septiembre 2008-Diciembre 2009.
Pasantías		
Cursos de capacitación		

III.7. Problemas Enfrentados Durante el Proyecto:

III.7.1. Problemas técnicos

El principal problema enfrentado en el desarrollo del proyecto fue desde el punto de vista técnico, y correspondió a las heladas que afectaron, principalmente, a las parcelas experimentales ubicadas sobre los 33 ° de latitud sur (en las regiones de O'Higgins y del Biobío). Lo que ocasionó la muerte del total de plantas en esas parcelas. Dada la violencia de su acción no se pudieron tomar medidas para contrarrestar su efecto, no pudiendo evitar este desenlace.

Otro problema observado a nivel de todo el país, en especial en suelos pesados, fue el daño por exceso de agua que se tradujo en anegamiento de las parcelas y posterior debilitamiento de la planta ante ataque de hongos, con el resultado de distintos tejidos muertos por pudrición, lo cual también generó, inclusive, la



muerte de las plantas. Ante este otro problema se tomaron las medidas correspondientes, aplicando fungicidas sin obtener el resultado esperado. Sin embargo, se tomaron registros de todos estos problemas para que en un futuro no se sufran pérdidas por ellos, y tomando medidas como plantar en zonas con cierta pendiente.

III.8. Otros Aspectos de Interés

III.9. Conclusiones y Recomendaciones:

Respecto al cultivo de la jatropha para producir semillas que a su vez se usen para producir aceite para la elaboración de biodiesel, posee ventajas comparativas respecto a otros cultivos que lo convierten en una alternativa muy atractiva para el país, en especial en sus zonas semiáridas.

Dentro de sus ventajas se encuentran:

- No competir con cultivos alimentarios, ya que no es destinado para consumo humano, ni usa los mismos suelos, sino suelos con limitaciones donde los otros cultivos no se darían de manera óptima.
- Poseer un alto rendimiento de aceite por hectárea y poseer bajos requerimientos hídricos.
- Ser económicamente atractiva, a pesar de existir alternativas más rentables, no deja de serlo, pues presenta valores sumamente atractivos en el largo plazo y bajos valores de inversión y costos por hectárea. Además de ofrecer utilidades que a su vez permiten sostener tanto al agricultor como al comprador de semillas que produce biodiesel, por lo que es sostenible en el tiempo.
- Su uso estaría enfocado 100% en producir aceite para biocombustibles, por lo que asegura un suministro estable en el tiempo de biodiesel, no como otros cultivos que por su aceite posee usos alternativos basa su destino en precios de mercado, como podría ser el caso jojoba.
- Ofrece subproductos como la torta residual para uso en alimentación animal o para mejorar las propiedades de los suelos y la glicerina para usos industriales. Lo que permite un aprovechamiento total de la semilla, no generando residuos.
- Ser un cultivo de gran impacto social en zonas rurales pobres, donde actualmente no existen alternativas que les permitan mejorar su calidad de vida aprovechando terrenos en desuso o subutilizados. Además de generar gran cantidad de empleos, mejorar los suelos y el ambiente, y convertirse en un eje de desarrollo para el país.



- Permitirá disminuir la demanda de combustibles fósiles de un 20 a 25% aproximadamente, lo cual presenta enormes ventajas desde el punto de vista energético y estratégico para el país.

De todas maneras, para que esto se pueda materializar se requiere un esfuerzo conjunto tanto del gobierno, como de la empresa privada y los agricultores para lograr la meta planteada. Por lo mismo resulta importante recomendar:

- Continuar con el desarrollo de variedades resistentes a las condiciones específicas de cada localidad del país donde se pretenda cultivar la planta.
- Realizar ensayos que abarquen el proceso completo: desde producción de semilla hasta uso del biodiesel para el funcionamiento de máquinas.
- También poder realizar ensayos a nivel de comunidades rurales, pues podrían ser una de las principales beneficiadas con este cultivo.
- Capacitar al agricultor en el manejo de la jatropha, ya que muchas veces se falla en que no se entregan las herramientas técnicas y de gestión adecuadas para el cultivo de una nueva variedad.
- Motivar la producción de cultivos energéticos por medio de subsidios en primera instancia para generar el primer impulso.
- Generar uniones de productores de de semillas de jatropha para evitar problemas asociados a abuso por parte de las empresas que compren las semillas para elaborar biodiesel. Debido a que en muchos rubros agrícolas, sobre todo los que incluyen a pequeños productores, se da abuso de mercado proveniente de la concentración de las empresas compradoras.



IV. INFORME DE DIFUSIÓN

IV.1. Extensión y transferencia al público

IV.1.1. Medios escritos

- Artículo en diario **Publimetro**. "Estudio afirma que en Región de Antofagasta se podría plantar jatropha ante demanda energética". 13 de Junio de 2011.
- Artículo en diario **Periódico Lea**. "En Antofagasta se podría plantar jatropha ante demanda energética". 15 de Junio de 2011.
- Artículo en diario **La Región**. "En Ovalle, estudiantes extraen biocombustible de una planta tropical". 03 de Mayo de 2011.
- Artículo en diario **El Observador**. "Estudiantes de Ovalle extraen biocombustible desde planta tropical". 2 de Mayo de 2011.
- Artículo en diario **El Día**. "Exitoso cierre del proyecto jatropha". Mayo de 2011.
- Artículo en diario **El Ovallino**. "Exitoso cierre del proyecto jatropha". 29 de abril de 2011.
- Artículo en **Diario Financiero**. "Universidades están a la vanguardia en la investigación para generar biodiesel". 25 de Octubre de 2010.
- Artículo en la revista **The Bioenergy Internacional**. "Jatropha curcas: Potencial de cultivo en el desierto Chileno. V8:31 -Julio de 2010.
- Artículo en diario **El Ovallino**. "Agroclima de Ovalle permite cultivar con éxito la jatropha". 02 de julio de 2010.
- Nota en revista **Electricidad Interamericana** "Proyecto FIA- Universidad de Chile logra primera cosecha de semillas de Jatropha para biodiesel". 09 de abril de 2010.
- Entrevista en **El Mercurio - Revista del Campo**. Artículo "Los buenos resultados de la jatropha". 05 de Abril de 2010.
- Artículo en **Revista Antumapu** 7:50-53. Artículo "Jatropha curcas: Alternativa para nuevos negocios sostenibles. Edición 2009.
- Entrevista en **La Nación**. Artículo "Identifican las plantas más energéticas del país" Martes 03 de noviembre de 2009.
- Entrevista en la **Revista Metal&Industria**. Artículo "Los brotes verdes de la innovación energética en Chile" Septiembre-Octubre 2009/Edición Nº 80.
- Nota en **Revista Nuevo Agro**. Artículo "A fin de año se obtendría primera cosecha de jatropha en el país. 19 de octubre de 2009.
- Artículo Diario **Semanario Tiempo**. "El desafío del cultivo de Jatropha para biocombustibles". Semana del 16 al 22 de Octubre de 2009. Edición 728.
- Nota en revista **Electricidad Interamericana** "A fin de año se obtendría primera cosecha de jatropha en el país". 16 de Octubre de 2009.



- Entrevista en la **Revista EcoAmérica**. Artículo "Biodiesel a la medida de los suelos chilenos" Junio de 2009/Edición N° 88.
- Nota en **Revista Nuevo Agro** "Cultivo de Jatropha en Chile" 03 de Junio de 2009.
- Nota en revista **Electricidad Interamericana** "Chile producirá biocombustible de jatropha en 8 años" 22 de Mayo de 2009.
- Nota en **Revista Nuevo Agro**. Minagri impulsa proyecto de cultivo de jatropha para producir biodiésel en Chile. 22 de mayo de 2009.
- Entrevista en **El Mercurio**. Artículo "Chile producirá biocombustible de jatropha en 8 años" Jueves 21 de Mayo de 2009.
- Nota en **La Tercera**. Artículo "Gobierno apoya cultivo de jatropha para producción de biodiésel" 20 de Mayo de 2009.
- Nota en **La Tercera**. Edición Especial de Innovación Agraria. Artículo "Buscando Biocombustibles" Jueves 26 de Marzo de 2009.
- Entrevista **Revista Indualimentos**. Artículo "Biocombustibles. Potencial de producción en Chile". Diciembre 2008 /Edición N° 54.
- Reportaje Fotográfico en la **Revista Bioplanet**. Artículo "Seminario analiza nuevas fuentes de producción de biodiesel" Octubre 2008/Edición N° 50.
- Entrevista en **Diario Financiero**. Artículo "La Jatropha: los planes de Chile para el cultivo que revoluciona la industria del biodiesel" 30 de Mayo de 2008.
- Entrevista en **La Nación**. Artículo "Introducen planta para producir biodiésel en Chile" Jueves 08 de Mayo del año 2008.
- Entrevista en **El Mercurio**. Artículo "La jatropha podría ser nuestro biocombustible" Miércoles 30 de Abril de 2008.
- Nota en **La Hora**. Diario Gratuito. Artículo "Chile impulsa opción a los biocombustibles" Viernes 25 de Abril de 2008.
- Entrevista en **El Mercurio - Revista del Campo**. Artículo "Jatropha, una alternativa para el desierto". 05 de Noviembre de 2007.

IV.1.2. Medios audiovisuales

- Entrevista en **TVN**. Programa Cambio Global TVN. Domingo 12 de Junio de 2011.
- Entrevista en **CNN Chile**. Programa Noticias al Mediodía. Viernes 13 de Agosto de 2010.
- Entrevista en **TVN**. Programa 24horas Noticias. Edición Central. Viernes 6 de Agosto de 2010. <http://www.24horas.cl/videosRegiones.aspx?id=28628&idRegion=4>
- Entrevista en **Radio Universidad de Chile**. Programa el Semáforo. Martes 22 de Junio de 2010 entre 10:30-11:30.
- Reportaje en **Canal13**. Programa Edición Central Tele13. Viernes 30 de Abril de 2010. <http://tele13.13.cl/noticias/reporteros/15720.htm>.



- Entrevista en **CNN Chile**. Programa Noticias al Mediodía. Martes 3 de Noviembre de 2009. <http://www.cnnchile.com/economia/2009/11/03/el-desarrollo-de-los-biocombustibles-en-chile/>
- Entrevista en **Megavisión**. Programa Maganoticias Edición Central. Sábado 9 de Agosto de 2008.
- Entrevista en **Radio Universidad de Chile**. Programa el Semáforo. Viernes 9 de Mayo de 2008 entre 9:30-10:30.

IV.1.3. Medios Electrónico

- Portal www.sectorproductivo.com.py. Artículo "Chile - A fin de año se obtendría primera cosecha de jatropha en el país" 28 de Junio del 2011.
- Portal www.radiosantiago.cl. Artículo "Región de Antofagasta podría albergar plantaciones de jatropha" 27 de junio de 2011.
- Portal www.agronoticias.uchile.cl. Artículo "Proyecto Jatropha: Antofagasta podría albergar plantaciones" 15 de junio de 2011.
- Portal www.agronomia.uchile.cl. Artículo "Proyecto Jatropha: Antofagasta podría albergar plantaciones" 15 de junio de 2011.
- Portal www.portaldelcampo.cl. Artículo "Región de Antofagasta podría albergar plantaciones de jatropha" 14 de Junio de 2011.
- Portal www.chilecrece.cl. Artículo "Antofagasta podría producir semillas de jatropha para elaborar biocombustibles" 14 de Junio de 2011.
- Portal www.portalminero.com. Artículo "Estudio confirma que Antofagasta tiene las condiciones para elaborar biocombustibles" 14 de Junio de 2011.
- Portal www.puntoclick.cl. Artículo "Estudio afirma que en Región de Antofagasta se podría plantar jatropha ante demanda energética" 13 de junio de 2011.
- Portal www.cncmedios.cl. Artículo "En la región plantarían Jatropha ante la demanda energética" 13 de Junio de 2011.
- Portal www.biobiochile.cl. Artículo "Estudio afirma que en Región de Antofagasta se podría plantar jatropha para elaborar biocombustibles" 13 de Junio de 2011.
- Portal www.bizhoy.cl. Artículo "Estudio afirma que en Región de Antofagasta se podría plantar jatropha ante demanda energética" 13 de Junio de 2011.
- Portal www.soychile.cl. Artículo "Estudio afirma que en Región de Antofagasta se podría plantar jatropha para elaborar biocombustibles" 13 de Junio de 2011.
- Portal www.maderofm.cl. Artículo "Estudiantes de Ovalle extraen biocombustible desde planta tropical" 2 de mayo de 2011.
- Portal www.agronomia.uchile.cl. Noticia "Realizarán Día de Campo en el marco del cierre del proyecto Jatropha" 28 de Abril de 2011.
- Portal www.uchile.cl. Noticia "Día de campo: producción de Jatropha en la Región de Coquimbo" 28 de Abril de 2011.



- Portal www.elsitioagricola.com. Noticia "2º Seminario Internacional: "Jatropha". Biocombustibles, cultivos energéticos alternativos." Febrero de 2011.
- Portal www.una-gauchada.com. Noticia "En Salta Reunión internacional de Jatropha, cultivo energético alternativo" Febrero de 2011.
- Portal www.canalproductivo.com.ar. Noticia "II SEMINARIO INTERNACIONAL DE JATROPHA" 18 de Febrero de 2011.
- Portal www.revistaproyeccion.com.ar. Noticia "Seminario Internacional de Jatropha" 14 de Febrero de 2011.
- Portal www.procitropicos.com.br. Noticia "2º Seminario Internacional de "Jatropha": Biocombustibles, cultivos energéticos alternativos" 8 de Febrero de 2011.
- Portal www.agronoa.com.ar. Noticia "SEMINARIO INTERNACIONAL DE JATROPHA" 11 de Enero de 2011.
- Portal www.todoagro.com.ar. Noticia "En Salta. Reunión internacional de Jatropha, cultivo energético alternativo" 10 de Febrero de 2011.
- Portal www.rseprohumanablog.cl. Artículo "Conoce más sobre los Biocombustibles en Chile" 5 de Enero de 2011.
- Portal economia.terra.cl. Artículo "Logran la primera cosecha de semillas para producir biodiesel en Chile" Abril de 2010.
- Portal www.datoanuncios.org. Artículo "La jatropha y biocombustibles" 17 de Abril de 2010.
- Portal www.chilerenovables.cl. Artículo "Cultivo de Jatropha demuestra alta productividad y eficiencia en la producción de biodiesel" 17 de Abril de 2010.
- Portal www.ecoamigable.com. Artículo "Proyecto FIA-Universidad de Chile logra primera cosecha de semillas de jatropha para biodiesel" 14 de Abril de 2010.
- Portal www.sag.gov.cl. Artículo "PROYECTO FIA-UNIVERSIDAD DE CHILE LOGRA PRIMERA COSECHA DE SEMILLAS DE JATROPHA PARA BIODIESEL" 14 de Abril de 2010
- Portal www.bnamericas.com. Artículo "Ministerio evalúa potencial de Jatropha" 12 de Abril de 2010.
- Portal www.infoagro.com. Artículo "Primera cosecha de semillas de Jatropha para biodiesel" 12 de Abril de 2010.
- Portal www.fia.gov.cl. Artículo "Proyecto FIA-Universidad de Chile logra primera cosecha de semillas de jatropha para biodiesel" 9 de Abril de 2010.
- Portal www.chilepotenciaalimentaria.cl. Artículo "Los buenos resultados de la jatropha" 9 de Abril de 2010.
- Portal noticias.universia.cl. Artículo "Proyecto FIA-Universidad de Chile logra primera cosecha de semillas de jatropha para biodiesel" 9 de Abril de 2010.



- Portal www.vivieagro.cl. Artículo "Proyecto FIA-Universidad de Chile logra primera cosecha de semillas de jatropha para biodiesel" 9 de Abril de 2010.
- Portal www.agroinformacion.com. Artículo "Primera cosecha de semillas de jatropha para biodiesel" 9 de Abril de 2010.
- Portal www.asof.cl. Artículo "Los buenos resultados de la Jatropha" 5 de Abril de 2010.
- Portal www.chilerenovables.cl. Artículo "Jatropha muestra favorables resultados como biocombustible" 18 de Octubre de 2009.
- Portal www.ecoamerica.cl. Artículo Nota "A fin de año se obtendría primera cosecha de jatropha en el país" 16 de octubre de 2009.
- Portal www.acesol.cl. Artículo "Minagri impulsa proyecto de cultivo de jatropha para producir biodiesel en Chile" 29 de Mayo de 2009.
- Portal www.infoagro.com. Artículo "Minagri impulsa proyecto de cultivo de jatropha para producir biodiesel en Chile" 21 de Mayo de 2009.
- Portal www.minagri.gov.cl. Artículo "Minagri impulsa proyecto de cultivo de jatropha para producir biodiesel en Chile" 20 de Mayo de 2009.
- Portal noticias.universia.cl. Artículo "Ministra Hornkohl se reunirá con la prensa en seminario sobre la Jatropha de la Universidad de Chile" 19 de Mayo de 2009.
- Portal www.expreso.cl. Noticia "Realizarán Seminario sobre Jatropha en U de Chile" 13 de Mayo de 2009.
- Portal noticias.universia.cl. Noticia "Realizan seminario sobre cultivo de jatropha en la Universidad de Chile" 12 de Mayo de 2009.
- Portal jatrophaonline.wordpress.com. Artículo "Jatropha: Investigadores de la Universidad de Chile buscan nueva opción energética" 30 de Junio de 2008.
- Portal noticias.universia.cl. Artículo "Jatropha: Investigadores de la Universidad de Chile buscan nueva opción energética" 26 de Junio de 2008.
- Blog decyti.bligoo.com. Noticia "Seminario de Bioenergía analizará potencial de la semilla jatropha curcas" 2008.
- Portal www.cocoso.chiapas.gov.mx. Noticia "Participa Chiapas en el Seminario Internacional "Jatropha" Chile 2008" 27 de Junio de 2008.
- Blog internetblog.emol.com. Noticia "Seminario de Bioenergía analizará potencial de la semilla jatropha curcas" 19 de Mayo de 2008.
- Portal www.agronoticias.uchile.cl. Noticia "I SEMINARIO INTERNACIONAL JATROPHA - CHILE 2008" 19 de Mayo de 2008.
- Portal www.biodieselpain.com. Artículo "Desarrollan primeras plantaciones de Jatropha en Chile para biodiesel" 25 de Abril de 2008.
- Portal www.biodisol.com. Artículo "U. de Chile desarrollará plantaciones para la producción de biodiesel" 25 de Abril de 2008.
- Portal www.agronoticias.uchile.cl. Artículo "Desarrollan primeras plantaciones de Jatropha en Chile" 23 de Abril de 2008.



- Portal www.cooperativa.cl. Artículo "U. de Chile desarrollará plantaciones para la producción de biodiesel". 23 de Abril de 2008.

IV.1.4. Posters de extensión

- Poster **Programa Jatropha: cultivos alternativos para zonas áridas y semi-áridas.**
- Poster **Zonificación agroecológica preliminar para el establecimiento del cultivo de *Jatropha curcas* L., con fines bioenergéticos entre las regiones de Antofagasta y del Bio-bio.**
- Poster **Cultivo *in vitro* de *Jatropha curcas*.**
- Poster **Germinación de *Jatropha curcas* y manejo en invernadero.**
- Poster **Parcelas.**

IV.2. Presencia del proyecto en medios de difusión masivos y su influencia en el mercado nacional del producto (jatropha)

IV.2.1. Metodología.

Para determinar la influencia a nivel de medios de difusión masiva del proyecto, se realizó una búsqueda simple en el motor de búsqueda Google (www.google.com), usando las palabras: *jatropha Chile*, y luego realizando una revisión y registro de cada resultado obtenido por éste, hasta el número 100, con el objeto de tener una cantidad de registros importante sin tener que ir a resultados más lejanos que éste. Los resultados repetidos no fueron considerados. Cabe destacar que la búsqueda fue realizada el día lunes 27 de junio del año 2011.

Una vez registradas todos los resultados obtenidos por el buscador, se procedió a su clasificación por tipo de proyecto o fuente a la cual se aludía (Proyecto Jatropha FIA Universidad de Chile, Proyecto Jatropha CORFO INIA, Proyecto Universidad de Tarapacá, y otros) y por medio que difundía la noticia (portal web, radio o diario).

Así posteriormente se procedió a analizar los resultados obtenidos y presentarse por medios de tablas y gráficos.

La presencia del proyecto en medios de difusión se pueden observar en los cuadros IV.2.1.a y IV.2.1.b.

IV.2.2. Principales conclusiones.

Dentro de los resultados más llamativos se encuentran la concentración temporal de los resultados, los cuales están en un 100% entre los años 2007 a 2011, pero que se incrementan drásticamente a partir del año 2008, siendo el año 2007 poco significativo. Esto puede ser visto en la Figura IV.2.2.a. En



donde se puede apreciar una clara tendencia al aumento en la cantidad de resultados asociados a jatropha+Chile a través de los años 2007 a 2011.

Cuadro IV.2.1.a. Resultados obtenidos de las 100 primeras salidas de la búsqueda: jatropha Chile, en el buscador Google el día 27 de junio del año 2011.

Fuente	Origen	2007	2008	2009	2010	2011	s/a
Portales Web	U. de Chile	0	10	9	22	15	3
	INIA	0	0	0	1	0	2
	U de Tarapacá	0	0	0	1	0	0
	otros	3	4	5	4	3	8
	SubTotal	3	14	14	28	18	13
Diarios	U. de Chile	0	0	1	1	9	0
	INIA	0	0	0	0	0	0
	U de Tarapacá	0	0	0	0	0	0
	otros	0	0	0	0	1	0
	SubTotal	0	0	1	1	10	0
Radios	U. de Chile	0	0	1	0	4	0
	INIA	0	0	0	0	0	0
	U de Tarapacá	0	0	0	0	0	0
	otros	0	0	0	0	0	0
	SubTotal	0	0	1	0	4	0
Totales	U. de Chile	0	10	11	23	28	3
	INIA	0	0	0	1	0	2
	U de Tarapacá	0	0	0	1	0	0
	otros	3	4	5	4	4	8
	TOTAL	3	14	16	29	32	13

Cuadro IV.2.1.b.. Detalle de apariciones del proyecto en diferentes medios de difusión.

Fuente	2007	2008	2009	2010	2011
Portales Web	0	10	9	22	15
Diarios	0	0	1	1	9
Radios	0	0	1	0	4
TOTAL	0	10	11	23	28

Así posteriormente se procedió a analizar los resultados obtenidos y presentarse por medio de tablas y gráficos.

La presencia del proyecto en medios de difusión se pueden observar en los cuadros IV.2.1.a y IV.2.1.b.

IV.2.2. Principales conclusiones.

Dentro de los resultados más llamativos se encuentran la concentración temporal de los resultados: los cuales están en un 100% entre los años 2007 a 2011, pero que se incrementa drásticamente a partir del año 2008, siendo el año 2007 poco significativo. Esto puede ser visto en la Figura IV.2.2.a. En

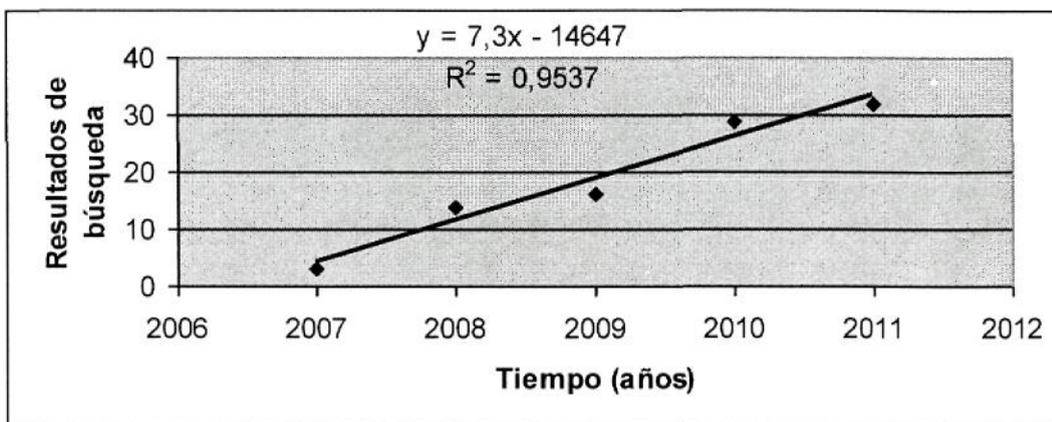


Figura IV.2.2.a. Concentración temporal de los resultados obtenidos.

Respecto al tipo de resultados esperados, según muestra en los cuadros IV.2.1.a y IV.2.1.b., se encontró que en su gran mayoría correspondían a noticias relacionadas a proyectos de jatropa (dentro de los que se destacó significativamente el proyecto FIA-U. de Chile (75), seguido por los de CORFO-INIA (3), U. de Tarapacá (1) y FONDEF (1)). El resto de los resultados obtenidos correspondían a: noticias alusivas a negocios, avisos económicos de venta o compra de plantas o semillas de jatropa (que comienzan a aparecer desde el año 2008, lo que podría estar indicando la positiva influencia del proyecto en la comercialización de plantas de jatropa), y noticias de un blog relativo a la jatropa, con un total de 28 resultados. En las figuras IV.2.2.b. y IV.2.2.b se pueden apreciar de mejor manera estos resultados.

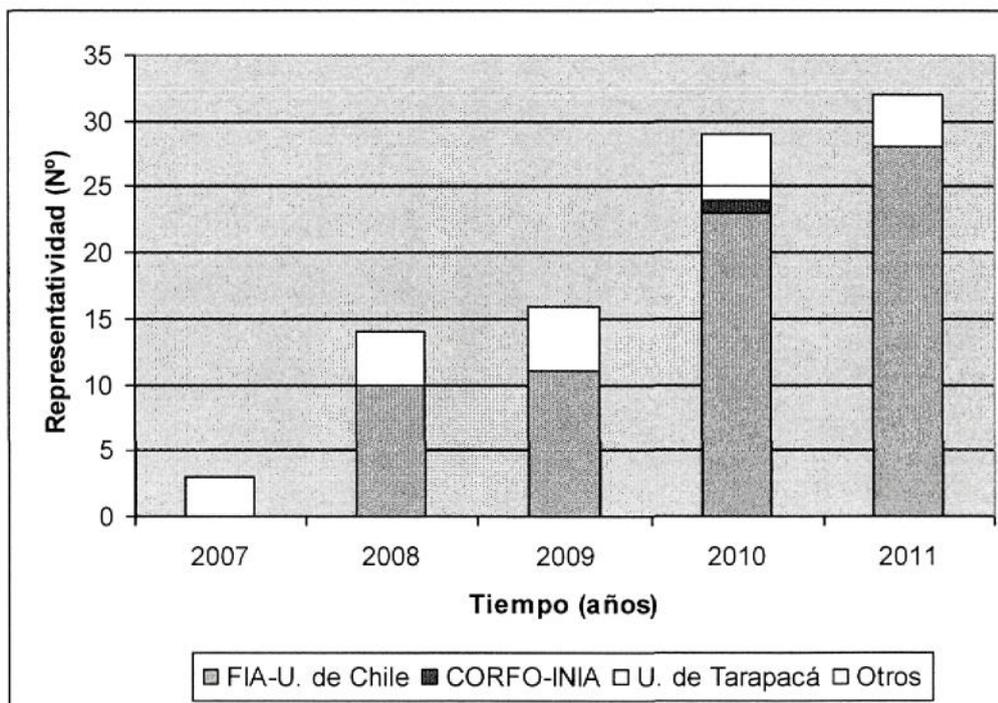


Figura IV.2.2.b. Representatividad de resultados encontrados (cantidad)

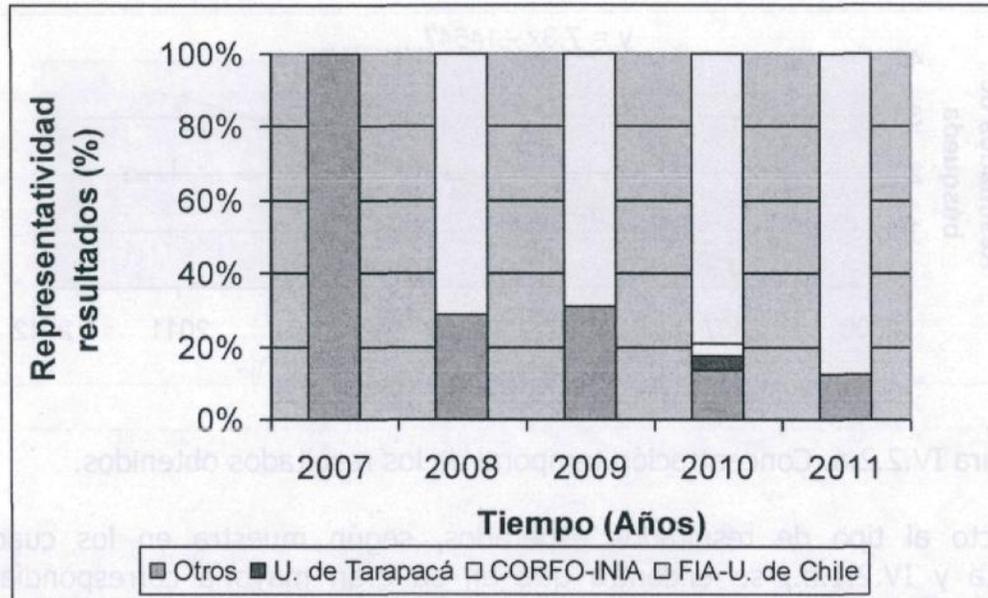


Figura IV.2.2.c. Representatividad de resultados encontrados (porcentaje).

Luego si se analiza a la presencia en medios de difusión masivos del proyecto FIA-U. de Chile, destacan por lejos los portales web, seguidos de los diarios y finalmente las radios. En primera instancia se había considerado a la televisión como un medio válido, sin embargo, al no encontrarse resultados de ésta, se descartó. El proyecto junto con un aumento en el tiempo respecto al número de resultados asociados, también fue diversificándose, pasando del año 2008 de sólo portales web hasta el año 2011 a portales web, radios y diarios. Lo cual denota su mayor impacto mediático en el país y el mayor interés suscitado. Lo anterior puede verse con claridad tanto en cantidad como en porcentaje, en las figuras IV.2.2.d. y IV.2.2.e.

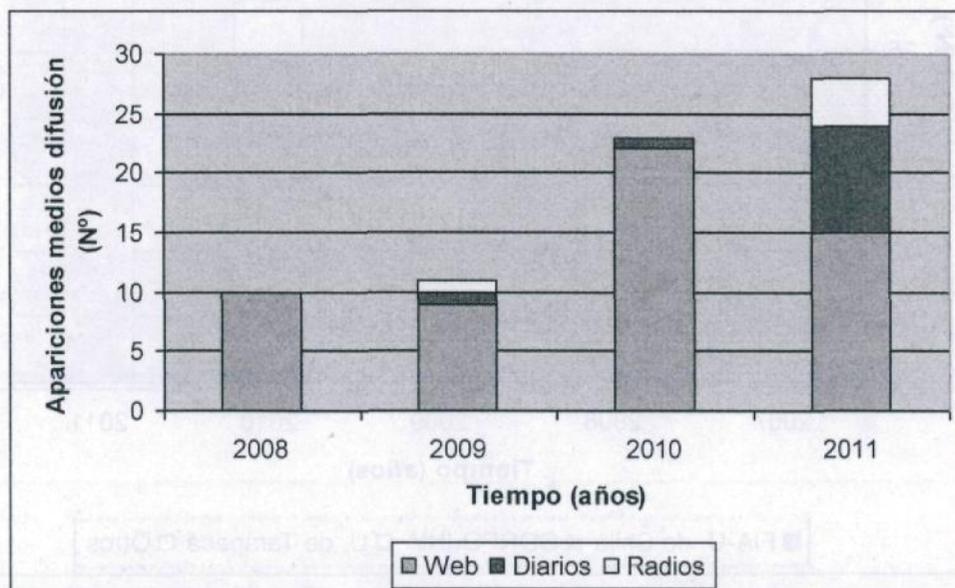


Figura IV.2.2.d. Cantidad de apariciones en medios de difusión del proyecto FIA-U. de Chile a través del tiempo.

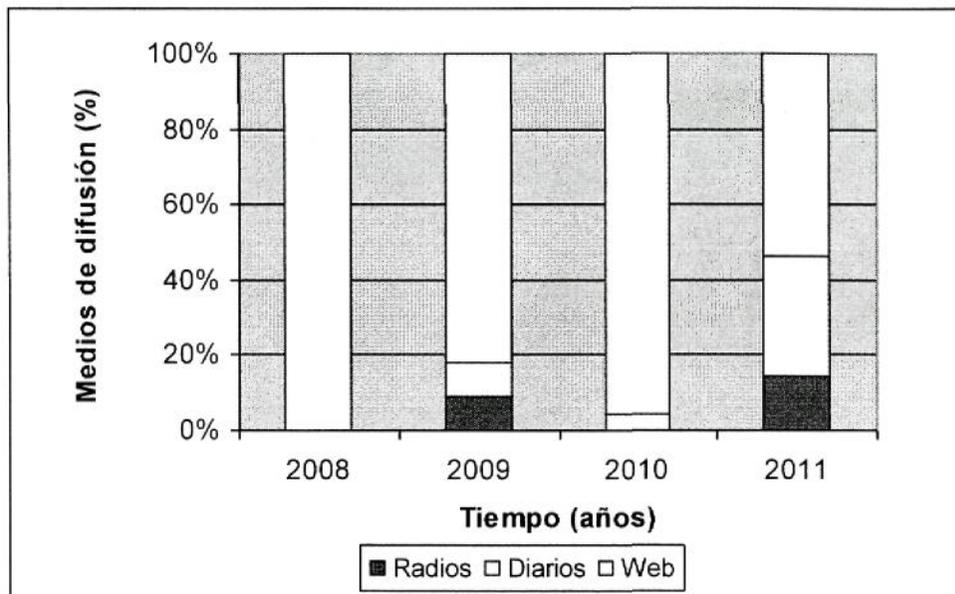


Figura IV.2.2.e. Distribución de los medios de difusión por los cuales se dieron a conocer noticias asociadas al proyecto FIA-U. de Chile a través del tiempo.

A modo de conclusión se podría decir que el proyecto de *Jatropha* FIA-U. de Chile, ha sido lejos el más importante a nivel mediático, debido a los resultados observados en los medios de difusión, mediante una búsqueda simple en Internet. Y se puede apreciar que su influencia crece a través de los años, tanto en lo relacionado con el incremento en el número de noticias, como en el creciente interés de los medios (radio y diarios) y en el interés de comercializar esta planta.

IV.3. Presentaciones en Congresos o Seminarios.

Martínez, G., A. de la Fuente, C. Torres, C. Kremer, K. Vásquez, F. Medina, N. Magner y M. Paneque. 2009. Presentación póster: *Jatropha*: Development of a new oil crop for biofuel. En: V Reunión de Fisiología Vegetal. Centro de convenciones, Hotel de la Bahía La Serena. 14 al 16 de Octubre de 2009.

Paneque. M. 2011. Ponencia: Desarrollo del Sistema *Jatropha* en Chile. En: 2º Seminario Internacional: "*Jatropha*". Biocombustibles, cultivos energéticos alternativos. Hotel Alejandro I, Ciudad de Salta, Argentina. 22 y 23 de Marzo de 2011. Dr. Manuel Paneque. Universidad de Chile.

IV.4. Eventos de divulgación científica

I Seminario "Internacional *Jatropha* Chile 2008" los días 26 y 27 de junio de 2008 en Hotel Director, Av. Vitacura 3600, Vitacura, Santiago de Chile, cuyo objetivo principal fue Exponer y divulgar las potencialidades de *Jatropha curcas* para la producción de biodiésel en América Latina. En la oportunidad se contó



con las intervenciones del Ministro Presidente de la Comisión Nacional de Energía, Sr. Marcelo Tokman, quien hizo una presentación acerca de: "Realidad y perspectivas del sector energético chileno" y el Vicerrector de Investigación y Desarrollo de la Universidad de Chile, Dr. Jorge Allende Rivera. Además de representantes de organismos internacionales y de los gobiernos de Argentina, Brasil, Colombia y México. En la ocasión, el Ministro de Energía, Sr. Marcelo Tokman, mostró gran interés en las actividades que está desarrollando la Universidad en materias energéticas y anuncio la creación de la Comisión Asesora Interministerial en Materia de Biocombustibles. La invitación fue abierta a la comunidad, con 400 asistentes, entre los que destacan académicos, estudiantes, representantes del mundo empresarial, autoridades de Gobierno y organismos internacionales. Además de representantes de Argentina, Brasil, Colombia, Costa Rica, Guatemala, Honduras, México y Perú. El evento lo organizó la CNE y la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de Chile, fue patrocinado por la FAO y CEPAL y financiado en el contexto del Programa Jatropa de FIA, y cofinanciado por las empresas Agroenergía, CNE; COPEC; ENAP; FIA; Pullman Bus; Venwel.

Seminario "Perspectiva para el Desarrollo del Cultivo de Jatropa en Chile" el día 20 de mayo de 2009 en la Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile, ubicada en Av. Santa Rosa 11.315, La Pintana., cuyo objetivo principal fue mostrar los avances logrados durante el año 2008 en los diferentes proyectos de Programa Jatropa Chile. En la oportunidad se contó con las intervenciones de la Ministra de Agricultura, Sra. Marigen Hornkohl, quien hizo una presentación acerca de: "La contribución a la política agroenergética" y El Rector de la Universidad de Chile, Sr. Jorge Las Heras. En la ocasión, la Ministra de Agricultura, Sra. Marigen Hornkohl,, mostró gran interés por las perspectivas del cultivo de jatropa en Chile y en las actividades que está desarrollando la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de Chile en materias agroenergéticas y recalcó la importante labor que realiza esta Casa de Estudios. La invitación fue abierta a la comunidad, la sala Roberto Opazo completándose su capacidad, asistieron mas de 350 académicos, estudiantes, representantes del mundo empresarial y autoridades de Gobierno. El evento se organizó y fue financiado en el contexto del Programa Jatropa de FIA.

Seminario "Perspectiva para el Desarrollo del Cultivo de Jatropa en Coquimbo" el día 7 de octubre de 2009 en el Liceo Agrícola de Ovalle "Tadeo Perry Barnes", ubicado en Tuquí Alto s/n, Ovalle., cuyo objetivo principal fue analizar la situación de las parcelas experimentales de jatropa después del invierno, así como el potencial de expansión y alternativas de cultivos energéticos en la IV Región. En la oportunidad se contó con la intervención de la Seremi de Agricultura, Sra. Lorena Sandoval, quien hizo una presentación acerca de: "Las perspectivas de la producción de energía en Coquimbo". En la ocasión, se realizó además un día de campo. La invitación fue abierta a la comunidad, asistieron mas de 100 académicos, estudiantes, representantes del



mundo empresarial y autoridades de Gobierno. El evento se organizó y fue financiado bajo el contexto del Programa Jatropha de FIA.

Día de Campo "Producción de semillas de Jatropha en la Región de Coquimbo" el día 30 de abril de 2010 en el Liceo Agrícola de Ovalle "Tadeo Perry Barnes", ubicado en Tuquí Alto s/n, Ovalle., cuyo objetivo principal fue analizar la situación del proyecto jatropha y conocer los avances en el desarrollo del cultivo después de la primera cosecha. En la oportunidad se contó con la intervención de la Jefa del Grupo de Bioenergía de ODEPA, Sra. Rebeca Iglesias, quien hizo una presentación acerca de: "Las perspectivas de la producción de bioenergía en Chile". La invitación fue abierta a la comunidad, asistieron mas de 100 académicos, estudiantes, representantes del mundo empresarial y autoridades de Gobierno. El evento se organizó y fue financiado en el contexto del Programa Jatropha de FIA.

Cierre de Proyecto y Día de Campo "Desarrollo y validación del cultivo de jatropha en la zona norte de Chile para la producción de biodiésel", el día 28 de abril de 2011 en el Liceo Agrícola de Ovalle "Tadeo Perry Barnes", ubicado en Tuquí Alto s/n, Ovalle., cuyo objetivo principal fue analizar los principales resultados del proyecto jatropha y cierre de las actividades de investigación asociadas. En la oportunidad se contó con las intervenciones de los secretarios Ministeriales de la Region de Coquimbo de: Agricultura Sr. Juan Francisco García, Energía Sr. Luís Eduardo Castellano, Medio Ambiente Sr. Cristián Felmer Bonhomme, Educación Sr. José Manuel Ready y del Jefe Servicio Asesor de Hacienda, Christian Vine Wunder, quienes destacaron los impactos regionales y país que tiene la investigación desarrollada. La invitación fue abierta a la comunidad, asistieron más de 70 académicos, estudiantes, representantes del mundo empresarial y autoridades de Gobierno. El evento se organizó y fue financiado bajo el contexto del Programa Jatropha de FIA.

IV.5. Creación Páginas web

Con motivo difusión y muestra de resultados del proyecto se desarrolló e implementó la página web: <www.jatropha.cl> La que puede ser vista en la Figura IV.5.a.

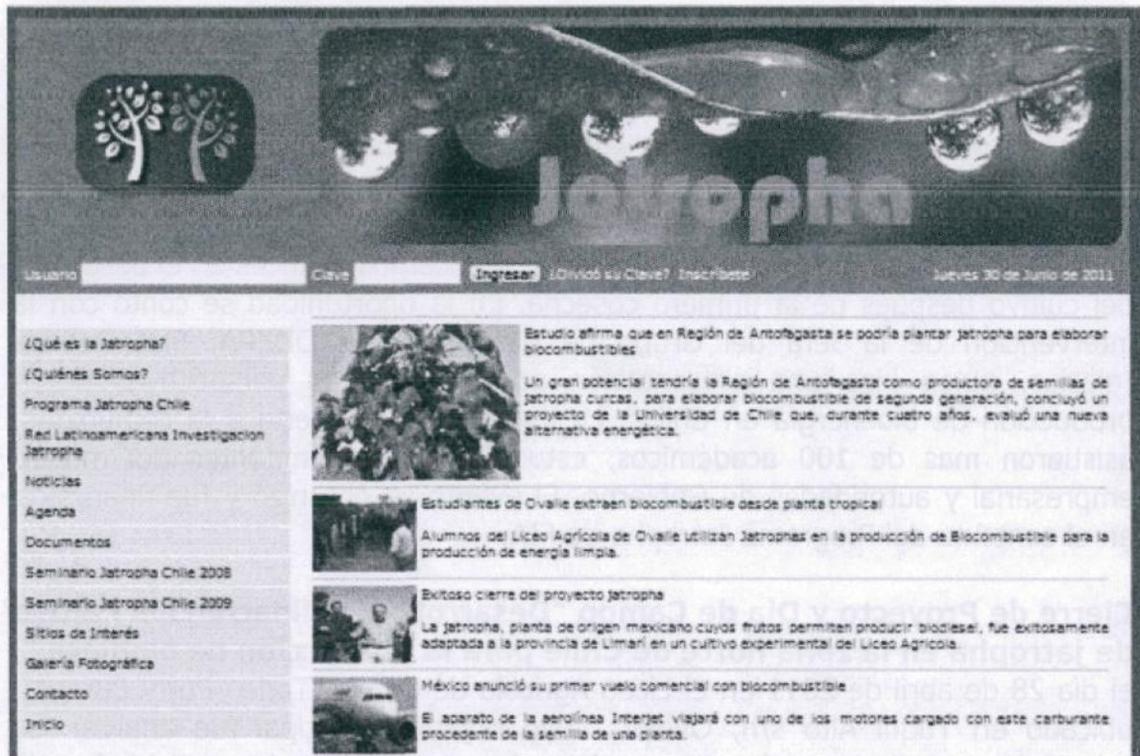


Figura IV.5.a. Vista parcial de la página de inicio del sitio: www.jatropha.cl

Como puede verse en la Figura IV.5.a. la página posee diversos menús sobre el proyecto, la Jatropha, Noticias de prensa, Descarga de documentos, Información sobre las actividades de difusión, links de interés, galería de fotos, entre otros.

IV.6. Tesis postgrado y pregrado

IV.6.1. Tesis Postgrado

Felipe Parada. 2011 Estimación de eficiencia del uso del agua y K_{DPV} en plantas jóvenes de *Jatropha curcas* L. Facultad de Ciencias Agronómicas. Universidad de Chile. Memoria para optar al título de Magíster (en desarrollo).

IV.6.2. Tesis Pregrado

Felipe Medina Marín. 2011 Establecimiento de un protocolo de propagación *in vitro* de *Jatropha curcas* a partir de explantes foliares. Facultad de Ciencias. Universidad de Chile. Memoria para optar al título profesional de Ingeniería en Biotecnología Molecular (en desarrollo).

Felipe Labra Oyanedel. 2010. Zonificación agroecológica preliminar para el establecimiento de áreas potenciales del cultivo de Jatropha. Facultad de Ciencias Agronómicas. Universidad de Chile. Memoria para optar al título profesional de Ingeniero en Recursos Naturales Renovables.



Kevin Vázquez Kiesel. 2009. Zonificación agroecológica preliminar para el establecimiento de áreas potenciales del cultivo de *Jatropha*. Facultad de Ciencias Agronómicas. Universidad de Chile. Memoria para optar al título profesional de Ingeniero en Recursos Naturales Renovables.

IV.7. Prácticas profesionales

Leticia Acosta Barrera. Estudio de la germinación de semillas de *Jatropha curcas* ecotipo no toxico. Carrera de Ingeniería de Ejecución en Agronomía. **Instituto Profesional Duoc-UC**. Desde Marzo 2009- Junio 2009.

Jonathan Lagos Tobar. Estudio de la germinación de semillas de *Jatropha curcas* ecotipo toxico. Carrera de Ingeniería de Ejecución en Agronomía **Instituto Profesional Duoc-UC**. Desde abril 2009-Junio 2009.

Felipe Medina Marín. Establecimiento de un protocolo de propagación *in vitro* de *Jatropha curcas* a partir de explantes foliares. Carrera de Ingeniería en Biotecnología Molecular. **Facultad de Ciencias. Universidad de Chile**. Desde Septiembre 2008-Diciembre 2009.



ANEXOS

Anexo 1. *Jatropha curcas*

Jatropha curcas L. es una especie perteneciente a la familia de las Euforbiáceas, la misma de la higuera (*Ricinus communis* L.), yuca (*Manihot esculenta* Crantz) y caucho (*Hevea brasiliensis* [Willd. ex Adr. Juss.] Muell. Arg.). Se presume que el origen de la jatropha es en América Central (Heller, 1996).

A.1.2. Descripción Botánica

Jatropha curcas L. (Figura A.1.2.a.) es un árbol pequeño o un gran arbusto que puede llegar a medir entre 5 y 7 m de altura (Heller, 1996; Kumar y Sharma, 2008; Román *et al.*, 2009), pero que bajo condiciones óptimas puede llegar inclusive hasta 8 o 10 m de alto (Kumar y Sharma, 2008). Su tronco es recto, con madera suave y corteza de color blanquecino o grisáceo. Las ramas crecen de manera horizontal y son delgadas, contienen látex en su interior que es de color blanco, lechoso o amarillento (Kumar y Sharma, 2008; Román *et al.*, 2009).



Figura A.1.2.a. Árbol completo de *Jatropha curcas*.

Las hojas pueden tener un comportamiento perennifolio o caducifolio, dependiendo del lugar en que se encuentre la planta. En su ambiente natural las hojas son perennes, mientras que en zonas donde las temperaturas son bajas, normalmente tienen un comportamiento deciduo (Singh *et al.*, 2006; Román *et al.*, 2009), su copa en ancha e irregular (Joerdens-Roettger, 2007). Las hojas son palmatífidas y se disponen de manera alternada en el tallo, tienen entre 4 y 7 lóbulos acuminados. En los primeros estados de desarrollo son de color violeta pálido o violeta, pasando posteriormente a una tonalidad verde amarillenta, cuando maduran toman una tonalidad verde oscuro, miden entre 6 y 15 cm de largo y ancho (Heller, 1996; Román *et al.*, 2009), aunque en algunos casos, podrían llegar hasta 40 cm de largo y 35 cm de ancho (Joerdens-Roettger, 2007).



Las flores de color amarillo verdoso son monoicas y unisexuales (diclino), en ocasiones pueden darse flores hermafrodita. Se encuentran agrupadas en inflorescencias cimosas denominadas dicasio (Figura A.1.2.b.), las que se posicionan de manera terminal en las ramas (Dehgan y Webster, 1979; Heller, 1996), por cada inflorescencia se producen alrededor

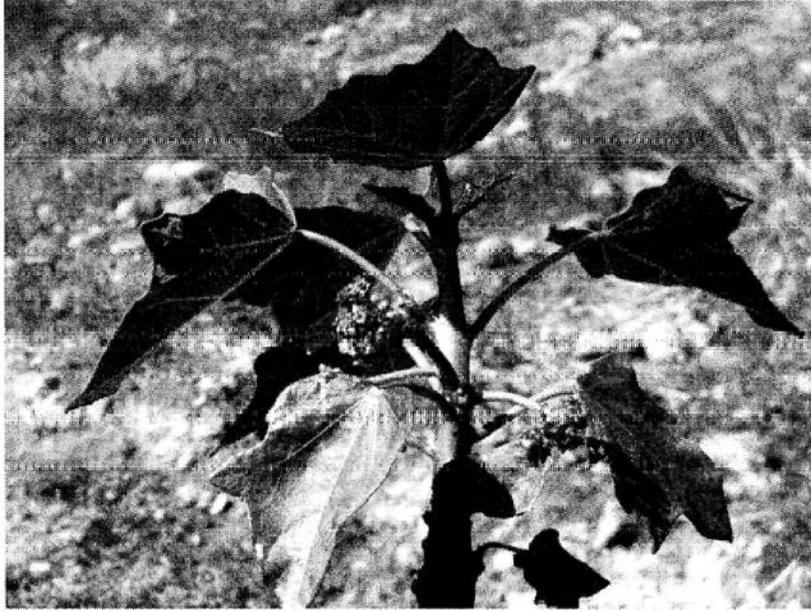


Figura A.1.2.b. Hojas e inflorescencias de *Jatropa curcas*.

de 10 frutos (Kumar y Sharma, 2008). La flor central es la pistilada (femenina), mientras que las laterales son grupos de flores estaminadas (masculinas) (Dehgan y Webster, 1979). En cada inflorescencia pueden haber entre 1 a 5 flores femeninas y entre 25 a 93 flores masculinas (Singh *et al.*, 2006). La diferencia entre las flores masculinas y femeninas se da en que las femeninas son un poco más grandes que las masculinas y en que las brácteas de las femeninas son acuminadas, mientras que las masculinas son aovadas (Heller, 1996; Singh *et al.*, 2006; Román *et al.*, 2009).

El fruto, trilobular, es una cápsula drupácea, con forma elipsoidal que mide entre 2,5 y 4 cm de largo y de 2 a 2,5 cm de ancho, son de color verde a café



Figura A.1.2.c. Frutos de *Jatropa curcas*.

oscuro o negra (Figura A.1.2.c.). El exocarpo se mantiene fresco en el fruto hasta que las semillas maduran, posteriormente se forman tres "coquitos" (Dehgan y Webster, 1979). Cada fruto contiene alrededor de 3 semillas, una por cada lóculo, tienen forma oblonga, son de color negro y



miden de 2 a 3 cm de largo y 1 cm de ancho (Dehgan y Webster, 1979; Singh *et al.*, 2006; Román *et al.*, 2009).

A.1.3. Planta Multipropósito

Son múltiples los usos que se le puede dar a esta planta. Uno de los principales es su utilización como barrera natural, principalmente cubriendo cultivos agrícolas, ya que al existir variedades tóxicas y al ser impalatable para los animales evita que estos lleguen a los cultivos. Estas barreras también pueden emplearse para controlar la erosión o recuperar suelos degradados (Heller, 1996; Singh *et al.*, 2006; Kumar y Sharma, 2008).

Las hojas y las semillas pueden ser empleadas como alimentos en algunas situaciones. *Jatropha* es una especie que generalmente es considerada como tóxica, debido a la presencia de esteroides de forbol, curcín y otros componentes (Hell, 1996; Achten *et al.*, 2008; Gressel, 2008; Behera *et al.*, 2010), pero se han encontrado en zonas de México y de Centro América algunas variedades no-tóxicas, que contienen menos del 5% de esteroides de forbol (Hell, 1996; Gressel, 2008). Precisamente son estas variedades las que son consumidas en algunas zonas de México. De todos modos, las hojas y algunas partes del fruto son cocidos o asados para poder ingerirlos (Hell, 1996; Kumar y Sharma, 2008).

El aceite que se extrae de las semillas puede ser empleado de distintas formas. El uso más común es para la producción de biodiesel, aunque también se utiliza para el tratamiento de algunas enfermedades dermatológicas y para aliviar el dolor producido por el reumatismo (Hell, 1996; Kumar y Sharma, 2008). El aceite se puede emplear como insecticida o molusquicida, gracias a los esteroides de forbol, los que son biológicamente tóxicos (Adebowale y Abedire, 2006; Biswas *et al.*, 2006; Kumar y Sharma, 2008). El otro uso que se le da al aceite es como lubricante en motores de baja revolución (Biswas *et al.*, 2006).

La extracción del aceite desde las semillas produce dos subproductos. La glicerina que se obtiene luego del proceso de transesterificación, se emplea en la fabricación de jabones, tanto para uso humano como veterinario (Biswas *et al.*, 2006; Kumar y Sharma, 2008). La torta de molienda se puede ocupar de variadas formas. Al igual que las otras partes del árbol, la torta también posee componentes tóxicos que la imposibilitan para ser empleada en alimentación, pero por medio de procesos químicos es posible disminuir su toxicidad y de esa manera servir para alimentación de ganado (Biswas *et al.*, 2006). Gracias a su toxicidad, también es posible emplearla como biocida, empleándose para una amplia gama de especies (Biswas *et al.*, 2006; Achten, 2008). El uso más común de la torta de molienda es como fertilizante, su composición tiene abundante contenido de nitrógeno, convirtiéndola en un excelente abono para el suelo. En la actualidad se está estudiando la posibilidad de emplear la torta para la producción de biogás y para la producción de enzimas por fermentación



GOBIERNO DE
CHILE
FUNDACIÓN PARA LA
INNOVACIÓN AGRARIA

del estado sólido, siendo considerada como una fuente de bajo costo (Kumar y Sharma, 2008; Mahanta *et al.*, 2008).



Anexo 2. Zonificación agroclimática de *Jatropha curcas*

A.2.1. Método

A.2.1.1. Descripción general

La evaluación de la aptitud de la tierra para el cultivo de *Jatropha* se basó en la metodología establecida por la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) en su esquema para la evaluación de tierras denominada Zonificación Agro-ecológica (ZAE) (FAO, 1997).

La identificación de áreas con distinto potencial se realizó mediante un modelo de evaluación definido para analizar y relacionar las variables agroecológicas determinantes para el establecimiento del cultivo, las cuales se identificaron por revisión de fuentes secundarias. La implementación del modelo de evaluación se realizó mediante tecnología SIG para la generación, manipulación y tratamiento de modelos digitales de terreno (MDT) referentes a la distribución espacial de variables de relevancia para la identificación áreas de interés.

Las zonas agroecológicas clasificadas según niveles de aptitud se presentaron en una cartografía de síntesis que muestra las áreas potenciales para el establecimiento de la *Jatropha*. En Figura A.2.1.1.a. se presenta un esquema resumen del procedimiento anteriormente descrito.

A.2.1.2. Modelo de evaluación

Según la revisión de reportes de experiencias internacionales sobre el cultivo de la *Jatropha* se seleccionó una colección de parámetros climáticos y edáficos, con sus respectivos valores críticos para la adaptación del cultivo. Estos parámetros se combinaron en un modelo de decisión simple, del tipo factor limitante, vale decir que excluye aquellas zonas donde cualquiera de las variables esté fuera del rango de adaptación. Dentro de las zonas cuyas variables descriptoras están dentro de los rangos de adaptación, se realizó una clasificación de los rangos de aptitud. Los rangos de aptitud se construyeron en función de información secundaria.

Las variables climáticas consideradas en el modelo de evaluación son la temperatura mínima media mensual, temperatura media anual y déficit hídrico potencial anual. Las variables edáficas corresponden a pH, textura, profundidad y clase de drenaje. Adicionalmente se consideró un factor de geoforma.

Se consideró también en el modelo de evaluación un criterio de uso actual de la tierra. Este criterio establecido dice relación con la identificación de sectores no utilizados o subutilizados por la agricultura, los cuales presenten condiciones que permitan ampliar la frontera agrícola con el establecimiento de cultivos como la *jatropha*. También se consideró como limitante la existencia de áreas



protegidas o situaciones que no permitan el establecimiento de este o cualquier otro cultivo, como por ejemplo la inexistencia de suelos. La Figura A.2.1.2.a. muestra un esquema general del modelo de evaluación.

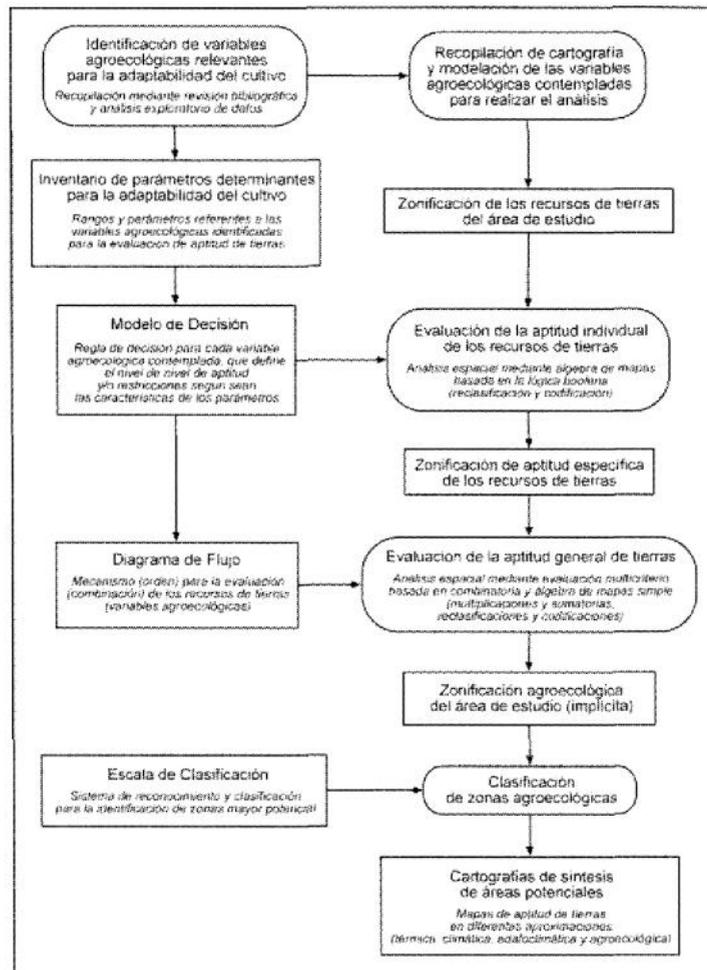


Figura A.2.1.1.a. Esquema del procedimiento metodológico ejecutado para la identificación de áreas con potencial para el cultivo de *Jatropha curcas*.

A.2.1.3. Obtención de las variables de evaluación

Las variables edáficas utilizadas se obtuvieron de distintas fuentes dependiendo de la disponibilidad de información en cada área geográfica. Para las regiones comprendidas entre Valparaíso y Biobío, se dispuso de información proveniente de la World Soil Information, correspondiente a cartografía de clases de capacidad de uso 1: 50.000 levantado por el Instituto de Investigaciones de Recursos Naturales. Para el área comprendida entre la región de Antofagasta y de Coquimbo, solamente se pudo disponer de cartografía mucho más general, correspondiente a Asociaciones de Grandes Grupos de Suelos de Chile. Ambas fuentes de información tienen escalas y sistemas de clasificación muy diferentes, de manera que se realizó un análisis de interpretación de los datos en categorías generales de aptitud para formar una sola cartografía de



propiedades edáficas. La diferencia de escala se compensó reduciendo la escala de la fuente más detallada e incorporando un análisis de las geoformas para mejorar la información.

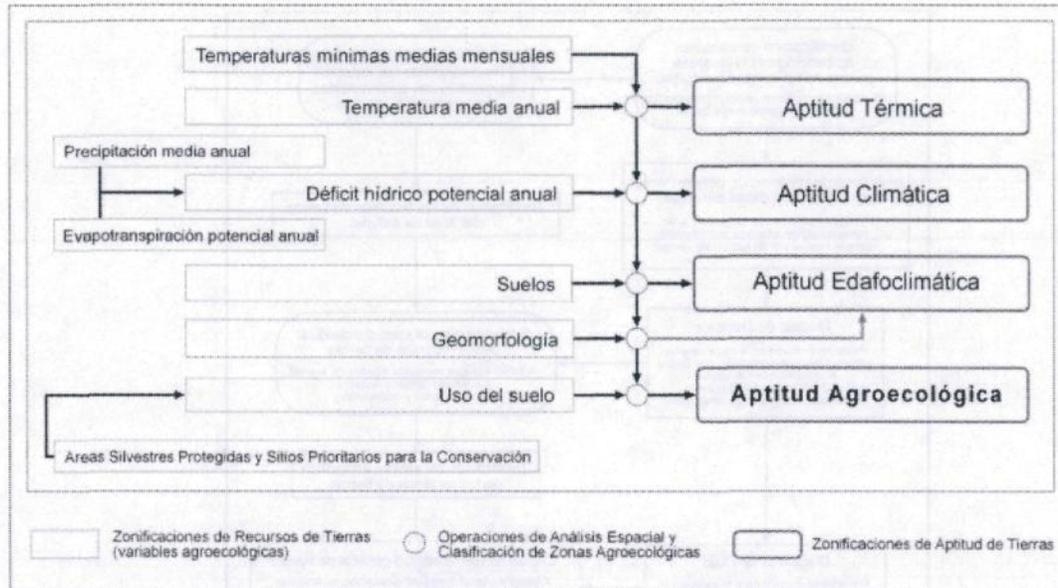


Figura A.2.1.2.a. Esquema general del modelo de evaluación

El análisis de geoformas que se utiliza como auxiliar y como parte de de las variables del modelo de decisión, corresponde a una interpretación de un modelo digital de elevación para delimitar formas básicas del paisaje. El MDT generado, presenta el relieve y superficie terrestre con los componentes Cuerpos de agua, Valle, Terreno Ondulado, Cerros y Montañas. Estas variables cualitativas tienen interpretación directa en la adaptación agroecológica (Figura A.2.1.3.a.).

Las variables climáticas se construyeron a partir de datos de estaciones meteorológicas mediante una técnica combinada de interpolación geoestadística y trazado experto. Esta técnica permitió obtener modelos digitales de terreno para distintas variables a una escala de 1:250.000. En la Figura A.2.1.3.b. se muestra un modelo de precipitación media anual para la zona comprendida entre la región metropolitana de Santiago y la región del Biobío.

A.2.2. Resultados

El análisis de la aptitud de la tierra para el cultivo de *Jatropha* para el área comprendida entre las regiones de Antofagasta y Valparaíso permite concluir que las zonas con mayor potencial se encuentran concentradas en esta última región, específicamente en las comunas de La Ligua, Papudo, Zapallar, Puchuncaví, Quintero, Limache y Casablanca. En total se pudo identificar en esta región aproximadamente 8.000 hectáreas con muy buena aptitud térmica,



déficit hídrico moderado y suelos cuyas limitaciones sólo requieren leves prácticas de manejo.

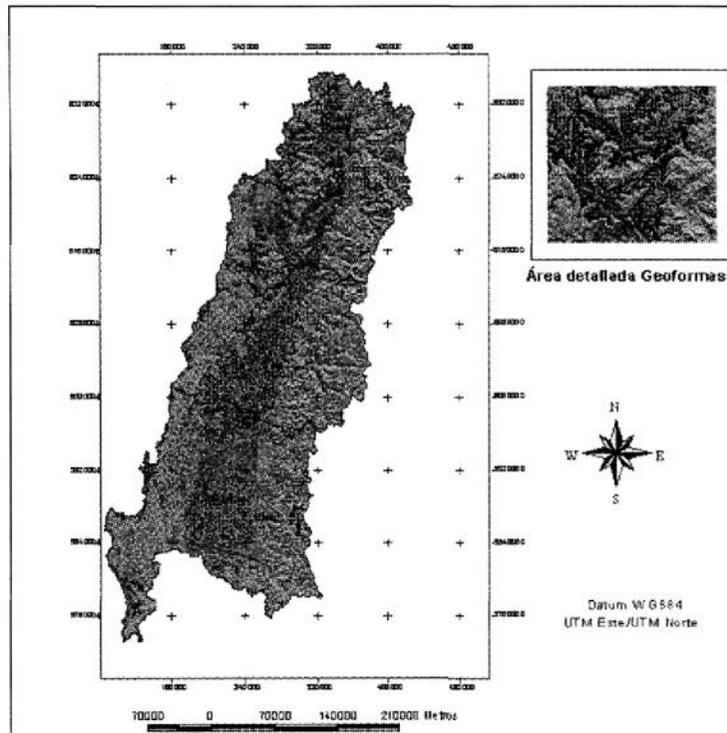


Figura A.2.1.3.a. Modelo de geformas para el área geográfica comprendida entre la región Metropolitana de Santiago y la región de Biobío.

En las regiones de Antofagasta y Atacama existen aproximadamente 500.000 y 400.000 hectáreas respectivamente, las cuales manifiestan muy buena aptitud térmica pero niveles de déficit hídrico extremos y suelos con limitaciones que requieren prácticas de manejo y conservación especiales para posibilitar un establecimiento adecuado del cultivo. En la región de Coquimbo existen aproximadamente 50.000 hectáreas con muy buena aptitud térmica (el 80% presenta restricciones térmicas leves) pero con niveles de déficit hídrico severos y suelos que requieren moderadas a severas prácticas de manejo y conservación.

La Figura A.2.2.a. muestra la cartografía de síntesis elaborada para representar la ubicación de los terrenos con mejor potencial para el establecimiento del cultivo de la *Jatropha* en el área comprendida entre la región de Antofagasta y Valparaíso.

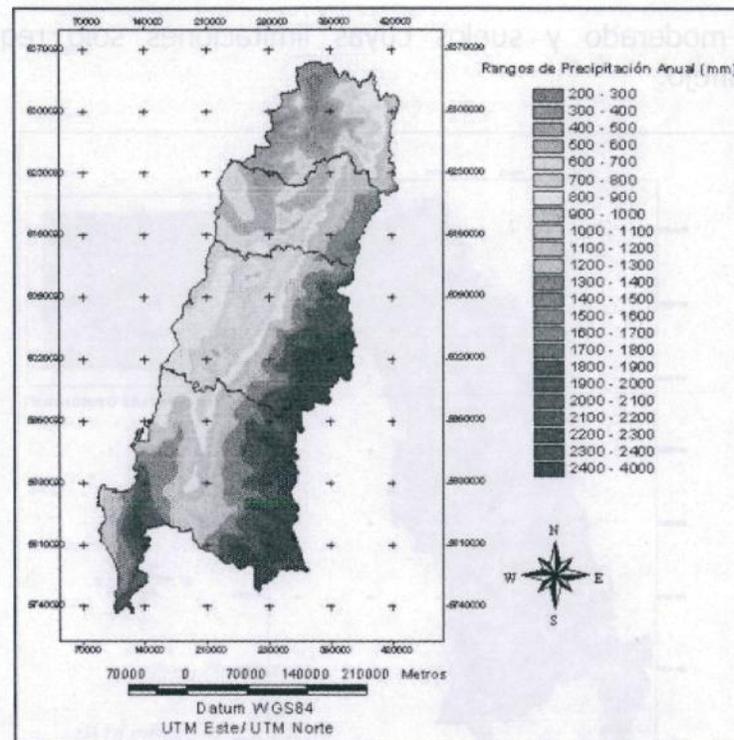


Figura A.2.1.3.b. Modelo de temperatura media anual para el área geográfica comprendida entre la región Metropolitana de Santiago y la región de Biobío

En esta cartografía resumen, las categorías Muy Apta, Apta y Marginal imprimen nuevamente la aptitud térmica de las zonas agroecológicas; considerando Muy Apta incluso hasta cuando existe restricción térmica leve (Muy Apta/T1 - DH1 o DH2), Apta siempre que el déficit hídrico sea leve o moderado (T1 o T2 - DH1 o DH2), y Marginal para todos los casos (independiente de las categorías de restricción que se hayan identificado anteriormente) debido a la complejidad de hacer frente a temperaturas bajas mediante métodos convencionales y la baja productividad de semillas que se puede llegar a obtener en estas condiciones térmicas adversas en función de los fines bioenergéticos de la introducción del cultivo. Por otro lado, la categoría "DH" refleja que las zonas presentan un déficit hídrico muy alto (DH3 y DH4) que implica que el requerimiento hídrico potencial del cultivo puede ser muy complejo de satisfacer; si no presenta esta categoría se asume que las zonas presentan un déficit hídrico que es más factible de solucionar con riego (DH1 y DH2), considerando que existe disponibilidad de agua para estos fines. Finalmente además, se conservó en esta síntesis la identificación de los terrenos agrícolas que presentan aptitud térmica para el cultivo.

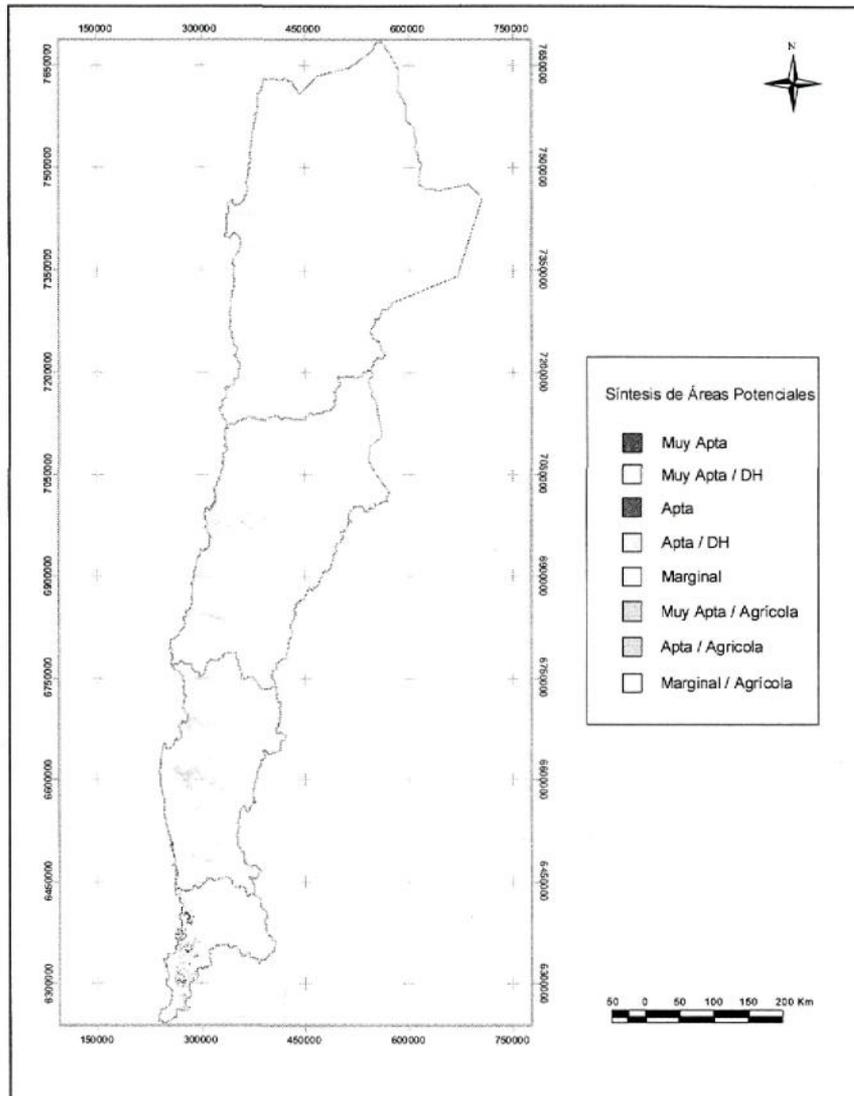


Figura A.2.2.a. Cartografía de síntesis sobre áreas con mejor potencial para el cultivo de *Jatropha curcas* entre las regiones de Antofagasta y Valparaíso, Chile.

Para el área geográfica comprendida entre la región Metropolitana de Santiago y la región del Biobío, se concluye que la Región del Libertador Bernardo O'Higgins es la que presenta la mayor superficie disponible para el cultivo de *Jatropha*, con cerca de 250.000 ha y además muestra la mayor presencia de sitios de adaptabilidad máxima y media. La superficie de los sitios considerados Muy Aptos y Aptos, son de 40.000 y 55.000 ha, respectivamente, siendo de las regiones estudiadas, la con mayor potencial productivo. Además ésta región, representa el menor impacto ecológico y alimenticio, referido a la potencialidad de remoción de comunidades vegetacionales y cambio de uso de suelo. Esto se debe a la condición de la Región que cuenta con una importante superficie de suelos degradados, relativamente pobres y con algún grado de erosión, y por presentar una superficie significativa de praderas y matorrales, sin mucha presencia de bosque nativos. A su vez también hay menor presencia de actividad forestal.



La competencia de *Jatropha* por el uso del suelo en relación al utilizado por los cultivos y plantación para alimentación humana y animal, tampoco debiera representar mayor riesgo, ya que de los sitios con nivel de adaptabilidad Muy Apto y Apto sólo representan cerca de 64 mil ha en conflicto con el uso agrícola para toda el área de estudio, siendo de todas maneras áreas que no se consideran en la suma de superficie disponible.

Las figuras A.2.2.b a la A.2.2.e. muestran la cartografía de síntesis de ubicación de los terrenos con mejor potencial para el establecimiento del cultivo de la *Jatropha* en el área comprendida entre la región de Metropolitana de Santiago y la del Biobío.

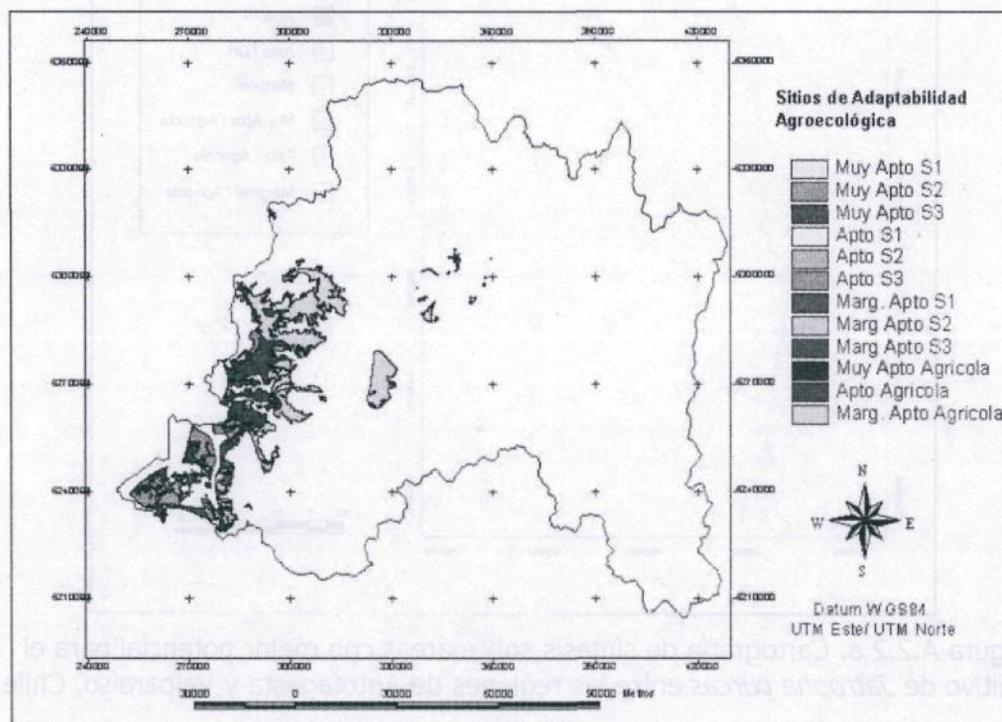


Figura A.2.2.b. Cartografía de síntesis de ubicación de los terrenos con mejor potencial para el establecimiento del cultivo de la *Jatropha* en la Región Metropolitana.

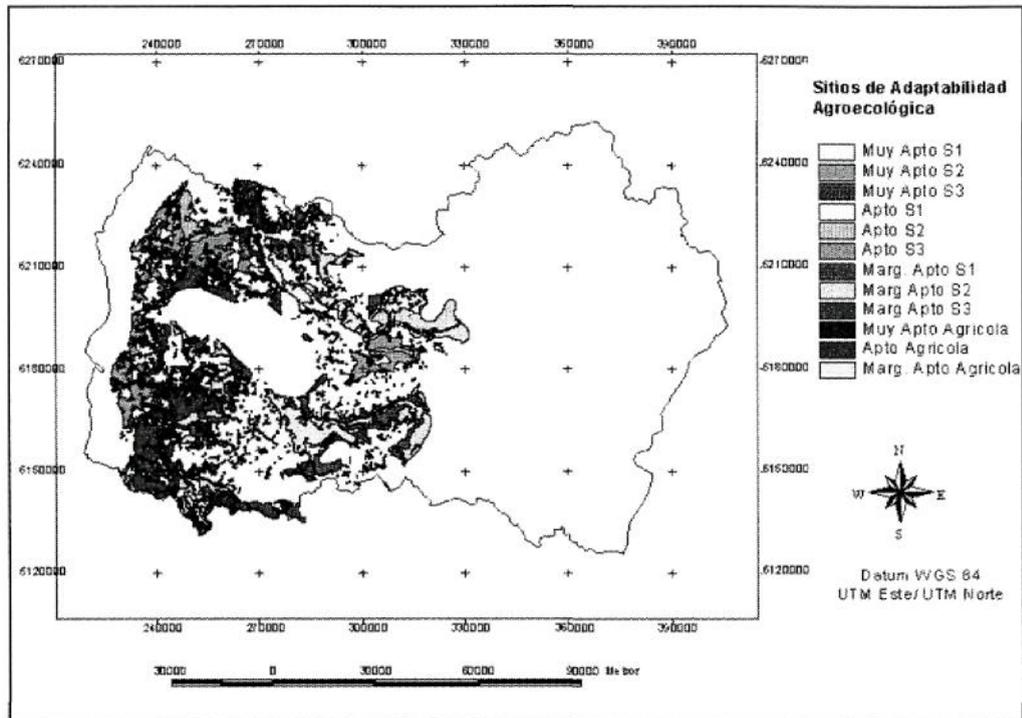


Figura A.2.2.c. Cartografía de síntesis de ubicación de los terrenos con mejor potencial para el establecimiento del cultivo de la *Jatropha* en la Región O'Higgins.

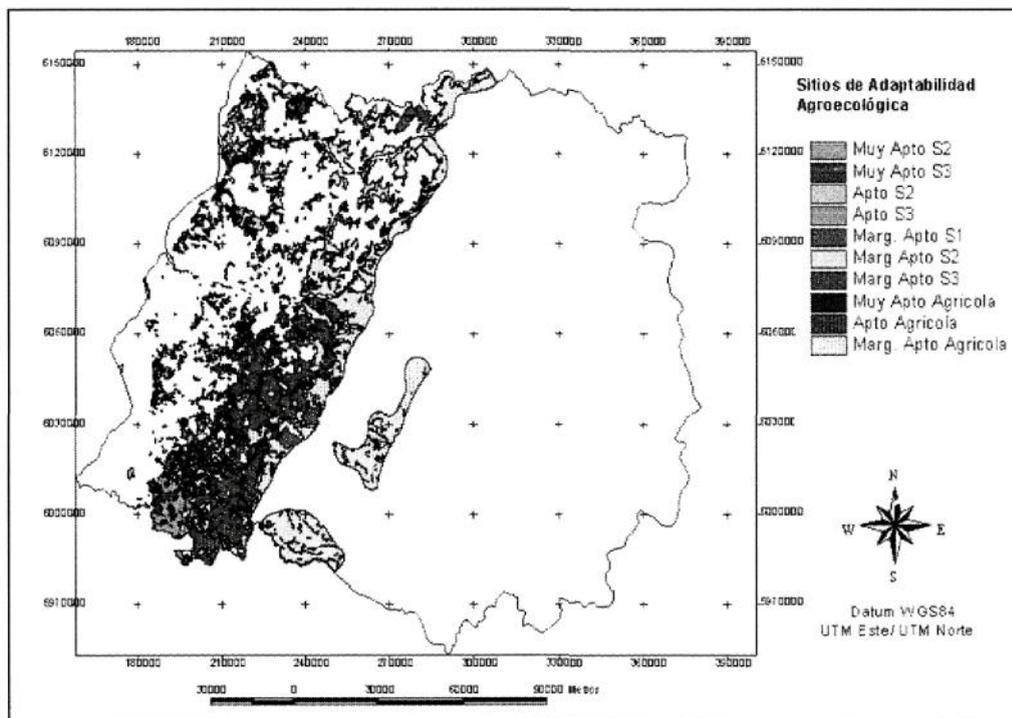


Figura A.2.2.d. Cartografía de síntesis de ubicación de los terrenos con mejor potencial para el establecimiento del cultivo de la *Jatropha* en la Región del Maule.

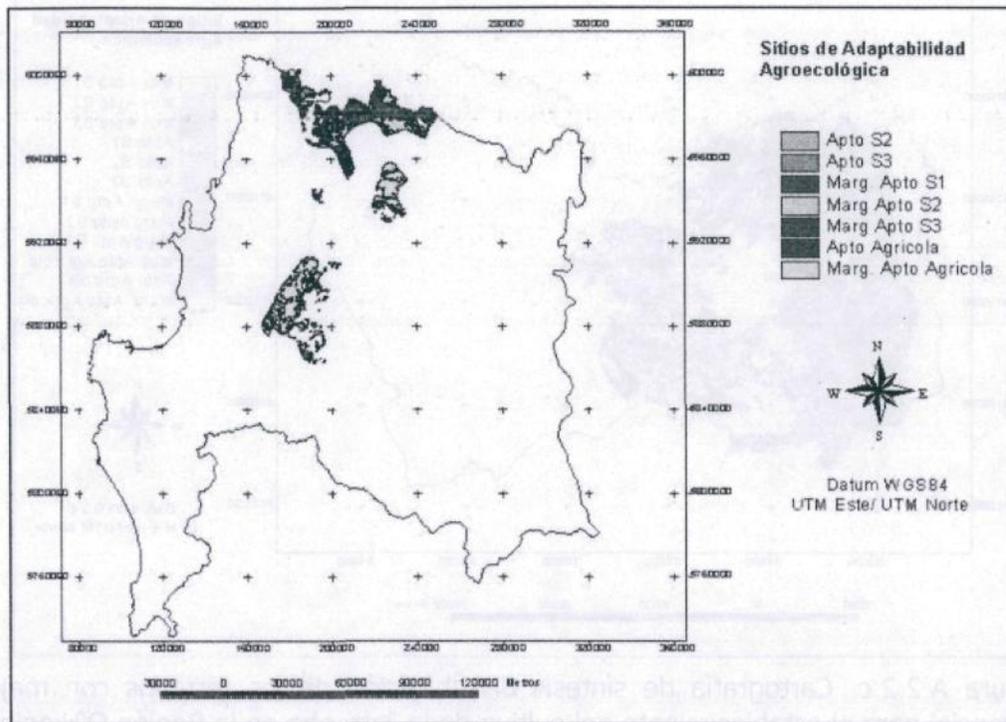
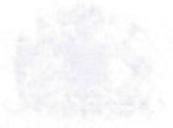


Figura A.2.2.e. Cartografía de síntesis de ubicación de los terrenos con mejor potencial para el establecimiento del cultivo de la *Jatropha* en la Región del Biobío.



Anexo 3. Parcelas experimentales

El cultivo de *Jatropha curcas* en Chile se inició durante el año 2009 con diez parcelas experimentales. Dos parcelas en la Región de Atacama, cuatro en la Región de Coquimbo, dos en la Región Metropolitana, una en la Región de O'Higgins y una en la Región del Biobío.

A continuación se dan a conocer los resultados obtenidos en ocho de las diez parcelas, en el caso de las parcelas más australes, en las regiones de O'Higgins y del Biobío, no se alcanzó a efectuar medición ya que las plantas no sobrevivieron a las condiciones agroclimáticas de esas regiones. En otros casos las plantas lograron establecerse, pero posteriormente murieron, no pudiendo continuar con sus mediciones.

A.3.1. Parcela experimental Colegio Agrícola San Félix

En el Cuadro A.3.1.a. se pueden observar la información geográfica y descriptiva de la parcela.

Cuadro A.3.1.a. Información geográfica y descriptiva de la Parcela Colegio Agrícola San Félix.

Comuna	Alto del Carmen
Provincia	Huasco
Región	Atacama
Altitud	1105 msnm
Clima	Desierto frío (Bwk')
Precipitación media anual (estimada) ¹	58,5 mm
Temperatura media anual (estimada) ¹	17,4 °C
Área de plantación (tamaño del terreno)	1.200 m ²
Distancia de plantación (diseño)	3x3
Tipo de suelo	Ladera pedregosa
Pendiente del terreno	30%
Preparación del terreno	Sin tratamiento, sólo orificio de plantación
Fecha de plantación	Mayo 2009
Nº total de plantas	110 plantas
Nº plantas vivas a la fecha (Enero 2011)	29 plantas
Obtención del agua de riego	Canal
Tipo de riego	Goteo

La ubicación geográfica de la parcela experimental del Colegio Agrícola San Félix se puede observar en la Figura A.3.1.a. En la Figura A.3.1.b. se dan a conocer las características climáticas de la estación de medición más cercana a la parcela experimental -estación meteorológica Alto del Carmen, ubicada en la comuna del mismo nombre-, se consideran esas condiciones climáticas como propias de la parcela, o al menos, como información de referencia sobre su

¹ Las precipitaciones y temperaturas estimadas, de todas las parcelas, se obtuvieron por medio de modelos topoclimáticos.



comportamiento según a) datos pluviométricos, y b) temperaturas mínimas y máximas.

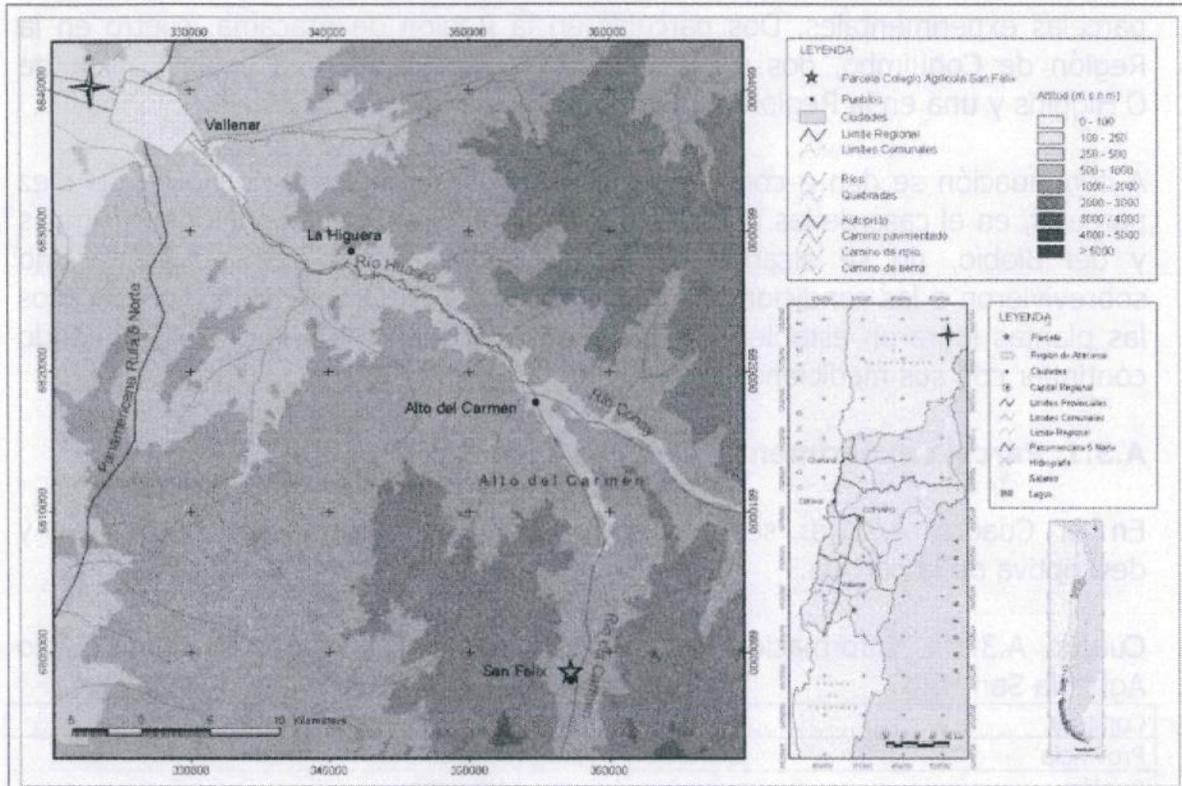
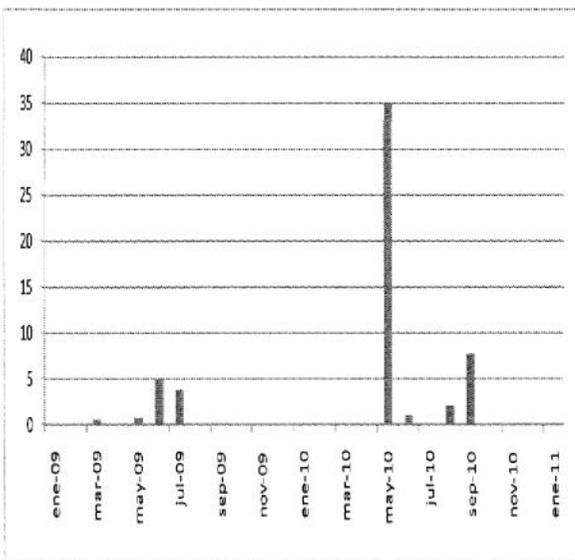
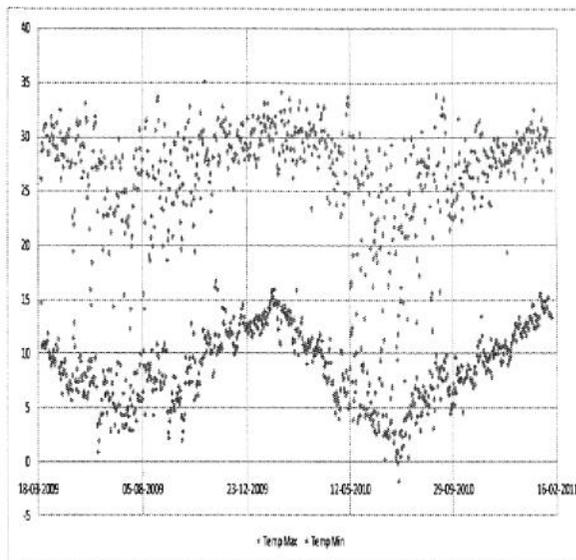


Figura A.3.1.a. Ubicación geográfica parcela experimental San Félix. (Elaboración: Labra y Astorga, 2009).

En la estación Alto del Carmen, durante el año 2010 la temperatura media del mes más frío alcanzó los 11,5 °C (Julio), mientras la temperatura media del mes más cálido llegó hasta 22 °C (Enero). Las precipitaciones durante el mismo año alcanzaron los 46,1 mm año⁻¹, siendo Mayo cuando se registró el máximo con 35,2 mm. Si se comparan con las precipitaciones del año 2009 se registró una fuerte alza, ya que durante ese año sólo se precipitaron 10,28 mm año⁻¹. Las precipitaciones media en la zona fluctúan entre 42 mm año⁻¹ en Freirina y 85 mm año⁻¹ en El Tránsito (Juliá *et al.*, 2008), encontrándose ambos años con un déficit en las precipitaciones anuales.



a)



b)

Figura A.3.1.b. Condiciones climáticas estación Alto del Carmen a) Datos pluviométricos de la estación (mm mes^{-1}) y b) Temperaturas máxima y mínima de la estación ($^{\circ}\text{C}$), durante el periodo de estudio (Fuente: Elaboración propia con datos obtenidos de Sistema Agroclimático FDF-INIA-DMC).

A.3.1.1. Características en el crecimiento de *Jatropha curcas* en la parcela Colegio Agrícola San Félix

Según las mediciones efectuadas durante el periodo de estudio (Cuadro A.3.1.1.a.), indican que *Jatropha* ha logrado adaptarse a las condiciones climáticas en la parcela de San Félix, mostrando un desarrollo al alza en cada una de las mediciones efectuadas. La única excepción se da en Enero del 2001, debido a que antes del periodo de elongación las plantas son podadas para favorecer el desarrollo floral, por lo que durante las mediciones realizadas en esa fecha, se presenta un disminución en la altura de las plantas (Achten *et al.*, 2008; Behera *et al.*, 2010).

Cuadro A.3.1.1.a. Evolución en el desarrollo de *Jatropha curcas* durante el periodo de estudio en la parcela de San Félix.

	Altura (m)					Diámetro del tallo (cm)				
	mar-09	ene-10	abr-10	sep-10	ene-11	mar-09	ene-10	abr-10	sep-10	ene-11
Valor Máximo	0,33	0,4	0,77	0,89	0,43	1,51	2,3	3,4	4,5	4,6
Valor Mínimo	0,11	0,06	0,07	0,04	0,05	0,23	0,6	0,4	0,8	0,6
Promedio	0,22	0,2	0,33	0,35	0,19	0,97	1,3	1,8	2,1	2,3
Desv. Estándar	0,04	0,07	0,16	0,19	0,1	0,13	0,5	0,8	0,9	1,1

A.3.2. Parcela experimental Tatara

En el Cuadro A.3.2.a. se pueden observar la información geográfica y descriptiva de la parcela.



Cuadro A.3.2.a. Información geográfica y descriptiva de la Parcela Tatará.

Comuna	Freirina
Provincia	Huasco
Región	Atacama
Altitud	216 msnm
Clima	Desértico con nublados abundantes (BWn)
Precipitación media anual (estimada)	39,25 mm
Temperatura media anual (estimada)	16,4 °C
Área de plantación (tamaño del terreno)	2.500 m ²
Distancia de plantación (diseño)	2,5x2,5
Tipo de suelo	Arenoso arcilloso
Pendiente del terreno	2%
Preparación del terreno	Aradura, rastreado y surcado
Fecha de plantación	Enero 2009
Nº total de plantas	320 plantas
Nº plantas vivas a la fecha (Enero 2011)	87 plantas
Obtención del agua de riego	Vertiente
Tipo de riego	Surco

La ubicación geográfica de la parcela experimental del Colegio Agrícola San Félix se puede observar en la Figura A.3.2.a. En la Figura A.3.2.b. se dan a conocer las características climáticas de la estación de medición más cercana a la parcela experimental -estación meteorológica Vallenar, ubicada en la comuna de Freirina-, se consideran esas condiciones climáticas como propias de la parcela, y se utiliza como información de referencia sobre su comportamiento climático según a) datos pluviométricos, y b) temperaturas mínimas y máximas.

En la estación Vallenar, durante el año 2010 la temperatura media del mes más frío alcanzó los 9,7 °C (Julio), mientras la temperatura media del mes más cálido llegó hasta 18,5 °C (Febrero). Las precipitaciones durante el mismo año alcanzaron los 27,2 mm año⁻¹, siendo Agosto cuando se registró el máximo con 11,86 mm. Si se comparan con las precipitaciones del año 2009 se registró una fuerte alza, ya que durante ese año precipitaron 14,09 mm año⁻¹. Las precipitaciones media en Freirina alcanzan los 42 mm año⁻¹ (Juliá *et al.*, 2008), encontrándose una gran diferencia entre las precipitaciones promedios y las que realmente han caído en los últimos dos años.

A.3.2.1. Características en el crecimiento de *Jatropha curcas* en la parcela Tatará

Según las mediciones efectuadas durante el periodo de estudio (Cuadro A.3.2.1.a.), indican que *Jatropha* ha logrado adaptarse a las condiciones climáticas en la parcela de Tatará, mostrando un desarrollo estable en la altura, mientras que en el diámetro del tallo muestra un crecimiento de 43%, entre la fecha del establecimiento y de la última medición (Enero del 2011).

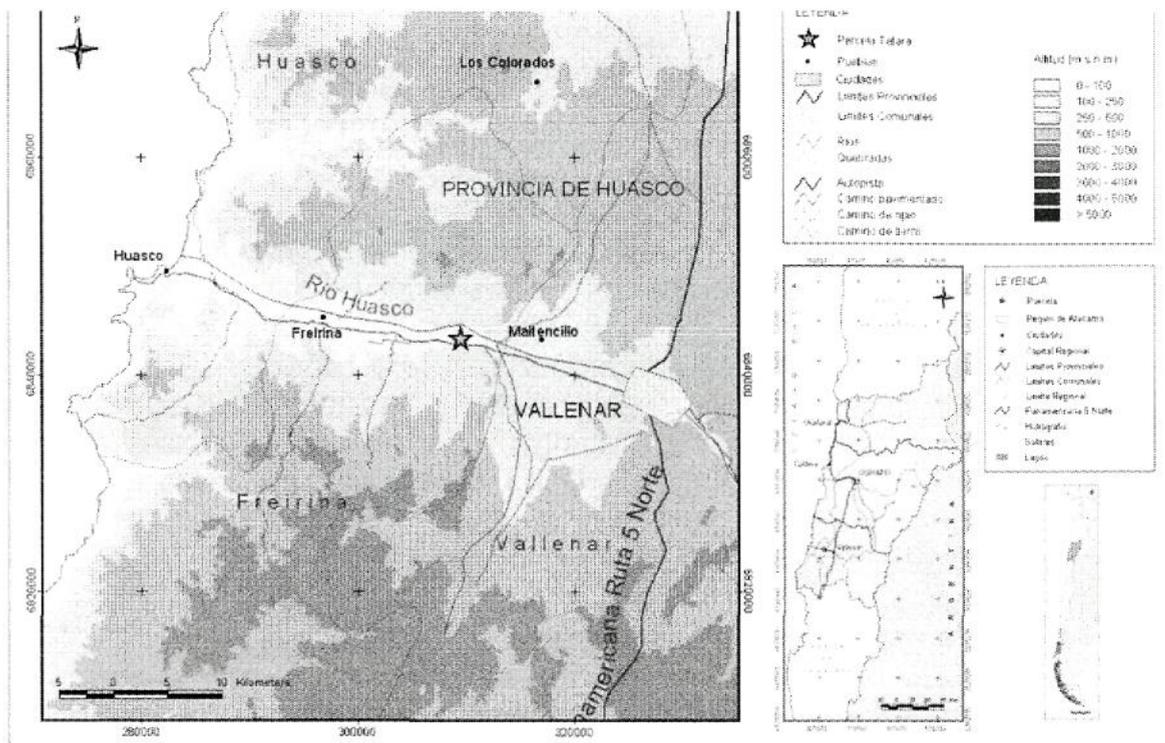


Figura A.3.2.a. Ubicación geográfica parcela experimental Tatará. (Elaboración: Labra y Astorga, 2009).

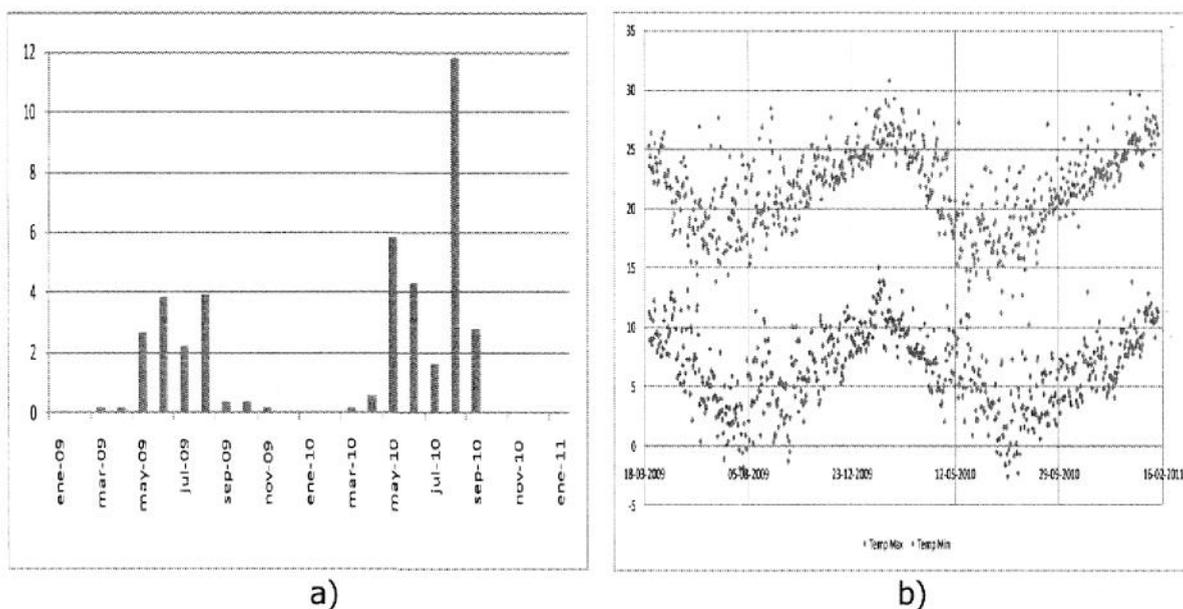


Figura A.3.2.b. Condiciones climáticas estación Vallenar a) Datos pluviométricos de la estación (mm mes^{-1}) y b) Temperaturas máxima y mínima de la estación ($^{\circ}\text{C}$), durante el periodo de estudio (Fuente: Elaboración propia con datos obtenidos de Sistema Agroclimático FDF-INIA-DMC).

Cuadro A.3.2.1.a. Evolución en el desarrollo de *Jatropha curcas* durante el periodo de estudio en la parcela Tatará.

	Altura (m)					Diámetro del tallo (cm)				
	mar-09	ene-10	abr-10	sep-10	ene-11	mar-09	ene-10	abr-10	sep-10	ene-11
Valor Máximo	0,33	0,26	0,36	0,35	0,34	1,51	1,80	2,36	2,75	2,58
Valor Mínimo	0,11	0,15	0,09	0,09	0,05	0,23	1,06	0,57	0,79	0,85
Promedio	0,22	0,19	0,23	0,21	0,19	0,97	1,44	1,63	1,57	1,61
Desv. Estándar	0,04	0,03	0,06	0,06	0,06	0,13	0,21	0,33	0,46	0,43



A diferencia de lo ocurrido en la parcela de San Félix, en este caso no fue necesario podar las plantas ya que no existe un gran desarrollo aéreo, y las plantas que sobrevivieron no mostraron efectos negativos por la ocurrencia de heladas, por lo que no presentaban partes quemadas. Al encontrarse en suelos salinos, las plantas disminuyen su crecimiento y productividad (Girija *et al.*, 2002), a excepción de cuando existen especies halófitas o variedades -de especies no halófitas- que sean resistentes a estrés salino (Roussos *et al.*, 2006), por lo que el casi nulo crecimiento demostrado por las plantas de *Jatropha* es normal para sus condiciones, al menos, hasta que se encuentren o obtengan variedades resistentes a suelos salinos.

A.3.3. Parcela experimental Las Cardas

En el Cuadro A.3.3.a. se pueden observar la información geográfica y descriptiva de la parcela.

La ubicación geográfica de la parcela experimental Las Cardas se puede observar en la Figura A.3.3.a. En la Figura A.3.3.b. se dan a conocer las características climáticas de la estación de medición más cercana a la parcela experimental -estación meteorológica Recoleta, ubicada en la comuna de Ovalle-, se consideran esas condiciones climáticas como propias de la parcela. La parcela de Las Cardas se encuentra en el límite comunal entre Coquimbo y Ovalle, por lo que se puede considerar la información de la estación Recoleta como información de referencia sobre su comportamiento climático según a) datos pluviométricos, y b) temperaturas mínimas y máximas.

Cuadro A.3.3.a. Información geográfica Parcela Las Cardas.

Comuna	Coquimbo
Provincia	Elqui
Región	Coquimbo
Altitud	233 msnm
Clima	Semiárido templado con lluvias invernales (BSks)
Precipitación media anual (estimada)	93,25 mm
Temperatura media anual (estimada)	14,8 °C
Área de plantación (tamaño del terreno)	2.400 m ²
Distancia de plantación (diseño)	3,0x3,0
Tipo de suelo	Franco arcilloso
Pendiente del terreno	3%
Preparación del terreno	Aradura, rastreado y surcado
Fecha de plantación	Diciembre 2008
Nº total de plantas	288 plantas
Nº plantas vivas a la fecha (Enero 2011)	245 plantas
Obtención del agua de riego	Pozo profundo
Tipo de riego	Goteo

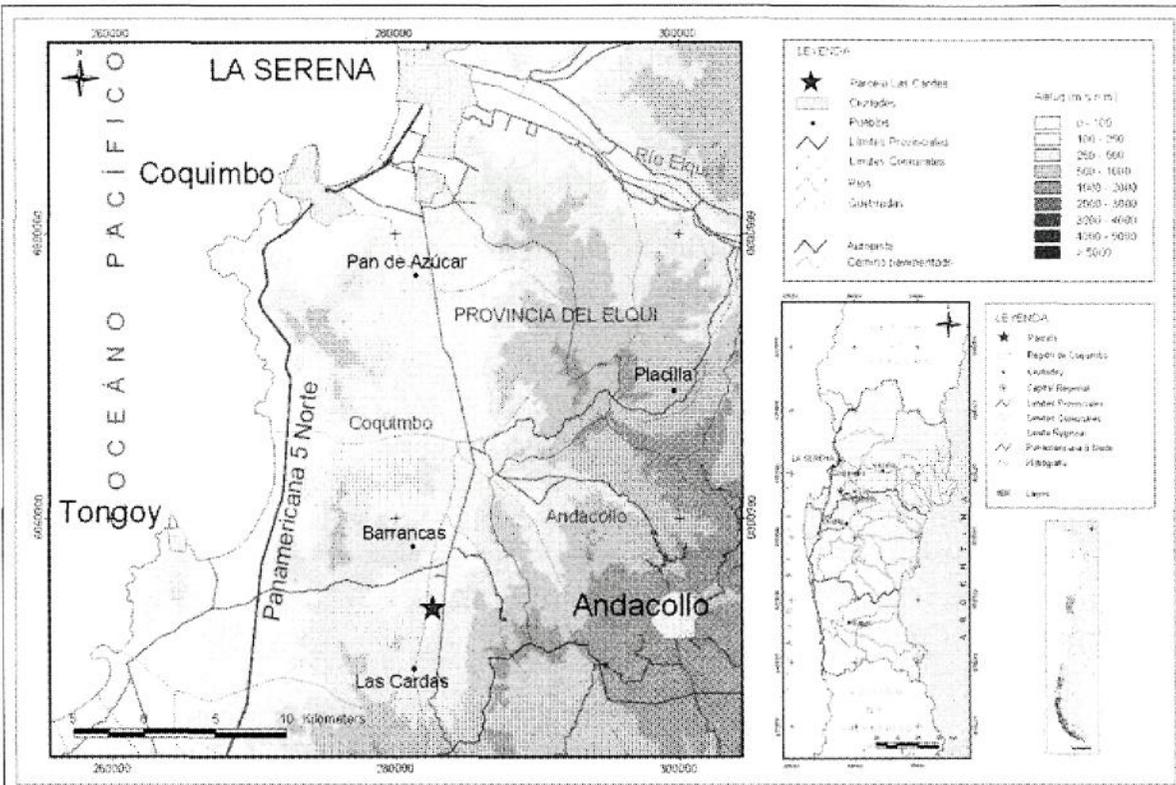


Figura A.3.3.a. Ubicación geográfica parcela experimental Las Cardas. (Elaboración: Labra y Astorga, 2009).

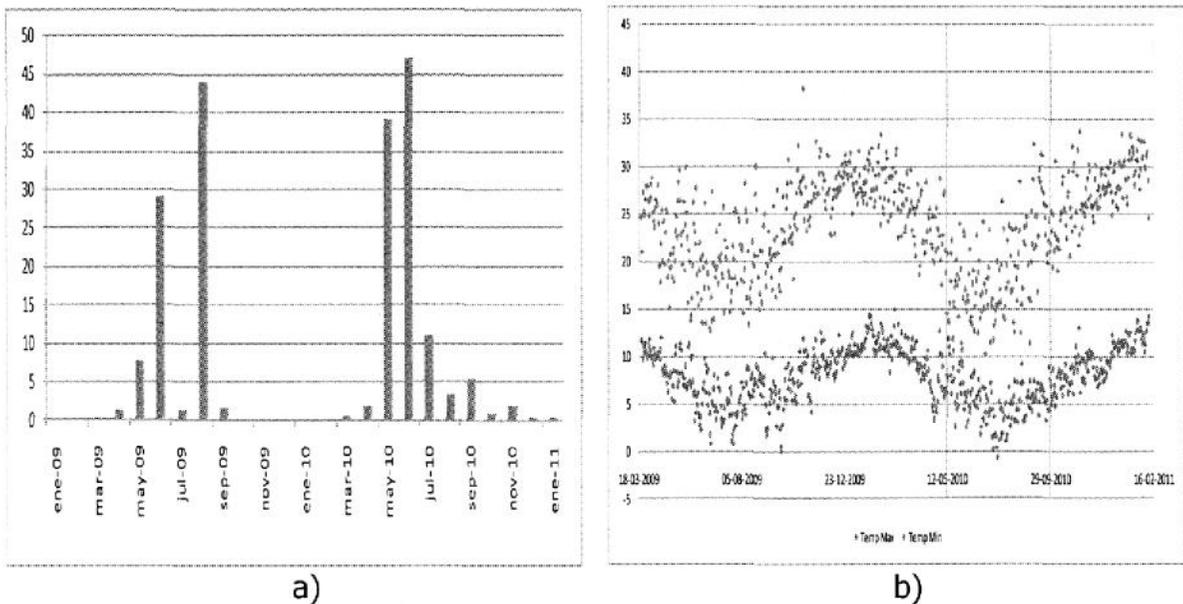


Figura A.3.3.b. Condiciones climáticas estación Recoleta a) Datos pluviométricos de la estación (mm mes^{-1}) y b) Temperaturas máxima y mínima de la estación ($^{\circ}\text{C}$), durante el periodo de estudio (Fuente: Elaboración propia con datos obtenidos de Sistema Agroclimático FDF-INIA-DMC).



En la estación Recoleta, durante el año 2010 la temperatura media del mes más frío alcanzó los 10 °C (Julio), mientras la temperatura media del mes más cálido llegó hasta 20,1 °C (Enero). Las precipitaciones durante el mismo año alcanzaron los 111,3 mm año⁻¹, siendo Agosto cuando se registró el máximo con 47,2 mm. Si se comparan con las precipitaciones del año 2009 se registró una fuerte alza, ya que durante ese año precipitaron 85 mm año⁻¹. Según Capellino *et al.* (2003) la precipitación media anual en Las Cardas, entre los años 1992 y 2002, alcanzó los 72 mm año⁻¹, mientras que el promedio histórico en La Serena son 114,4 mm año⁻¹ (Squeo *et al.*, 1999). Tendencias del último siglo muestran una disminución en las precipitaciones medias anuales de 170 mm año⁻¹ a principios del siglo XX a 80 mm año⁻¹ a fines del mismo siglo (Squeo *et al.*, 1999). Los 11,3 mm año⁻¹ se condice con el promedio histórico para La Serena, mientras que los 85 mm del año 2009, sigue la tendencia a una disminución en las precipitaciones anuales que se ha registrado en la región.

A.3.3.1. Características en el crecimiento de *Jatropha curcas* en la parcela Las Cardas

Según las mediciones efectuadas durante el periodo de estudio (Cuadro A.3.3.1.a.), indican que *jatropha* ha logrado adaptarse a las condiciones climáticas en la parcela de Las Cardas, demostrando un excelente desarrollo en la parte vegetativa.

Cuadro A.3.3.1.a. Evolución en el desarrollo de *Jatropha curcas* durante el periodo de estudio en la parcela Las Cardas.

	Altura (m)					Diámetro del tallo (cm)				
	mar-09	ene-10	abr-10	sep-10	ene-11	mar-09	ene-10	abr-10	sep-10	ene-11
Valor Máximo	0,33	0,80	1,13	1,13	0,64	1,51	4,61	6,51	8,03	7,90
Valor Mínimo	0,11	0,45	0,10	0,23	0,14	0,23	3,14	2,23	3,16	2,62
Promedio	0,22	0,60	0,70	0,74	0,35	0,97	3,91	4,65	5,61	5,48
Desv. Estándar	0,04	0,09	0,28	0,23	0,12	0,13	0,47	1,11	1,05	1,17

La altura de la planta y el diámetro del tallo, muestran muy buenos resultados en relación a como se encontraban en la fecha de establecimiento. En algunos casos las plantas de *jatropha* sobrepasaron el metro de altura, obteniendo como valor máximo de 1,13 m de altura, en Abril y Septiembre del 2011. Durante la última medición, en Enero de 2011, se registra una disminución en la altura de la planta, ya que al igual que lo que ocurrió en San Félix, fue necesaria la poda de las plantas, para extraer las partes que se quemaron con las heladas y para propiciar el desarrollo de ramas y una mayor floración (Achten *et al.*, 2008). Con el diámetro del tallo también se produce un aumento considerable entre los valores registrados, pasando de un valor promedio de 0,97 cm, en Marzo del 2009, a 5,61 cm, en Septiembre del 2010. En la medición de Enero de 2011, se registra una leve disminución en el diámetro del tallo, esto se debe a que la tasa de supervivencia de las plantas sobrepasa el 85%, por lo que sólo se



muestran 50 individuos en esta parcela, siendo seleccionados al azar en cada medición.

A.3.4. Parcela experimental Liceo Agrícola de Ovalle

En el Cuadro A.3.4.a. se pueden observar la información geográfica y descriptiva de la parcela.

Cuadro A.3.4.a. Información geográfica Parcela Liceo Agrícola de Ovalle.

Comuna	Ovalle
Provincia	Limarí
Región	Coquimbo
Altitud	275 msnm
Clima	Semiárido templado con lluvias invernales (BSks)
Precipitación media anual (estimada)	108,6 mm
Temperatura media anual (estimada)	16,2 °C
Área de plantación (tamaño del terreno)	4.500 m ²
Distancia de plantación (diseño)	3,0x3,0
Tipo de suelo	Franco arcilloso
Pendiente del terreno	30%
Preparación del terreno	Aradura y rastreado
Fecha de plantación	Diciembre 2008
Nº total de plantas	495 plantas
Nº plantas vivas a la fecha (Enero 2011)	387 plantas
Obtención del agua de riego	Embalse Recoleta, almacenaje en estanque propio
Tipo de riego	Surco

La ubicación geográfica de la parcela experimental Liceo Agrícola de Ovalle se puede observar en la Figura A.3.4.a. Las características climáticas de la estación de medición más cercana a la parcela experimental -estación meteorológica Recoleta, ubicada en la comuna de Ovalle- se observan en la Figura A.3.3.1.b., al igual que la parcela experimental Las Cardas, la estación Recoleta es la que se encuentra más próxima a la parcela, se consideran esas condiciones climáticas como propias de la parcela, empleándose como información de referencia sobre su comportamiento climático según a) datos pluviométricos, y b) temperaturas mínimas y máximas.

La información climática en la parcela del Liceo Agrícola de Ovalle, es similar a la estación Las Cardas. Las dos parcelas se encuentran próximas entre sí, por lo que en ambos casos la estación climática más cercana corresponde a la de Recoleta.

A.3.4.1. Características en el crecimiento de *Jatropha curcas* en la parcela Liceo Agrícola de Ovalle

Según las mediciones efectuadas durante el periodo de estudio (Cuadro A.3.4.1.a.), indican que *jatropha* ha logrado adaptarse a las condiciones climáticas en la parcela del Colegio Agrícola de Ovalle, demostrando un excelente desarrollo en la parte vegetativa, e inclusive de la parte reproductiva.

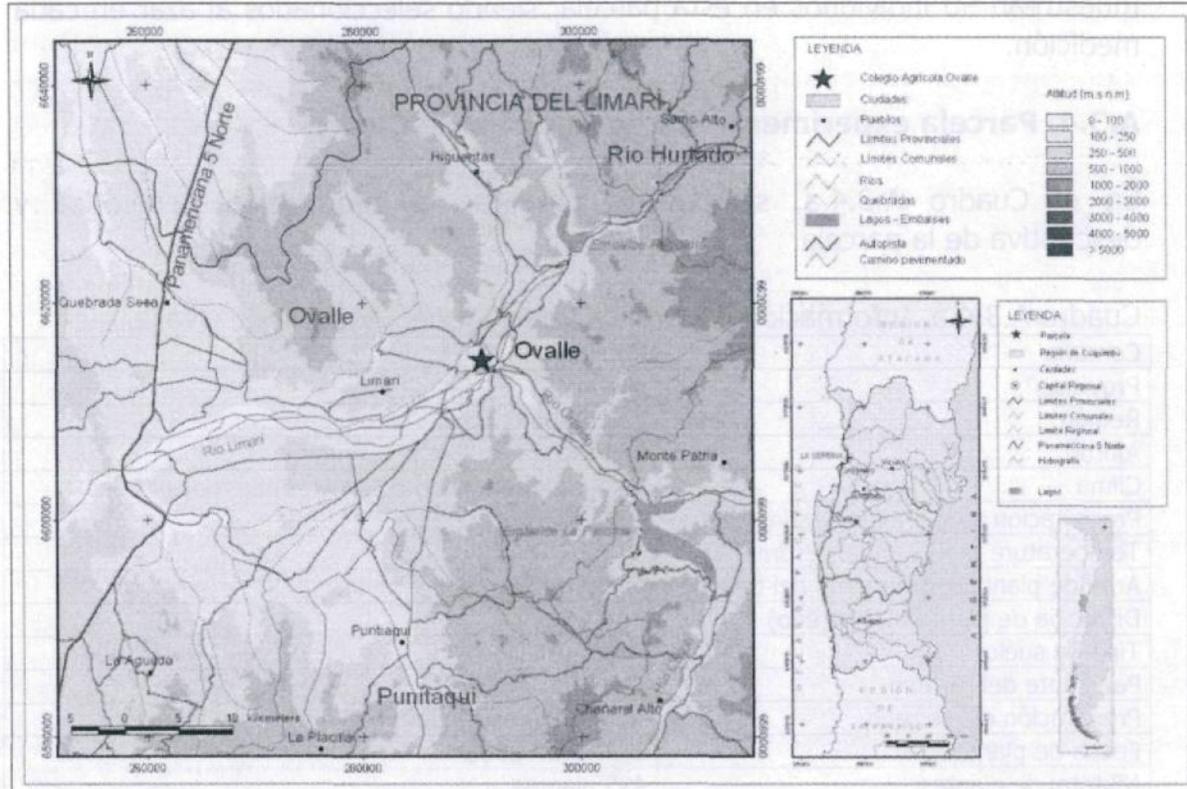


Figura A.3.4.a. Ubicación geográfica parcela experimental Liceo Agrícola de Ovalle. (Elaboración: Labra y Astorga, 2009).

Cuadro A.3.4.1.a. Evolución en el desarrollo de *Jatropha curcas* durante el periodo de estudio en la parcela Colegio Agrícola de Ovalle.

	Altura (m)					Diámetro del tallo (cm)				
	mar-09	ene-10	abr-10	sep-10	ene-11	mar-09	ene-10	abr-10	sep-10	ene-11
Valor Máximo	0,33	0,83	1,22	1,09	0,92	1,51	6,84	7,28	8,20	7,77
Valor Mínimo	0,11	0,56	0,32	0,20	0,21	0,23	2,97	2,67	1,77	2,16
Promedio	0,22	0,71	0,72	0,68	0,49	0,97	4,68	4,73	4,77	4,90
Desv. Estándar	0,04	0,08	0,21	0,22	0,16	0,13	0,76	1,16	1,50	1,32

Las plantas en esta parcela muestran un gran desarrollo vegetativo, ya que tanto en la altura de las plantas como en el diámetro del tallo, muestra un aumento en el tamaño. En el caso de la altura el incremento ha sido notorio, llegando a medir como valor máximo 1,22 m, en el mes de Abril. Posteriormente en Septiembre de 2010 y Enero de 2011, el valor máximo en la altura de las plantas sufre una disminución, esto se debe a que las heladas dañaron los ápices de las plantas, por lo que fue necesario podarlas. En el primer caso, se podaron sólo algunos individuos, aquellos que presentaron claras muestras de tejidos quemados. En cambio, para la medición de Enero de 2011, la poda se efectuó en todos los individuos, ya que al igual que con las parcelas del Colegio Agrícola San Félix y Las Cardas, el objetivo de la poda fue favorecer la floración.



El diámetro del tallo también muestra un incremento al compararlo con las dimensiones que tenían al momento de la plantación, llegando hasta 8,2 cm en Septiembre del 2010. En Enero de 2011, se registra una disminución en el valor máximo del diámetro del tallo, pero un aumento en el valor mínimo y en el promedio. En este caso, al igual que con la parcela de Las Cardas, tiene una alta tasa de supervivencia (sobre el 78% de las plantas) por lo que sólo se efectúan las mediciones a 50 plantas seleccionadas aleatoriamente.

Una particularidad que posee esta parcela, es el hecho de encontrarse en pendiente -30%- lo que ha permitido mejorar su desarrollo. Al igual que lo que ocurre con el palto en nuestro país y al ser una especie tropical, su desarrollo en cerros ha propiciado una mejoría en su producción ya que las heladas se desplazan hacia sectores más bajos, prácticamente no teniendo incidencias en sectores con pendiente (Gardiazabal, 2001). Lo mismo ocurre con otros frutales de hoja perenne, los que son sensibles a las heladas invernales (Razeto, 2006). *Jatropha* al ser también una especie tropical, y de hoja perenne, se ha visto beneficiada con el cultivo en pendiente ya que no ha presentado mayores inconvenientes, en esta parcela, para su desarrollo y adaptación.

A.3.5. Parcela experimental Higuera

En el Cuadro A.3.5.a. se pueden observar la información geográfica y descriptiva de la parcela.

La ubicación geográfica de la parcela experimental Higuera se puede observar en la Figura A.3.5.a. En la Figura A.3.5.b. se dan a conocer las características climáticas de la estación de medición más cercana a la parcela experimental - estación meteorológica Illapel, ubicada en la comuna del mismo nombre-, se consideran esas condiciones climáticas como propias de la parcela, y se utiliza como información de referencia sobre su comportamiento climático según a) datos pluviométricos, y b) temperaturas mínimas y máximas.

En la estación Illapel, durante el año 2010 la temperatura media del mes más frío alcanzó los 9,4 °C (Julio), mientras la temperatura media del mes más cálido llegó hasta 18,6 °C (Enero). Las precipitaciones durante el mismo año alcanzaron los 93 mm año⁻¹, siendo Junio cuando se registró el máximo con 28,4 mm. Si se comparan con las precipitaciones del año 2009 se registró una notoria baja en las precipitaciones, ya que durante ese año cayeron 149,4 mm año⁻¹. La precipitación media en Los Vilos alcanza los 218,9 mm año⁻¹ (Squella y Meneses, 1986), en ambos casos se registran precipitaciones menores al promedio anual, lo que continúa con la tendencia del último siglo donde las precipitaciones han disminuido progresivamente (alrededor de 47%) en la Región de Coquimbo (Squeo *et al.*, 1999).



Cuadro A.3.5.a. Información geográfica y descriptiva de la Parcela Higuera.

Comuna	Los Vilos
Provincia	Choapa
Región	Coquimbo
Altitud	257 msnm
Clima	Semiárido templado con lluvias invernales (BSks)
Precipitación media anual (estimada)	178,3 mm
Temperatura media anual (estimada)	15,5 °C
Área de plantación (tamaño del terreno)	5.000 m ²
Distancia de plantación (diseño)	2,0x2,0
Tipo de suelo	Arcilloso
Pendiente del terreno	15%
Preparación del terreno	Desmalezado
Fecha de plantación	No sale
Nº total de plantas	500 plantas
Nº plantas vivas a la fecha (Enero 2011)	35 plantas
Obtención del agua de riego	Quebrada (vertiente)
Tipo de riego	Manual

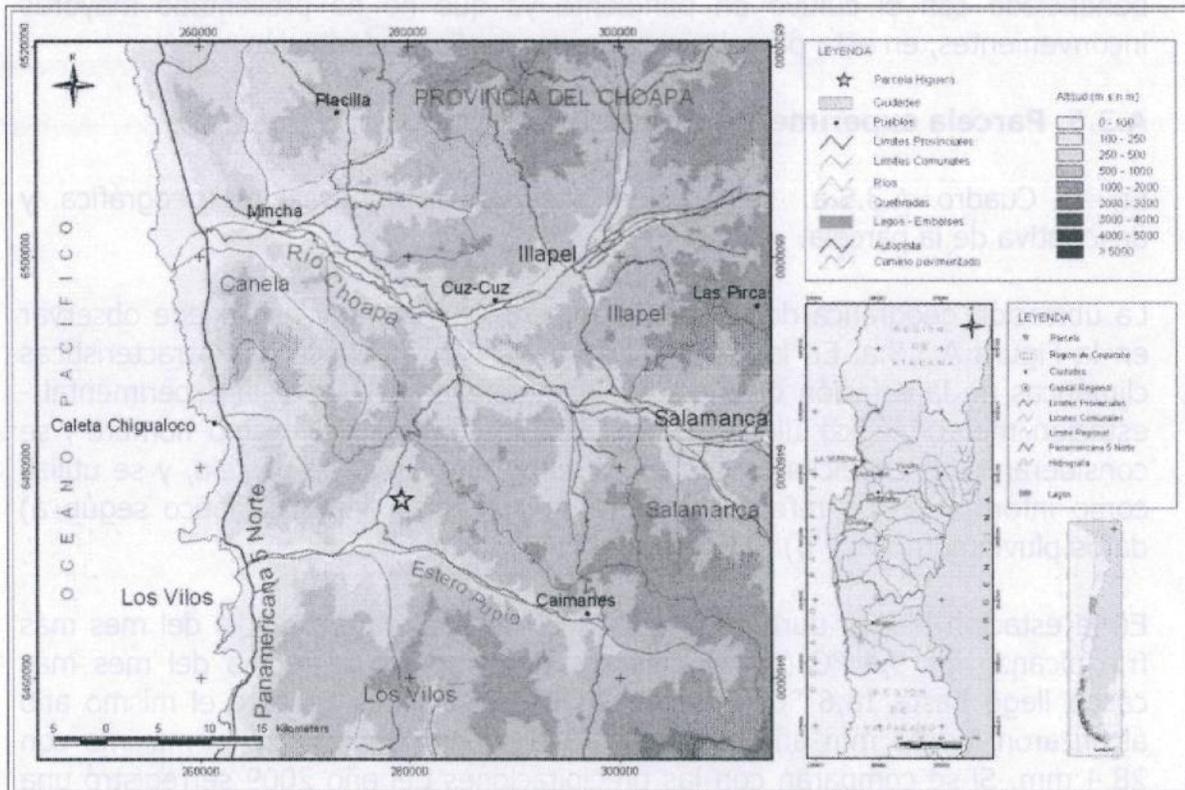
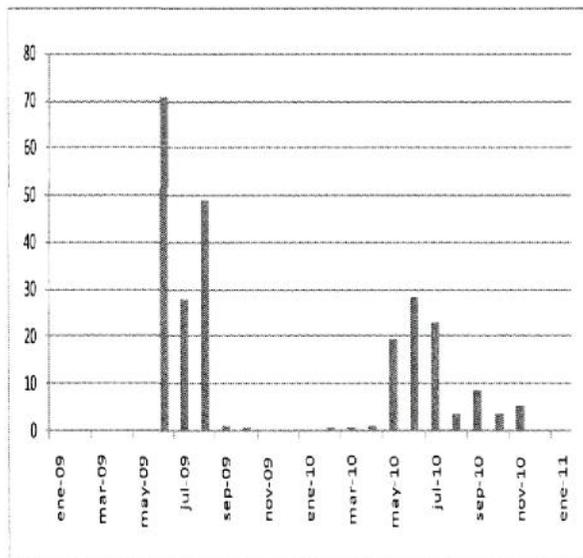
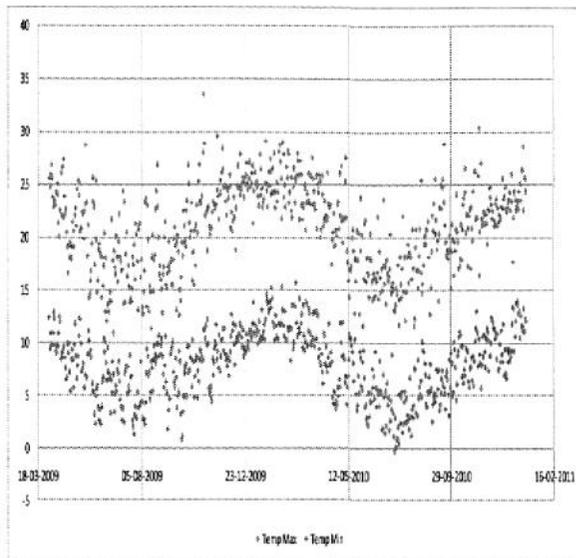


Figura A.3.5.a. Ubicación geográfica parcela experimental La Higuera (Elaboración: Labra y Astorga, 2009).



a)



b)

Figura A.3.5.b. Condiciones climáticas estación Illapel a) Datos pluviométricos de la estación (mm mes^{-1}) y b) Temperaturas máxima y mínima de la estación ($^{\circ}\text{C}$), durante el periodo de estudio (Fuente: Elaboración propia con datos obtenidos de Sistema Agroclimático FDF-INIA-DMC).

A.3.5.1. Características en el crecimiento de *Jatropha curcas* en la parcela Higuera

Según las mediciones efectuadas durante el periodo de estudio (Cuadro A.3.5.1.a.), indican que *jatropha* ha logrado adaptarse a las condiciones climáticas en la parcela Higuera, demostrando adaptación a las condiciones edafo-climáticas, aunque sin crecimiento vegetativo de importancia.

Jatropha ha logrado sobrevivir en la parcela Higuera, a pesar de que las plantas no fueron regadas con frecuencia, salvo ocasiones donde los propietarios del terreno efectuaban riego a mano, las plantas por lo general estuvieron sometidas a las condiciones naturales de la parcela.

Cuadro A.3.5.1.a. Evolución en el desarrollo de *Jatropha curcas* durante el periodo de estudio en la parcela Higuera.

	Altura (m)					Diámetro del tallo (cm)				
	mar-09	ene-10	abr-10	sep-10	ene-11	mar-09	ene-10	abr-10	sep-10	ene-11
Valor Máximo	0,33	0,16	0,24	0,23	0,21	1,51	0,99	1,46	1,84	1,81
Valor Mínimo	0,11	0,06	0,07	0,05	0,03	0,23	0,11	0,60	0,58	0,58
Promedio	0,22	0,11	0,12	0,11	0,11	0,97	0,68	0,96	1,01	1,05
Desv. Estándar	0,04	0,03	0,04	0,04	0,03	0,13	0,17	0,17	0,26	0,25

Durante la época de las mediciones, la altura de la planta no tuvo variaciones significativas, encontrándose regularmente entre una altura promedio de 0,11 y 0,12 m. La planta en la parcela Higuera no tuvo crecimiento ya que tuvo déficit hídrico, la reducción en su tamaño, en comparación con la fecha de



establecimiento, se encuentra determinada por que las heladas quemaron los ápices, por lo que fue necesario podar las partes de los tejidos que se encontraban dañados. Al evaluar el diámetro del tallo también se puede efectuar la misma asociación, ya que a pesar de aumentar el tamaño, en comparación con Enero 2010, en relación con la fecha de establecimiento no existen diferencias importantes, manteniéndose constante durante todo el periodo de estudio.

Los resultados en esta parcela se condicen por lo expuesto por Maes *et al.* (2009) quienes mencionan que jatropha puede adaptarse a climas semi-áridos, como bajas precipitaciones (durante el año 2010, las precipitaciones alcanzaron 93 mm), pero que los resultados obtenidos de productividad son menores que los que se obtendrían con la precipitación óptima -alrededor de 900 mm anuales-.

A.3.6. Parcela experimental Chillepín

En el Cuadro A.3.6.a. se pueden observar la información geográfica y descriptiva de la parcela.

La ubicación geográfica de la parcela experimental Chillepín se puede observar en la Figura A.3.6.a. En la Figura A.3.6.b. se dan a conocer las características climáticas de la estación de medición más cercana a la parcela experimental - estación meteorológica Salamanca, ubicada en la comuna del mismo nombre-, se consideran esas condiciones climáticas como propias de la parcela, y se utiliza como información de referencia sobre su comportamiento climático según a) datos pluviométricos, y b) temperaturas mínimas y máximas.

En la estación Salamanca, durante el año 2010 la temperatura media del mes más frío alcanzó los 9,3 °C (Julio), mientras la temperatura media del mes más cálido llegó hasta 20,7 °C (Enero). Las precipitaciones durante el mismo año alcanzaron los 84,9 mm año⁻¹, siendo Septiembre cuando se registró el máximo con 24,6 mm. Si se comparan con las precipitaciones del año 2009 se registró una notoria baja en las precipitaciones, ya que durante ese año cayeron 163,2 mm año⁻¹. La precipitación media en Salamanca alcanza los 221 mm año⁻¹ (Vita *et al.*, 1995), en ambos casos se registran precipitaciones menores al promedio anual, lo que continúa con la tendencia del último siglo donde las precipitaciones han disminuido progresivamente (alrededor de 47%) en la Región de Coquimbo (Squeo *et al.*, 1999).

0,25	0,28	0,17	0,17	0,13	0,03	0,04	0,04	0,03	0,04
0,57	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11
0,57	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11

Durante la época de las mediciones, la altura de la planta no tuvo variaciones significativas, encontrándose regularmente entre una altura promedio de 0,11 y 0,12 m. La planta en la parcela muestra un crecimiento ya que tuvo déficit hídrico, la reducción en su tamaño, en comparación con la fecha de



Cuadro A.3.6.a. Información geográfica y descriptiva de la Parcela Chillepín.

Comuna	Salamanca
Provincia	Choapa
Región	Coquimbo
Altitud	988 msnm
Clima	Templado frío con lluvias invernales (Csc)
Precipitación media anual (estimada)	283,5 mm
Temperatura media anual (estimada)	16,3 °C
Área de plantación (tamaño del terreno)	5.000 m ²
Distancia de plantación (diseño)	2,5x2,5
Tipo de suelo	Franco arenoso
Pendiente del terreno	20%
Preparación del terreno	Ninguno
Fecha de plantación	No sale
N° total de plantas	400 plantas
N° plantas vivas a la fecha (Enero 2011)	0 plantas
Obtención del agua de riego	Quebrada
Tipo de riego	Gravedad

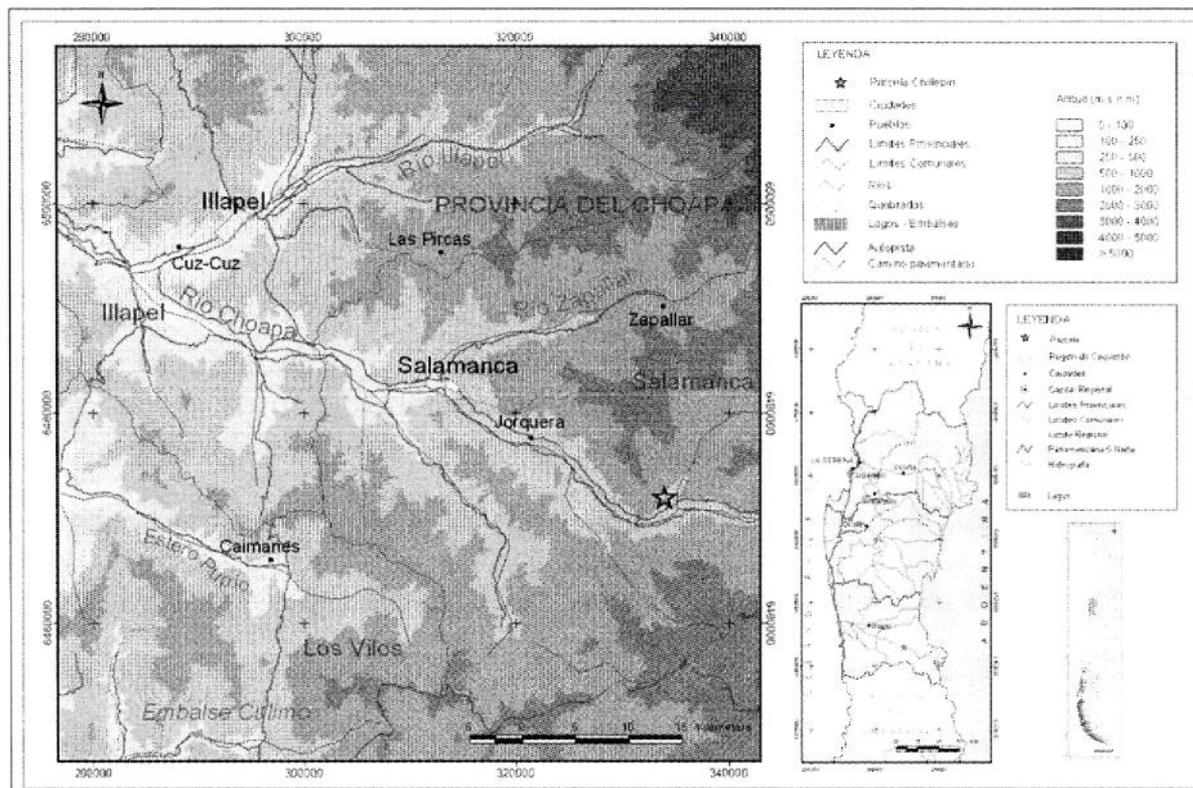
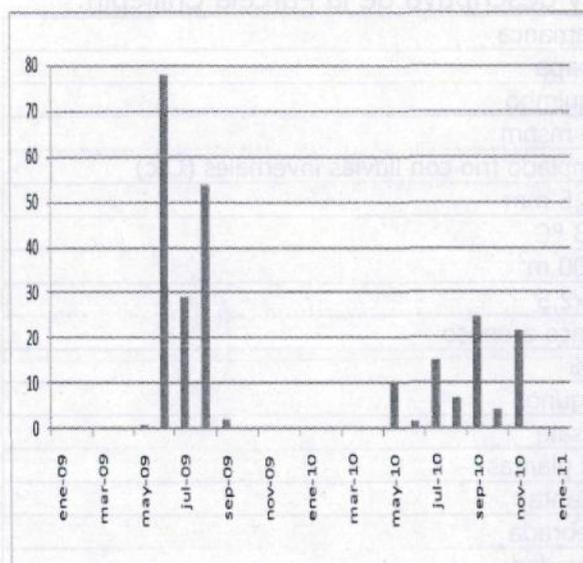
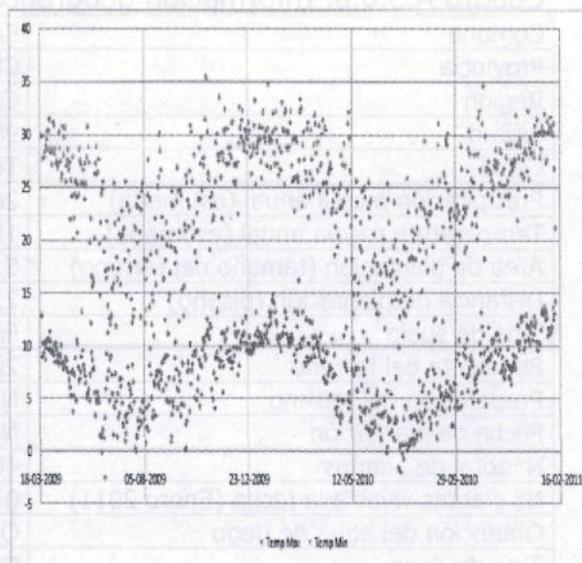


Figura A.3.6.a. Ubicación geográfica parcela experimental Chillepín. (Elaboración: Labra y Astorga, 2009).



a)



b)

Figura A.3.6.b. Condiciones climáticas estación Salamanca a) Datos pluviométricos de la estación (mm mes^{-1}) y b) Temperaturas máxima y mínima de la estación ($^{\circ}\text{C}$), durante el periodo de estudio (Fuente: Elaboración propia con datos obtenidos de Sistema Agroclimático FDF-INIA-DMC).

A.3.6.2. Características en el crecimiento de *Jatropha curcas* en la parcela Chillepín

Según las mediciones efectuadas durante el periodo de estudio (Cuadro A.3.6.2.a.), indican que *jatropha* logró desarrollarse durante el primer año de establecimiento en la parcela Chillepín, pero durante la medición de Enero 2011, las plantas se encontraban muertas.

Cuadro A.3.6.2.a. Evolución en el desarrollo de *Jatropha curcas* durante el periodo de estudio en la parcela Chillepín.

	Altura (m)					Diámetro del tallo (cm)				
	mar-09	ene-10	abr-10	sep-10	ene-11	mar-09	ene-10	abr-10	sep-10	ene-11
Valor Máximo	0,33	0,51	1,26	1,31	s.i.	1,51	2,04	4,62	5,22	s.i
Valor Mínimo	0,11	0,09	0,19	0,23	s.i.	0,23	0,80	1,47	1,30	s.i
Promedio	0,22	0,23	0,67	0,74	s.i.	0,97	1,37	2,91	2,88	s.i
Desv. Estándar	0,04	0,11	0,36	0,37	s.i.	0,13	0,33	0,91	1,10	s.i

En la parcela de Chillepín las plantas mostraban un crecimiento vegetativo exitoso, contabilizándose, durante las mediciones de Abril de 2010 y Septiembre de 2010, las plantas con mayor altura, alcanzado 1,26 m y 1,31 m respectivamente. Aunque la tasa de supervivencia era sólo de 8,25% en Abril de 2010, las plantas sobrevivientes mostraban una buena adaptación, tanto en el crecimiento en altura como en el diámetro del tallo. Lo mismo ocurría en Septiembre de 2010, la tasa de supervivencia era del 7,75%, registrándose siempre un crecimiento vegetativo al alza. Al realizar las mediciones de Enero



de 2011, las plantas en la parcela Chilpeín se encontraban muertas en su totalidad, no teniendo claro cuál fue la causa de muerte de esas plantas.

A.3.7. Parcela experimental Cabimbao

En el Cuadro A.3.7.a. se pueden observar la información geográfica y descriptiva de la parcela.

Cuadro A.3.7.a. Información geográfica y descriptiva de la Parcela Cabimbao.

Comuna	San Pedro
Provincia	Melipilla
Región	Metropolitana
Altitud	263 msnm
Clima	Templado cálido con lluvias invernales (Csb)
Precipitación media anual (estimada)	435 mm
Temperatura media anual (estimada)	13,4 °C
Área de plantación (tamaño del terreno)	5.000 m ²
Distancia de plantación (diseño)	3,0x3,0
Tipo de suelo	Arcilloso
Pendiente del terreno	6%
Preparación del terreno	Aradura, rastreado y surcado
Fecha de plantación	Enero 2009
Nº total de plantas	551 plantas
Nº plantas vivas a la fecha (Enero 2011)	0 plantas
Obtención del agua de riego	Vertiente
Tipo de riego	Goteo

La ubicación geográfica de la parcela experimental Cabimbao se puede observar en la Figura A.3.7.a. En la Figura A.3.7.b. se dan a conocer las características climáticas de la estación de medición más cercana a la parcela experimental - estación meteorológica San Pedro, ubicada en la comuna del mismo nombre-, se consideran esas condiciones climáticas como propias de la parcela, y se utiliza como información de referencia sobre su comportamiento climático según a) datos pluviométricos, y b) temperaturas mínimas y máximas.

En la estación San Pedro, durante el año 2010 la temperatura media del mes más frío alcanzó los 7,4 °C (Julio), mientras la temperatura media del mes más cálido llegó hasta 20,7 °C (Enero). Las precipitaciones durante el mismo año alcanzaron los 148,7 mm año⁻¹, siendo Septiembre cuando se registró el máximo con 56,6 mm. Si se comparan con las precipitaciones del año 2009 se registró una notoria baja en las precipitaciones, ya que durante ese año cayeron 317,6 mm año⁻¹. La precipitación media histórica en San Pedro alcanza los 338 mm año⁻¹ (Defilippi *et al.*, 1998), en ambos casos se registran precipitaciones menores al promedio anual, aunque en el año 2009 los registros son cercanos al promedio histórico, en cambio durante el 2010, hubo una disminución notoria de las precipitaciones.

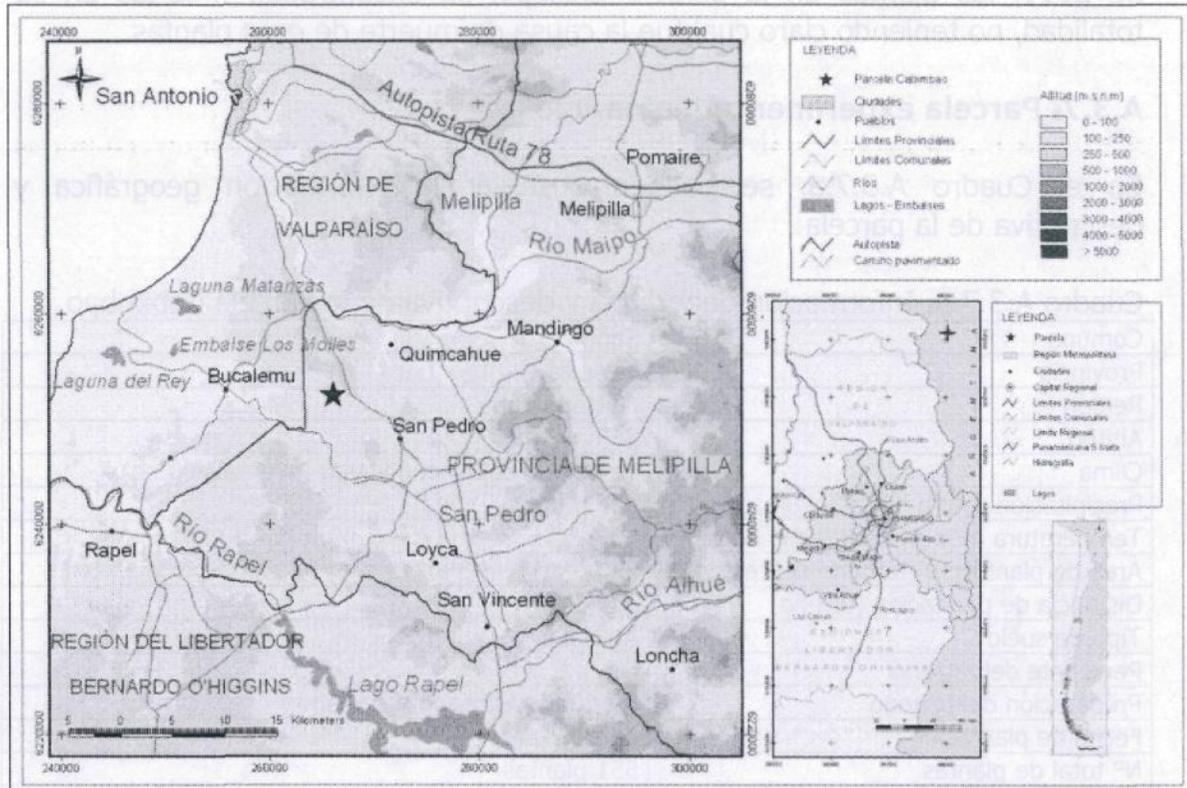


Figura A.3.7.a. Ubicación geográfica parcela experimental Cabimbao. (Elaboración: Labra y Astorga, 2009).

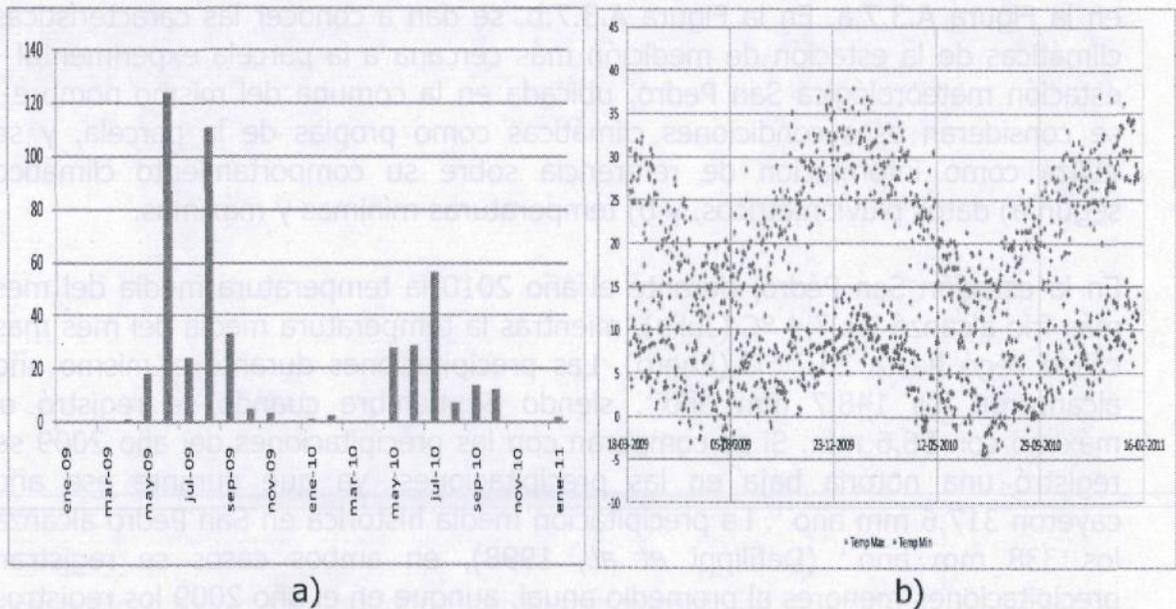


Figura A.3.7.b. Condiciones climáticas estación San Pedro a) Datos pluviométricos de la estación (mm mes^{-1}) y b) Temperaturas máxima y mínima de la estación ($^{\circ}\text{C}$), durante el periodo de estudio (Fuente: Elaboración propia con datos obtenidos de Sistema Agroclimático FDF-INIA-DMC).



A.3.7.1. Características en el crecimiento de *Jatropha curcas* en la parcela Cabimbao

Según las mediciones efectuadas durante el periodo de estudio (Cuadro A.3.7.1.a.), indican que *jatropha* no logró adaptarse a las condiciones climáticas de la parcela, por lo que no logro sobrevivir el invierno del año 2010.

Cuadro A.3.7.1.a. Evolución en el desarrollo de *Jatropha curcas* durante el periodo de estudio en la parcela Cabimbao.

	Altura (m)					Diámetro del tallo (cm)				
	mar-09	ene-10	abr-10	sep-10	ene-11	mar-09	ene-10	abr-10	sep-10	ene-11
Valor Máximo	0,33	0,44	s.i	s.i	s.i	1,51	4,21	s.i	s.i	s.i
Valor Mínimo	0,11	0,16	s.i	s.i	s.i	0,23	1,50	s.i	s.i	s.i
Promedio	0,22	0,27	s.i	s.i	s.i	0,97	2,96	s.i	s.i	s.i
Desv. Estándar	0,04	0,06	s.i	s.i	s.i	0,13	0,70	s.i	s.i	s.i

Durante la época en que se pudo efectuar la medición las plantas demostraban un crecimiento aceptable, sobretodo en el diámetro del tallo, el que había doblado su tamaño entre la época de establecimiento y la primera medición. A pesar de que durante el invierno de 2009 las plantas se trataron mucho cuidado, evitando la perdida excesiva de ellas, la supervivencia alcanzó sólo al 4,5% en Enero de 2010. Posteriormente las plantas que quedaron, se encontraban muertas a la medición de Abril de 2010, por lo que se puede concluir que las plantas que se encontraban vivas a Enero de 2010, estaban infestadas con algún tipo de hongo.

A.3.8. Parcela experimental Antumapu

En el Cuadro A.3.8.a. se pueden observar la información geográfica y descriptiva de la parcela.

Cuadro A.3.8.a. Información geográfica y descriptiva de la Parcela Antumapu.

Comuna	La Pintana
Provincia	Santiago
Región	Metropolitana
Altitud	620 msnm
Clima	Templado cálido con lluvias invernales (Csb)
Precipitación media anual (estimada)	379 mm
Temperatura media anual (estimada)	13,9 °C
Área de plantación (tamaño del terreno)	4.200 m ²
Distancia de plantación (diseño)	3,0x3,0
Tipo de suelo	Franco arenoso
Pendiente del terreno	1%
Preparación del terreno	Aradura, rastreado y surcado
Fecha de plantación	Febrero 2009
Nº total de plantas	360 plantas
Nº plantas vivas a la fecha (Enero 2011)	0 plantas
Obtención del agua de riego	Pozo
Tipo de riego	Goteo



La ubicación geográfica de la parcela experimental Antumapu se puede observar en la Figura A.3.8.a. En la Figura A.3.8.b. se dan a conocer las características climáticas de la estación de medición más cercana a la parcela experimental -estación meteorológica La Pintana, ubicada en la comuna del mismo nombre-, se consideran esas condiciones climáticas como propias de la parcela, y se utiliza como información de referencia sobre su comportamiento climático según a) datos pluviométricos, y b) temperaturas mínimas y máximas.

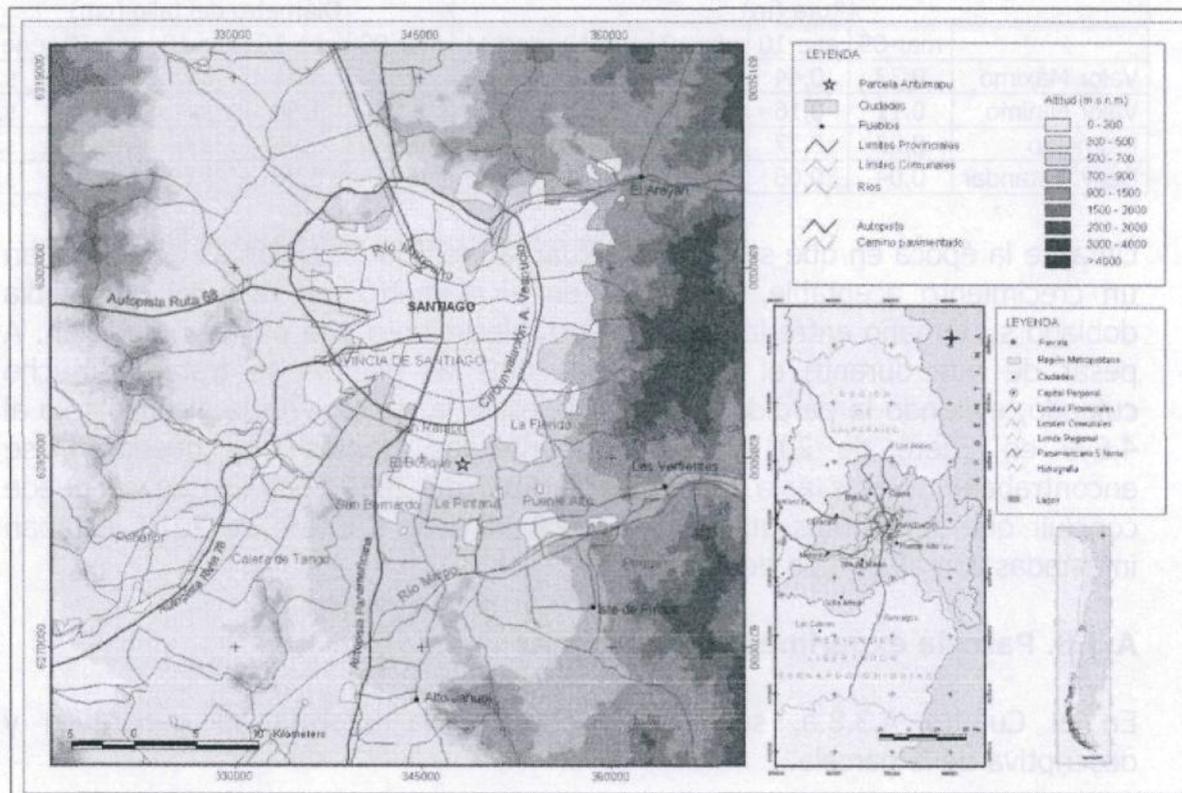


Figura A.3.8.b. Ubicación geográfica parcela experimental Antumapu. (Elaboración: Labra y Astorga, 2009).

En la estación La Pintana, durante el año 2010 la temperatura media del mes más frío alcanzó los 6,9 °C (Julio), mientras la temperatura media del mes más cálido llegó hasta 20,2 °C (Enero). Las precipitaciones durante el mismo año alcanzaron los 187,9 mm año⁻¹, siendo Septiembre cuando se registró el máximo con 56,6 mm. Si se comparan con las precipitaciones del año 2009 se registró una notoria baja en las precipitaciones, ya que durante ese año cayeron 367,9 mm año⁻¹. La precipitación media histórica en La Pintana alcanza los 350 mm año⁻¹ (Reyes y Figueroa, 2010), durante el año 2010 se registró una disminución notoria con respecto al año anterior y con el promedio histórico de la zona.

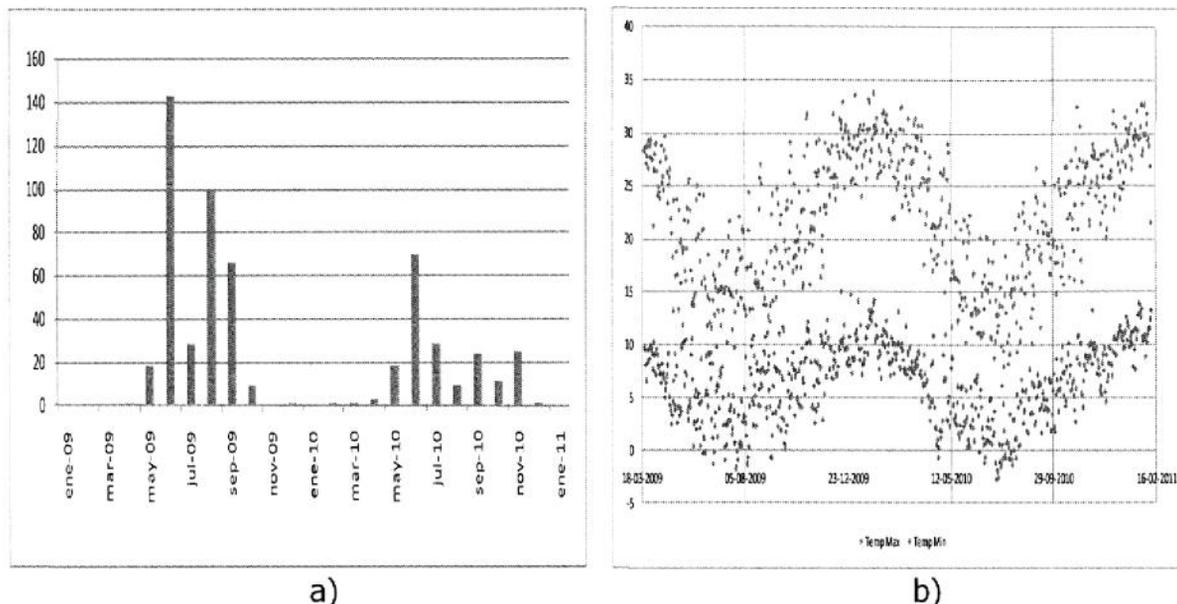


Figura A.3.8.b. Condiciones climáticas estación La Pintana a) Datos pluviométricos de la estación (mm mes^{-1}) y b) Temperaturas máxima y mínima de la estación ($^{\circ}\text{C}$), durante el periodo de estudio (Fuente: Elaboración propia con datos obtenidos de Sistema Agroclimático FDF-INIA-DMC).

A.3.8.1. Características en el crecimiento de *Jatropha curcas* en la parcela Antumapu

Según las mediciones efectuadas durante el periodo de estudio (Cuadro A.3.8.1.a.), indican que *Jatropha* no logró adaptarse a las condiciones climáticas de la parcela, por lo que no logro sobrevivir el invierno del año 2010.

Cuadro A.3.8.1.a. Evolución en el desarrollo de *Jatropha curcas* durante el periodo de estudio en la parcela Antumapu.

	Altura (m)					Diámetro del tallo (cm)				
	mar-09	ene-10	abr-10	sep-10	ene-11	mar-09	ene-10	abr-10	sep-10	ene-11
Valor Máximo	0,33	0,54	0,93	s.i	s.i	1,51	2,34	3,96	s.i	s.i
Valor Mínimo	0,11	0,16	0,22	s.i	s.i	0,23	0,55	1,61	s.i	s.i
Promedio	0,22	0,38	0,53	s.i	s.i	0,97	1,52	3,03	s.i	s.i
Desv. Estándar	0,04	0,10	0,12	s.i	s.i	0,13	0,30	0,42	s.i	s.i

En Antumapu, al igual que en Cabimbao, la parcela no logró adaptarse a las condiciones edafo-climáticas, muriendo la totalidad de las plantas luego del invierno de 2010. Luego de la fecha de establecimiento, las plantas que morían iban siendo cambiadas, pero después de un año se dejó de efectuar esa práctica para así evaluar realmente la supervivencia de las plantas.

Las plantas luego del invierno y de las fuertes heladas que cayeron durante el año 2010, no fueron capaces de sobrevivir. Producto de las heladas los ápices se quemaron y además, como éstas se producen luego de una precipitación, el suelo se encontraba con exceso de agua lo que propició la aparición de hongos



en las plantas, los que precisamente se producen por exceso de riego o por anegamiento (Wu *et al.*, 2011)



Figura 3.8.b. Condiciones climáticas estación La Pintina a) Datos pluviométricos de la estación (mm mes⁻¹) y b) Temperaturas máxima y mínima de la estación (°C) durante el periodo de estudio (fuente: Elaboración propia con datos obtenidos de Sistema Adicional de Datos de Estación Meteorológica FOP-INTA-GMC)

A.3.8.1. Características en el crecimiento de jatropha curcas en la parcela Antumapu

Según las mediciones efectuadas durante el periodo de estudio (Cuadro A.3.8.1.a.) indican que jatropha no logró adaptarse a las condiciones climáticas de la parcela, por lo que no logró sobrevivir el invierno del año 2010.

Cuadro A.3.8.1.a. Evolución en el desarrollo de jatropha curcas durante el periodo de estudio en la parcela Antumapu.

Altura (m)		Diámetro del tallo (cm)							
mar-09	ene-10	abr-10	sep-10	ene-11	mar-09	ene-10	abr-10	sep-10	ene-11
Veloc. Máxima	0,33	0,54	0,93	2,1	1,91	2,34	2,96	2,1	2,1
Veloc. Mínima	0,17	0,16	0,52	2,1	0,53	0,55	1,61	2,1	2,1
Promedio	0,25	0,38	0,53	2,1	0,72	1,72	2,03	2,1	2,1
Veloc. Estimar	0,04	0,10	0,12	2,1	0,13	0,30	0,42	2,1	2,1

En Antumapu, al igual que en Colimapu, la parcela no logró adaptarse a las condiciones climático-climáticas, manteniendo la totalidad de las plantas luego del invierno de 2010. Luego de la fecha de establecimiento, las plantas que morían iban siendo cambiadas, pero después de un año se dejó de efectuar esa práctica para así evaluar realmente la supervivencia de las plantas.

Las plantas luego del invierno y de las fuertes heladas que cayeron durante el año 2010, no fueron capaces de sobrevivir. Producto de las heladas los ápices se quemaron y además, como estas se producen luego de una predicción, el suelo se encontraba con exceso de agua lo que produjo la aparición de hongos



Anexo 4. Cultivo in vitro de *Jatropha curcas*

La introducción a Chile de *J. curcas* representa una presión selectiva para la especie, que permitirá que sólo sobrevivan los ecotipos que puedan adaptarse a las condiciones agroclimáticas del país. Desarrollar protocolos de micropropagación de *J. curcas* es una herramienta clave para programas de expansión y mejoramiento genético del cultivo de manera rápida y eficiente sin que los genotipos pierdan su valor genético.

En una primera etapa de investigación se desarrolló un sistema de micropropagación a partir de esquejes obtenidos de plantas adultas de un año de edad aproximadamente, lo que requiere el sacrificio de la planta madre o de un brote en crecimiento, debido a que se utilizan yemas como material de propagación. De aquí nace la idea de trabajar la clonación utilizando explantes foliares. El objetivo fue determinar la concentración de hormonas más eficiente para la formación de tejido callogénico y posterior organogénesis en cada genotipo de *J. curcas*.

De los resultados de la experiencia anterior se desarrolló un nuevo diseño experimental considerando los factores más relevantes.



A.4.1. Materiales y Métodos

Material vegetal: Plantas de 1,5 meses, germinadas y desarrolladas en condiciones estériles e ideales de temperatura, humedad relativa y fotoperíodo en el Laboratorio de Bioenergía y Biotecnología Ambiental, Facultad de Ciencia Agronómicas, Universidad de Chile. Se escogieron las plantas más vigorosas, con hojas adultas desarrolladas, sin cotiledones (Figura A.4.1.a.).

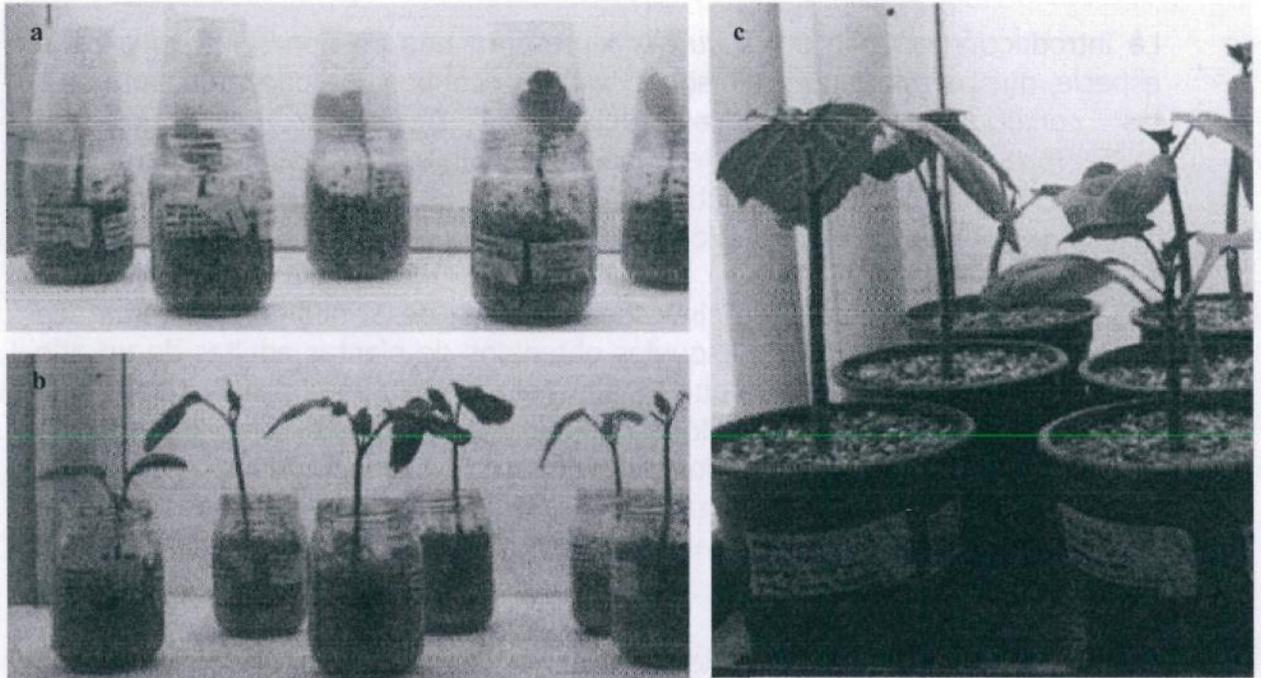


Figura A.4.1.a. Plantas de *jatropha* germinadas en condiciones estériles. **a.** Germinación de semillas en proceso de aclimatación. **b.** Plantas de una semana aún con sus cotiledones. **c.** Plantas de 1,5 meses con hojas adultas para la obtención de explantes foliares.

Se cortaron las hojas a partir del segundo nodo desde el ápice que mantuvieran sus características juveniles.

Las hojas se desinfectaron con fungicida, alcohol y cloro comercial antes de cortar los explantes e introducirlos en placas con el medio apropiado para el cultivo *in vitro*. (Figura A.4.1.b.). Los explantes fueron colocados en agar conteniendo medio MS, sacarosa, antibiótico, antioxidantes y diferentes concentraciones de citoquinina y auxina para la inducción de callos.

Los explantes que indujeron callos, fueron cambiados a un medio de inducción de organogénesis. En la medida que se induce organogénesis, los brotes se separan y se llevan a un medio de elongación y luego son trasladadas a un medio de enraizamiento.

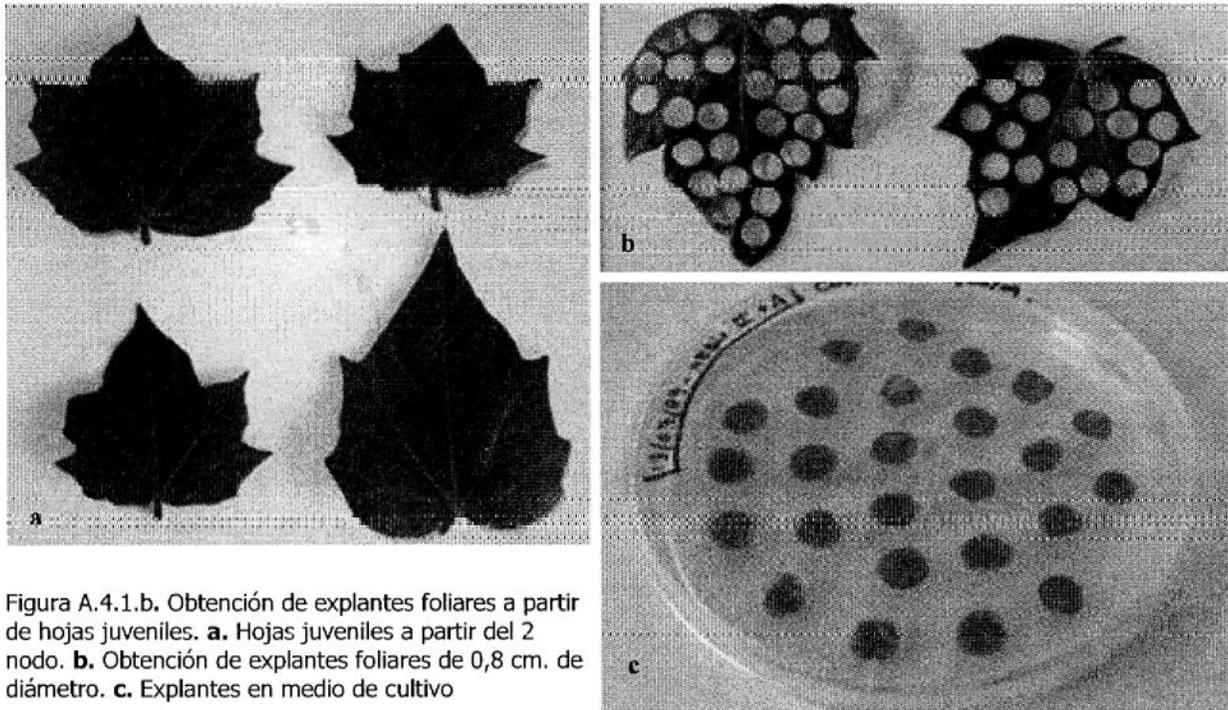
Las plántulas obtenidas se aclimatan para su traslado al invernadero.

A.4.2. Resultados y Conclusiones

Inducción de callos desde explantes foliares: La inducción de callos desde explantes foliares resultó exitosa, encontrándose diferencias en su crecimiento y frecuencia de aparición dependiendo del segmento de la hoja donde fueron



extraídos, siendo más frecuentes y de más rápido crecimiento en las venas que en el limbo de la hoja (Figura A.4.2.c.a).



La totalidad de los explantes foliares indujeron callos alrededor de una semana, luego de lo cual se observaron 2 comportamientos dependiendo de la planta madre de donde se obtuvieron los explantes foliares: mientras en algunos callos comenzaron a aparecer células pigmentadas (Figura A.4.2.c.b.), en otros la multiplicación del callo fue extremadamente rápida sin la aparición de las células pigmentadas (Figura A.4.2.c.c.). Luego de 4 semanas los callos alcanzaron un gran crecimiento y fueron cambiados a un medio para la inducción de organogénesis.



A.4.3. Organogénesis e inducción de brotes

Las células pigmentadas dieron origen a primordios foliares (Figura A.4.3.a.). Al ser separadas de la masa callosa e introducidas en un medio de elongación de brotes, tuvieron una baja tasa de sobrevivencia, dependiendo de la planta madre de la que provenía el explante.

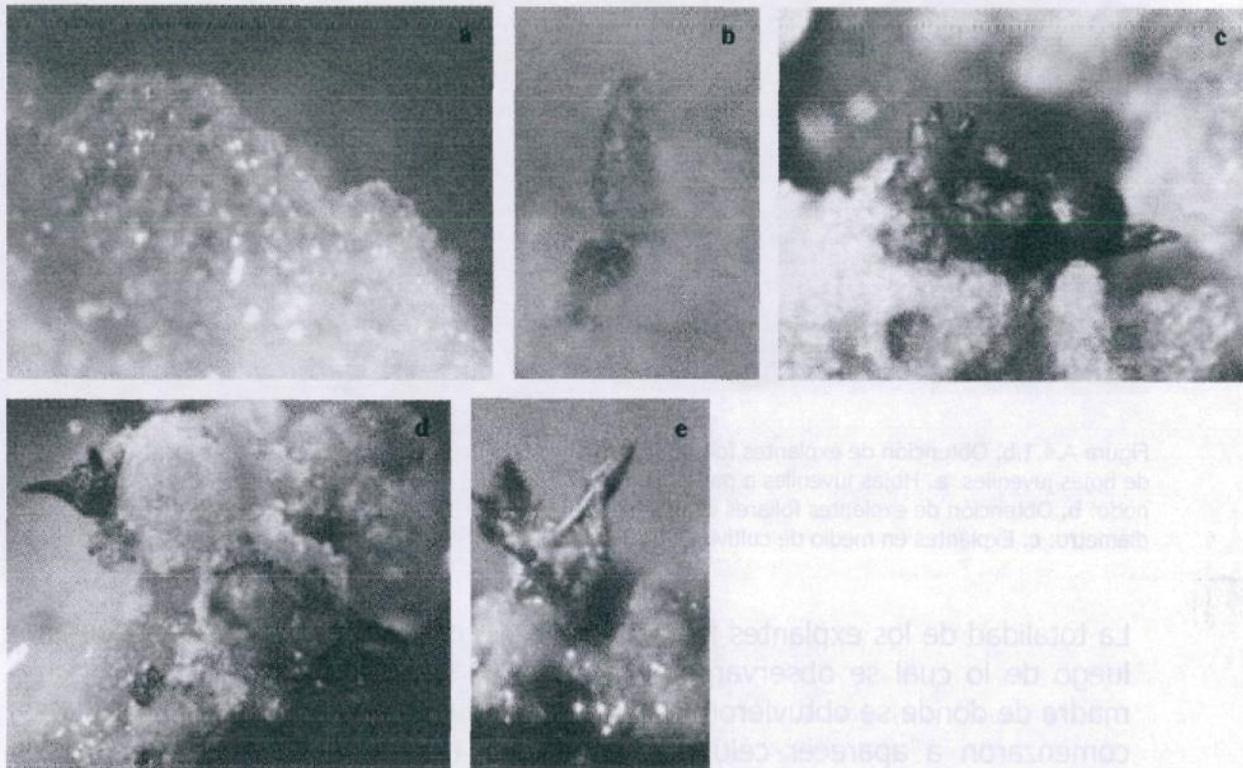


Figura A.4.3.a. Etapas de la organogénesis a partir de células pigmentadas de callos de explantes foliares. a. Aparición de células pigmentadas en callo. b. Morfogénesis de primordio foliar. c-d. Aparición de brotes. e. Brote con hojas.

Los callos que presentaron mayor crecimiento tuvieron la menor frecuencia de organogénesis.

No se observó organogénesis en células no pigmentadas.

A.4.4. Elongación y enraizamiento.

La elongación fue exitosa para un alto porcentaje de brotes (figuras A.4.4.a.a. hasta A.4.4.a.c.), sin embargo, el enraizamiento sólo se logró en 3 brotes (Figura A.4.4.a.d hasta A.4.4.a.f.), luego de uno a tres meses en medio con concentraciones adecuadas de IBA.

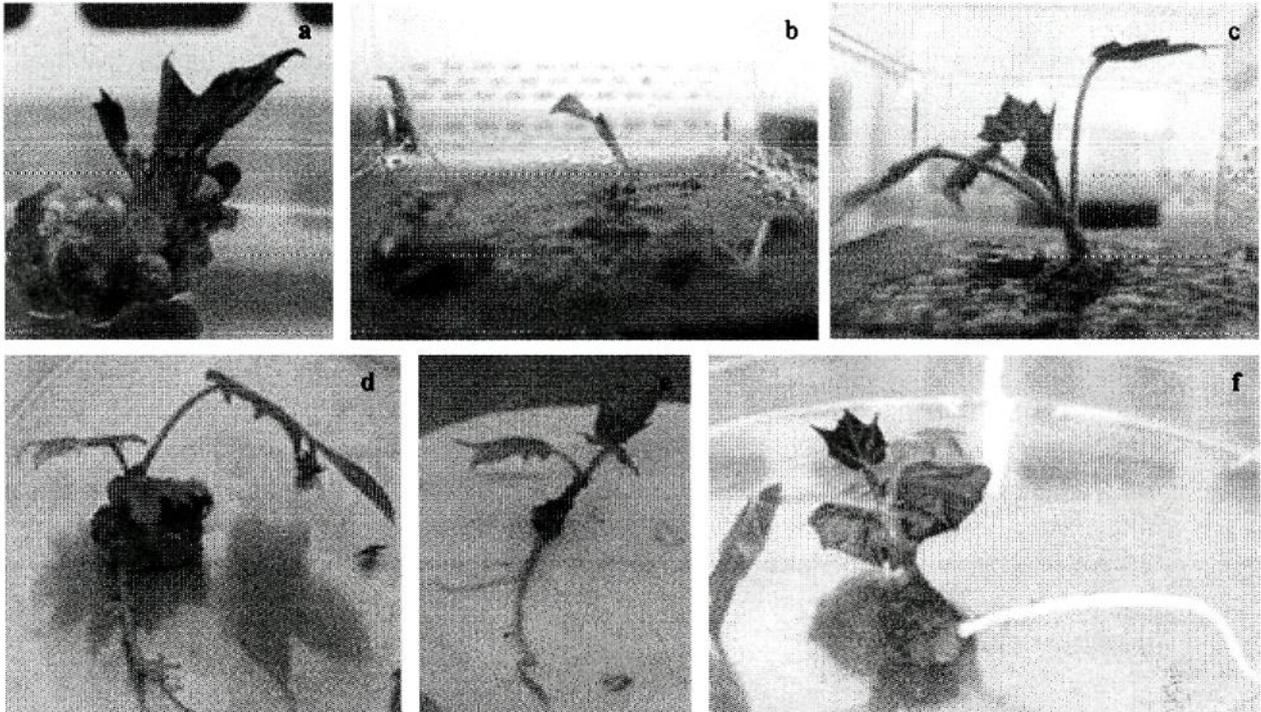


Figura A.4.4.a. Elongación y enraizamiento de brotes. **a.** Brotes listos para ser separados del callo y llevados al medio de elongación. **b.** Brotes en medio de elongación. **c.** Brote elongado y listo para ser cambiado a medio de enraizamiento. **d-f.** Clones enraizados.

A.4.5. Acimatación de plántulas y traslado a invernadero

Los 3 clones obtenidos de plantas madres diferentes, fueron aclimatados paulatinamente en sustrato de vermiculita estéril (Figura A.4.5.a.) y luego trasladados a maceteros con tierra y llevados al invernadero. Sólo un clon sobrevivió a esta última etapa.

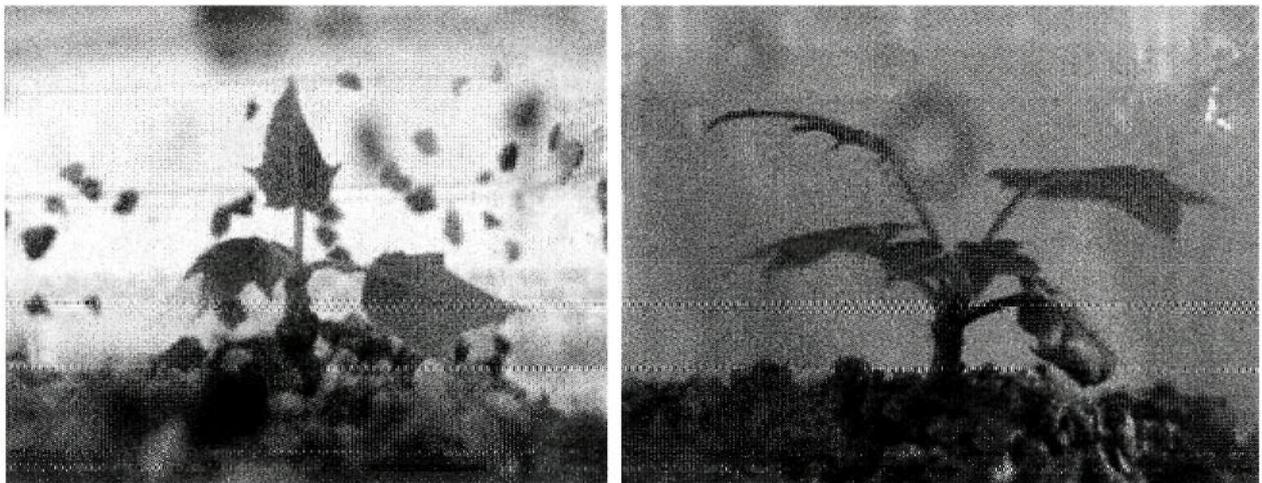


Figura A.4.5.a. Acimatación de clones en vermiculita.



Anexo 5. Germinación de semillas de *Jatropha curcas*

Según distinta literatura, el fruto es trilocular con una semilla en cada cavidad, formado por un pericarpo o cáscara dura y leñosa, indehisciente, de color inicial verde, pasando a amarillo, luego castaño y al final marrón oscuro y/o negro cuando ya logro su estado de maduración. La semilla es relativamente grande; cuando están secas miden de 1,0 a 1,5 cm de largo y 0,7 a 1,0 cm de ancho, con un tegumento quebradizo. Debajo del tegumento existe una película blanca cubriendo la almendra; albumen abundante, de color blanco, oleaginoso, conteniendo el embrión provisto de dos largos cotiledones achatados. Pesa alrededor de 0,551 a 0,797 gramos, dependiendo de la variedad y de las condiciones agronómicas del cultivo. Cada semilla tiene de 33,7 % a 45 % de cáscara y de 55 a 66 % de almendra.- se expresa que cada semilla cuenta con un 7,2 % de agua, 37,5 % de aceite y 55,3 % de azúcar, almidón, materiales minerales. Para Pramanik (2003) las semillas de *jatropha curcas* contienen del 30 a 50% de óleo vegetal, inodoro y fácil de extraer por presión.

Reproducción

La *Jatropha Curcas* se multiplica por distintos métodos de propagación:

- a - por semillas
- b - por vía vegetativa (estaca)
- c - in-vitro (reproducción de porta injertos por micro propagación)

En condiciones de campo solo se han probado 2 vías:

Propagación por semillas:

Al momento de adquirir la semilla, es importante considerar su pureza, debe estar libre de otros materiales como: semillas rotas, ramitas, hojas, insectos, semillas de otras especies, y cualquier otro elemento extraño y el porcentaje de germinación.

La propagación considerada por el proyecto, consistió en:

- 1- Preparación de almácigos: Se efectuó un tratamiento pre germinativo (humectación de la semilla). La germinación en bandejas con perlita, sustrato inerte con alta retención de humedad, tomó 7 días, siendo la germinación epigea (los cotiledones crecen sobre la tierra). Las plántulas comienzan a desarrollarse en las camas de germinación (Figura A.5.a), obteniéndose un Porcentaje de germinación superior al 95%, lo que permite producir grandes cantidades de plántulas (Figura A.5.b.), las que deben ser repicadas a bolsas para que alcancen el desarrollo necesario para su transplante en campo.



2- Preparación de plantines: Se utilizaron bolsas de 10x10 cm, con un sustrato compuesto por tierra de hoja y tierra dulce en proporción 3:2, el cual fue tratado previamente con BASAMID® GR, el cual en contacto con la humedad del suelo, es transformado en componentes activos, principalmente MITC (metilisotiocianato), el cual penetra en los espacios entre las partículas del suelo, eliminando los hongos, nematodos, bacterias, otras plagas y semillas de malezas en germinación, esto con el fin de asegurar el establecimiento de las plántulas y su crecimiento (Figura A.5.c.).

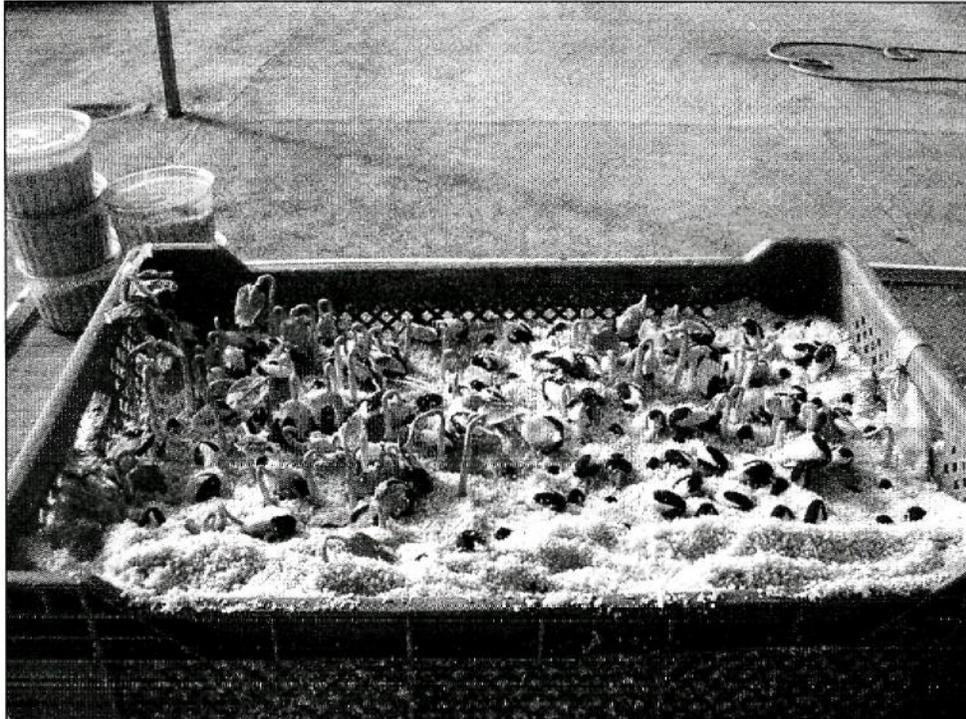


Figura A.5.a. Almacigueras con sustrato de perlita. Campo Experimental Agronómico Las Cardas.

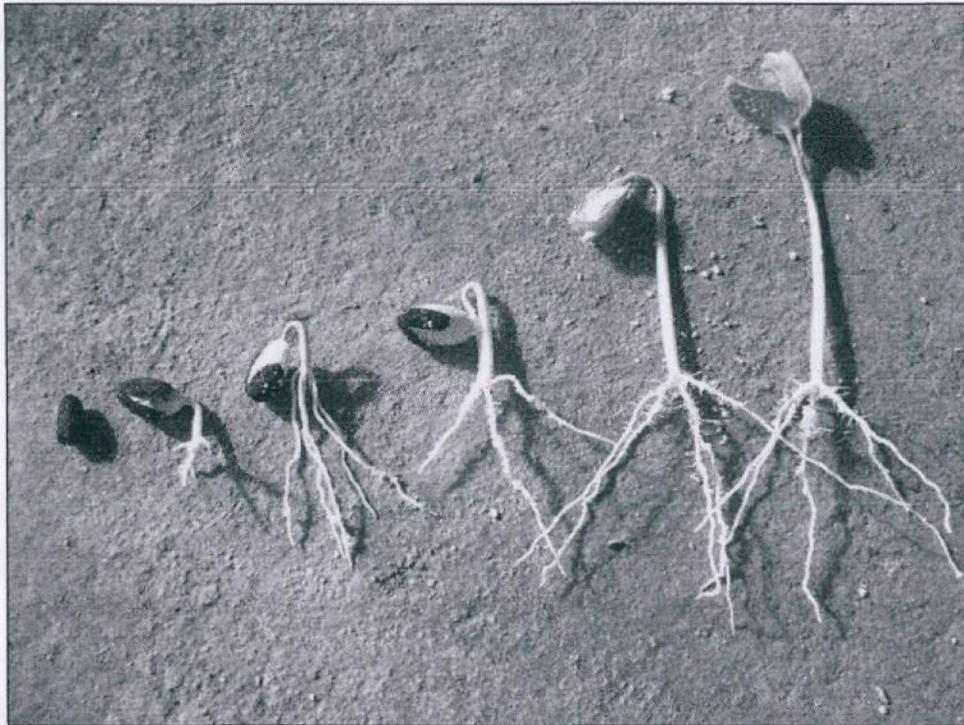


Figura A.5.b. Secuencia de germinación de *Jatropha curcas*. Campo Experimental Agronómico Las Cardas.

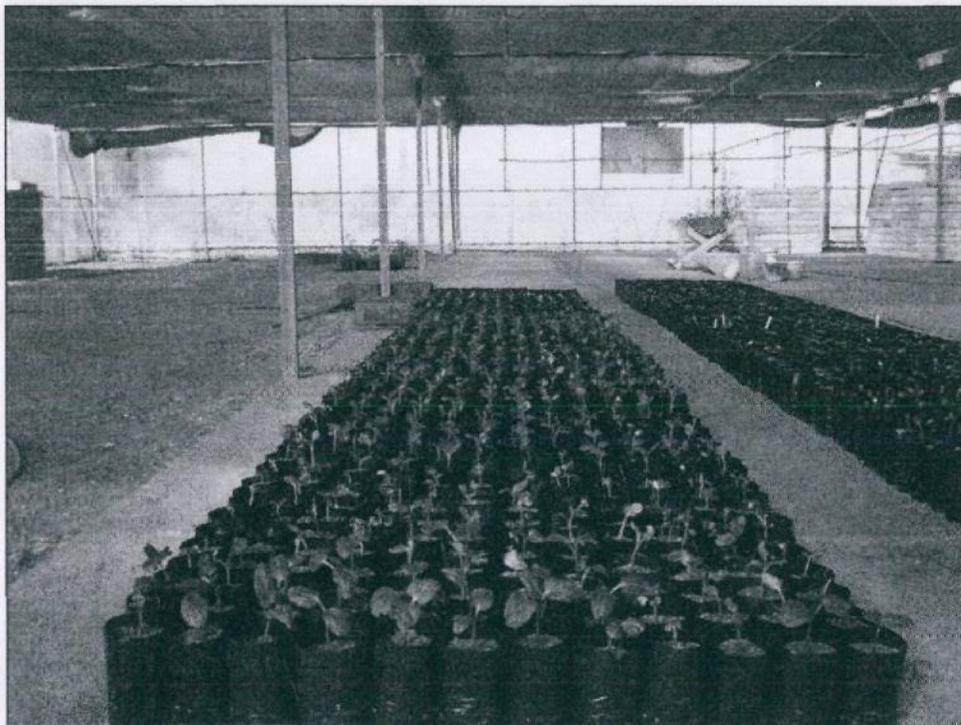


Figura A.5.c. Plantines de *Jatropha curcas*. Campo Experimental Agronómico Las Cardas.

Es importante considerar que la tasa de sobrevivencia de los plantines de *Jatropha curcas* en vivero, depende de la calidad del sustrato, de la humedad ambiente, del riego, temperatura y sanidad.



Propagación por estacas:

Una vez establecidas las plantas en campo, se procedió a podar para favorecer la ramificación secundaria, el material sobrante fue utilizado para la propagación a través de estacas. Se cortaron trozos de mínimo 4 yemas, los cuales fueron lavados en una solución fungicida y se les aplicó un enraizante comercial. Posteriormente fueron colocados en bandejas con perlita, la aparición de raíces no obedece a un patrón claro en cuanto a tiempo, lo que obliga a revisar continuamente para proceder al repique a bolsa con sustrato definitivo.



A.6. Estimación de la Eficiencia del uso del agua y KDPV para plantas jóvenes de *Jatropha curcas* L.

A.6.1. Introducción

Hoy en día la agricultura pasa por un momento crítico, ya que en la actualidad no sólo sustenta la producción para la alimentación humana, sino que, además cada vez se hace parte más activa en la producción de bioenergía. Este último ha generado la búsqueda y desarrollo de cultivos alternativos los cuales compitan marginalmente por los insumos que ocupa tradicionalmente la producción de alimentos, especialmente; agua y suelo. El cultivo de *Jatropha curcas*, se ha enmarcado dentro de estos ya que éste tendría la capacidad de ser productivo y crecer con éxito en zonas áridas y en suelos con limitantes severas para la producción agrícola (Abou y Atta, 2009). El interés productivo de este cultivo se relaciona con su alto contenido de aceite en la semilla, cercano al 35% (Maeset *et al.*, 2009) lo cual lo hace interesante al momento de pensar en la generación de biocombustible.

Dentro de la literatura se plantean características favorables para este cultivo, sobre todo en lo referente a su rusticidad en condiciones de déficit hídrico. Sin embargo su comportamiento productivo en condiciones de riego deficitario no está bien documentado, y mucha de la literatura disponible no posee las referencias adecuadas para validar sus resultados. Por ejemplo Ouwens *et al.* (2007) plantea que los requerimientos hídricos mínimos para la sobrevivencia del cultivo están en el orden de los 300 mm al año, y del orden de 600 mm al año como base para la producción. Esta información se contrapone a la idea de que este cultivo presenta bajos requerimientos hídricos. Ouwens *et al.* (2007) además agrega que *Jatropha* responde bien a la aplicación de fertilizantes en suelos marginales, lo que hace pensar que el cultivo está lejos de su producción máxima.

La eficiencia del uso del agua (EUA), definida como la tasa de biomasa producida (B) por unidad de agua transpirada (Tc) por un cultivo ha sido usado como una guía para evaluar el rendimiento de los cultivos bajo condiciones de agua limitante, considerando zonas climáticas contrastantes. Sin embargo la variabilidad de los resultados experimentales de EUA para una misma especie a derivado en el uso de este parámetro solo como un valor referencial más que un predictor (Stöckle *et al.*, 2008). La relación producción de biomasa vs transpiración usualmente es lineal, con una dispersión que disminuye cuando la transpiración es normalizada por el déficit de presión de vapor (DPV). Consecuentemente aproximaciones para estimar EUA han sido desarrolladas entre otros por Tanner y Sinclair (1983) (Ecuación 1), donde la normalización por DPV considera el efecto del clima en la determinación de EUA mientras que kDpv se mantiene relativamente constante (Stöckle *et al.*, 2008).

$$\text{EUA} = \text{kDa} * \text{DPV}^{-1} \quad (1)$$



Donde: EUA = Eficiencia del uso del agua (g Kg^{-1}), DPV = Déficit de presión de vapor (kPa) y, KDa = Parámetro dependiente del cultivo (Pa).

Por lo tanto el objetivo de esta investigación fue la determinación experimental de EUA y KDPV en plantas jóvenes de *Jatropha curcas* lo que permitiría obtener una primera aproximación para proyectar el potencial de desarrollo de esta especie en zonas climáticas distintas, permitiendo la modelación de biomasa producida en función de montos de agua conocidos para condiciones climáticas en donde se conozca el DPV.

A.6.2. Materiales

Este estudio se realizó en la estación experimental Las Cardas (Figura A.6.2.a.), ubicada en la Comuna de Coquimbo, VI Región ($30^{\circ} 13' \text{ S}$, $71^{\circ} 15' \text{ O}$). El sitio donde se realiza el ensayo es de un clima mediterráneo subtropical semiárido (INIA, 1990), presenta temperaturas elevadas durante el día las cuales descienden al anochecer. Tiene una amplitud térmica diaria del orden de 18 a 20 °C. El régimen térmico se caracteriza por temperaturas que varían, en promedio, entre una máxima media de enero de 30,5 °C y una mínima media de julio de 5,4 °C. El período libre de heladas es de 270 días con un promedio de 12 heladas por año. Registra anualmente 1950 días-grado y 550 horas de frío. Presenta una alta variabilidad pluviométrica. Las precipitaciones son de régimen frontal y se presentan en invierno, donde precipita entre el 75% y el 85% de las cantidades anuales. El régimen hídrico observa una precipitación media anual de 152,7 mm, un déficit hídrico de 1.850 mm y un período seco de 9-10 meses.

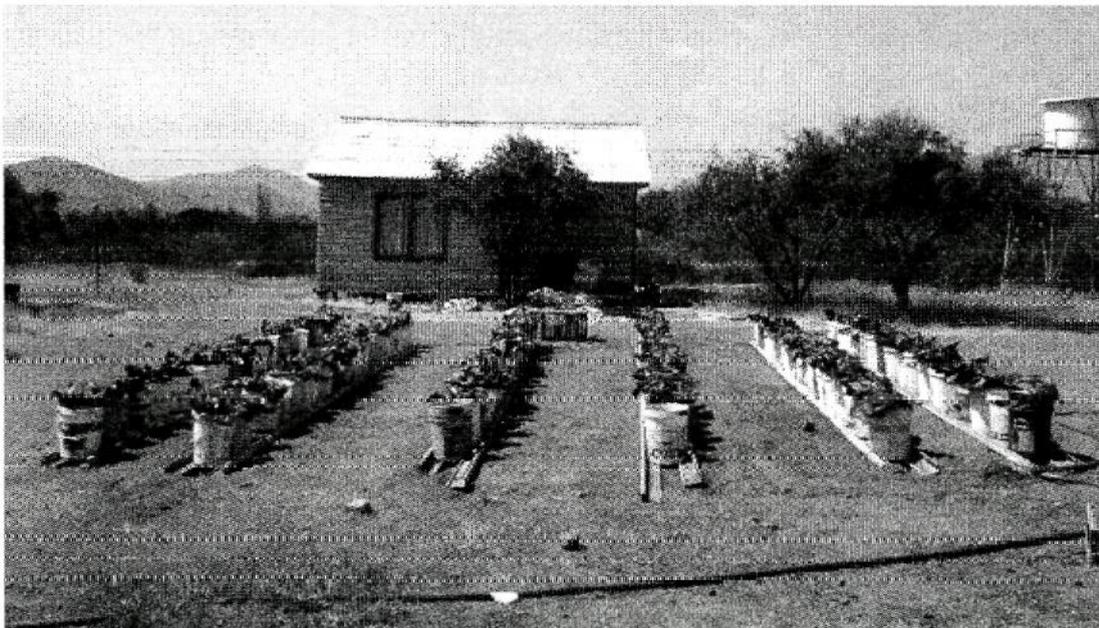


Figura A.6.2.a. Ensayo EUA y KDPV, Estacion Experimental Las Cardas.



Para el ensayo se utilizaron contenedores de 20 litros, con un sustrato formado por 2/3 de tierra de hoja más 1/3 de arena, cubiertos en la superficie con un plástico de polietileno de 1 (mm). El material vegetal utilizado fueron plantas germinadas, de aproximadamente una temporada de crecimiento.

A.6.3. Métodos

El experimento tuvo una duración de 3 meses (Enero a Marzo 2010).

Los tratamientos fueron tres con distintas frecuencias de riego:

Tratamiento 1: riego cada 6 días, luego cambiado a 8 días.

Tratamiento 2: riego cada 8 días, luego cambiado a 12 días.

Tratamiento 3: riego cada 9 días, luego cambiado a 24 días.

La eficiencia en el uso del agua se obtuvo al final del ensayo como la primera derivada de la recta ajustada a la materia seca producida (g) en función de la transpiración acumulada (kg) mediante la Ecuación 2:

$$EUA = \frac{\delta B}{\delta T} \quad (2)$$

Donde: EUA = Eficiencia del uso del agua; B = Biomasa; T = Transpiración acumulada

El agua transpirada fue determinada a través de dos metodologías: Variación del contenido de agua volumétrico en sustrato: se asumió la transpiración del cultivo igual a la variación del contenido volumétrico de agua en el sustrato ocurrida entre cada evento de riego. La evaporación de agua desde el sustrato será evitada cubriendo la superficie de cada planta con polietileno negro de 1 mm de espesor, por lo que el efecto de este proceso en la variación del contenido de agua será despreciable.

El contenido volumétrico de agua se monitoreó de 0 a 30 cm de profundidad continuamente con una sonda del tipo TDR (CS_616, Campbell Scientific) en 4 unidades experimentales.

Las medición de biomasa se efectuó en base a materia seca (MS), en la que se extrajeron 4 plantas completas (parte aérea y radical) por tratamiento cada 20 días, las que fueron secadas a 65 °C hasta que la variación de peso fue despreciable.

Para la determinación del déficit de Presión de vapor (DPV), se registraron valores de DPV cada 15 minutos en una estación agroclimática cercana al ensayo (Davis instruments, California, EE.UU).



El valor de kDPV se obtuvo como la primera derivada de la recta ajustada a la materia seca producida (g) en función de la transpiración acumulada dividida por el déficit de presión de vapor promedio diario acumulado (kg kPa^{-1}).

A.6.4. Resultados y discusión

Los resultados obtenidos para EUA son presentados en la Figura A.6.4.a.

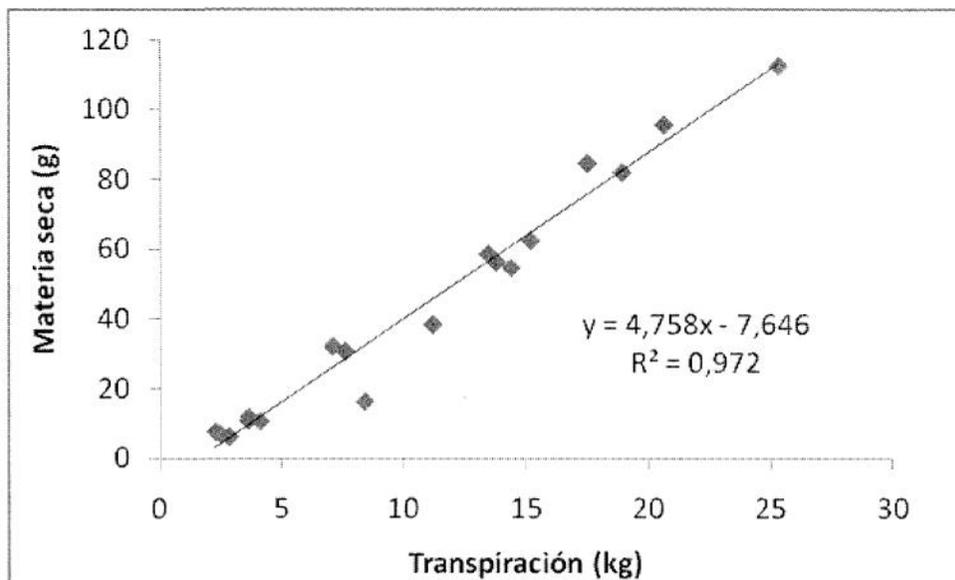


Figura A.6.4.a. Curva de EUA de *Jatropha curcas*.

La figura muestra una respuesta lineal y una alta correlación entre producción de materia seca y el agua transpiración ($R^2=0,972$) obteniéndose un valor de EUA 4,758 g de MS por cada Kg de agua transpirada. Este resultado es posible contrastarlo con un cultivo tradicional como trigo (Cuadro A.6.4.a.)

Cuadro A.6.4.a. Eficiencia del uso del agua de Trigo, Maíz, y Jatropha.

Especie	Nombre científico	EUA (g kg^{-1})
Trigo ¹	<i>Triticum spp.</i>	4,61
		4,49
		3,95
Jatropha ²	<i>Jatropha curcas</i> L.	4,758

¹ Siddique, 1990.

² Parada, 2011. No publicado.

A partir de los resultados obtenidos se puede mencionar que este cultivo tiene un comportamiento similar al de un cultivo con metabolismo C3 como el trigo, no expresando diferencias en lo referente a su EUA.

Por otro lado, si se observo una alta tolerancia a la sequía, situación que se vio reflejada con mediciones paralelas a este ensayo donde las plantas sometidas a las frecuencias de riego más bajas no presentaron diferencias



significativas en sus valores de potencial hídrico xilemático determinado a mediodía.

Los resultados para la obtención de KDPV se pueden apreciar en la Figura A.6.4.b.

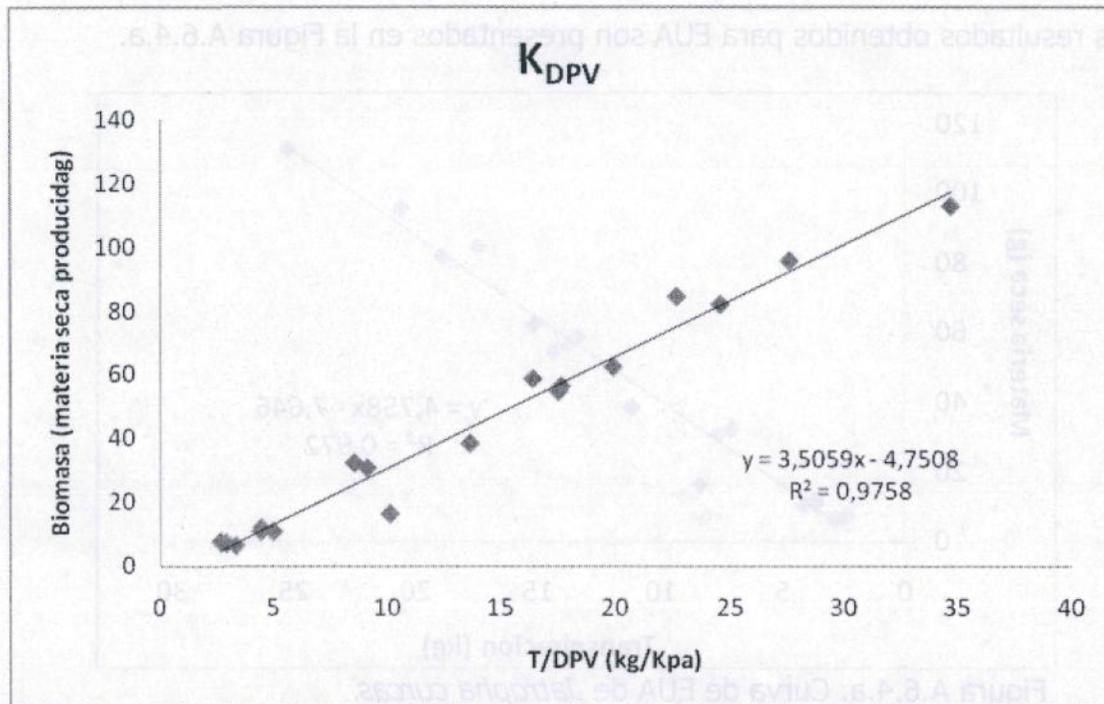


Figura A.6.4.b. Curva de biomasa vs transpiración/déficit de presión de vapor, para la estimación de KDPV

En función de los datos obtenidos, se ajustó una regresión lineal con un R^2 de 0,975, lo que hace posible determinar que el KDPV de *Jatropha curcas* es de 3,505 g de MS por cada (Kg de agua transpirada)/Déficit de presión de vapor. Al contrastar estos resultados con alguna de la información disponible para valores de KDPV en el cultivo de trigo la conclusión es similar a la ya expresada para EUA (Cuadro A.6.4.b.).

Cuadro A.6.4.b. Valores de KDPV para Trigo y, *Jatropha*.

Especie	Nombre científico	KDPV (Pa)
Trigo ¹	<i>Triticum spp.</i>	4,43
		4,67
		4,11
<i>Jatropha</i> ²	<i>Jatropha curcas L.</i>	3,505

¹ Siddique, 1990.

² Parada, 2011. No publicado.

La importancia del valor de KDPV radica en la obtención de una herramienta simple que sirve como primera aproximación para determinar la producción



potencial de biomasa de este cultivo en distintas zonas climáticas y con regímenes hídricos diferenciales. Es necesario sin embargo complementar estos resultados en una segunda etapa con seguimientos en plantas adultas.



A.7. Caracterización del aceite de *Jatropha curcas*.

A.7.1. Método

A.7.1.1. Extracción de lípidos

Se consideraron semillas tóxicas y no tóxicas de *Jatropha curcas* para efectuar la comparación de ambos ecotipos, en el caso de las semillas no tóxicas fueron obtenidas en Chile, pero su origen es mexicano, mientras que las semillas tóxicas fueron importadas desde Guatemala.

A las semillas se les sacó la testa o corteza, quedando únicamente la nuez. Se emplearon 0,5 g de cada muestra de semilla, se colocaron en un tubo con tapa rosca. Al tubo, posteriormente, se le agregó cloroformo, metanol y cloruro de sodio (NaCl), en distintas etapas. La mezcla se homogeneizó empleando mezcladores Turrax, hasta que no quedaran rastros de las semillas. Finalmente, se agregó ácido acético, batiéndose vigorosamente para lograr la separación en tres fases: fase inferior o clorofórmica, fase intermedia o proteica y fase superior o metanólica.

Luego de que se haya agitado, se procedió a retirar las distintas fases presentes. Primero se extrajo la fase clorofórmica traspasándose a otro tubo de vidrio. Por si es que quedarán remanentes en el tubo principal, nuevamente se le agregó cloroformo y se agitó. Se extrajo la fase clorofórmica restante, traspasándola al mismo tubo donde se había colocado la fase clorofórmica inicialmente. Posteriormente se separó la fase metanólica de la proteica, quedando cada fase aislada en tubos diferentes. De esta manera es posible contabilizar el porcentaje de aceite y esteres de forbol correspondientes en cada una de las semillas.

Finalmente, a la fase clorofórmica se le adiciona hexano, etanol y agua, y se centrifuga para separar el aceite de los remanentes de esteres de forbol presentes. La fase del hexano, contiene el aceite puro y lavado unido al hexano, y la fase etanólica contiene los remanentes de los esteres de forbol.

A.7.1.2. Caracterización del aceite de las semillas de *jatropha*

Para efectuar la caracterización del aceite, se empleó el aceite puro y lavado obtenido desde la fase clorofórmica. Se realizó el proceso de transesterificación (Figura A.7.1.2.a.), donde se mezclan los triglicéridos, un alcohol y un catalizador, para obtener un alcohol (glicerol) y tres alcoholes esteres (Srivastava y Prasad, 2000; Demirbas, 2009b). Se utilizó un porcentaje de aceite y se agregó un estándar interno (STD) C19, al emplear este estándar -en una cantidad conocida- se puede extrapolar los datos según los peaks que se obtengan, de esta manera es posible calcular los distintos ácidos grasos presentes en el aceite.



Los alcoholes esteres, obtenidos por medio de la transesterificación, se diluyeron en hexano. Luego se tomaron 15 μl de la solución resultante y se diluyeron nuevamente en hexano, esta solución se inyectó en el Cromatógrafo de gases/Espectrometría de masas (GC/SM), empleando el método Faminno.

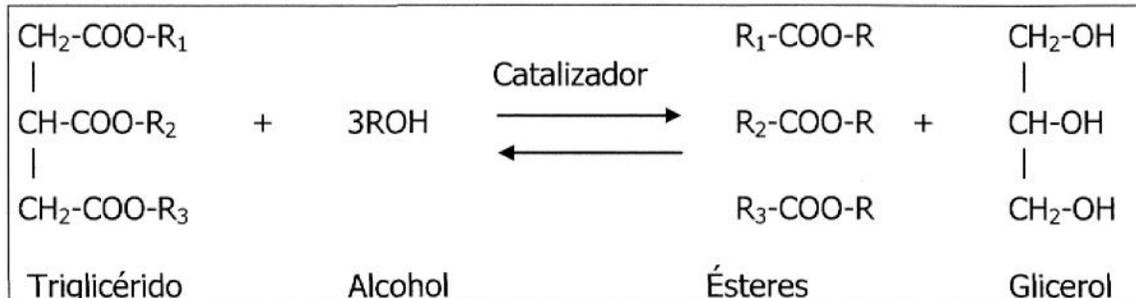


Figura A.7.1.2.a. Proceso de transesterificación de triglicéridos (Fuente: Srivastava y Prasad, 2000; Demirbas, 2009b)

A.7.1.3. Estimación de los niveles de esteres de forbol en las semillas

Para calcular el contenido de esteres de forbol presentes en las semillas de *Jatropha*, se empleó la fase metanólica obtenida luego de la extracción de los lípidos, ya que es en esta fase donde se encuentran concentrados los esteres de forbol.

Primero es necesario eliminar los remanentes de agua que quedan en el tubo, por lo que se efectúa el proceso de liofilización. El tubo se deseca al vacío a muy bajas temperaturas, y por medio de la sublimación, el agua restante es eliminada. Luego el extracto liofilizado es diluido en etanol, se extrajo una muestra de 1 ml la que fue disuelta en fase móvil (80% Acetonitrilo y 20% Agua). Finalmente se inyectaron 200 μl en HPLC (High Performance Liquid Chromatography). Se utilizó un detector UV con una longitud de onda de 280 nm y una columna Wakosil-II 5C18 H6 de 4,6 mm x 250 mm, con una velocidad de flujo de 1ml min^{-1} .

La mezcla de fase móvil empleada para determinar el contenido de esteres de forbol, tiene la particularidad de reducir los tiempos de retención en que se observan los esteres de forbol, desde 30 min a entre 6 y 11 minutos (Figura A.7.1.3.a). Por lo tanto, se esperaría que en ese intervalo de tiempo en el cromatograma aparecieran los esteres de forbol. Se debe considerar un intervalo de tiempo para la estimación, ya que la reducción en el tiempo, provoca que se deteriore la resolución de los peaks (Hans y Mittelbach, 2000).

A.7.2. Resultados

A.7.2.1. Caracterización del aceite de las semillas de *Jatropha*

El contenido de aceite entre las semillas tóxicas y no tóxicas, no presenta grandes diferencias (Cuadro A.7.2.1.a.), encontrándose el porcentaje de aceite



en las semillas, en ambos ecotipos, dentro del mismo rango. Esto se condice por lo expuesto por Makkar y Becker (1997), quienes concluyeron que no existen diferencias significativas en el contenido de aceite entre ambos ecotipos, los que se encuentran entre 56 y 58%.

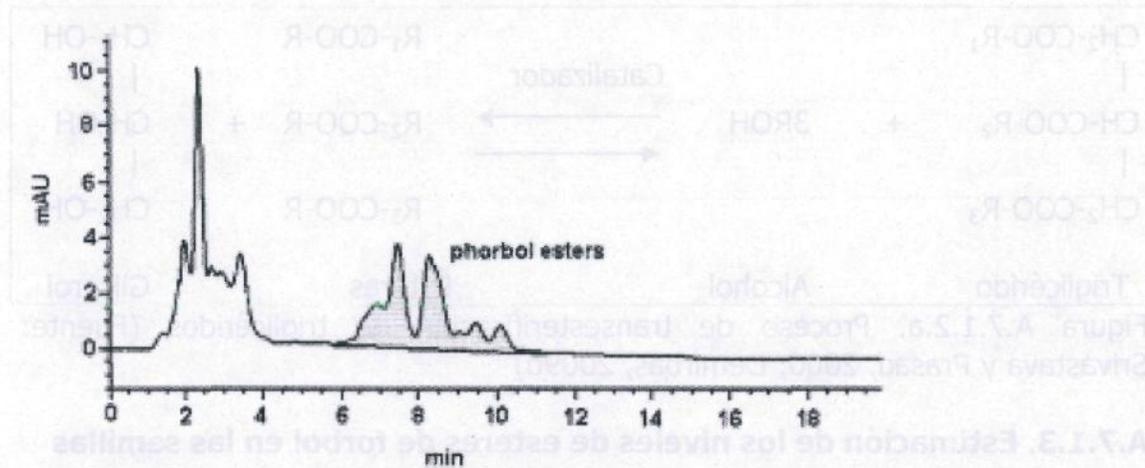


Figura A.7.1.3.a. Cromatograma de la fase metanólica del aceite, con la aparición de los esteres de forbol en el tiempo de retención entre 6 y 10 minutos (Hans y Mittelbach, 2000).

Cuadro A.7.2.1.a. Contenido de aceite en las semillas de *Jatropha curcas*, ecotipo tóxico (ST) y no tóxico (SNT).

Tipo de Semilla	Porcentaje del peso total	Desviación Estándar
SNT	53,84	8,73
ST	62,31	12,8

Además se puede observar, que en ambos casos el contenido de aceite en las semillas descortezadas sobrepasa el 50%, encontrándose dentro del rango planteado por Pramanik (2003) quién sostiene que las semillas de jatropha poseen entre 30 y 50% de aceite, mientras que en el corazón o nuez de las semillas el contenido se encontraría entre 45 y 60%. Makkar y Becker (1997), también concluyeron que las semillas sin cortezas poseen entre 56 y 58% de aceite. Existen otros autores que sostienen que el contenido de aceite en la nuez de las semillas (semillas descortezadas) oscila entre 40 y 60% (Aderibigbe *et al.*, 1997; Wink *et al.*, 1997; Kumar y Shrama, 2008).

La composición de ácidos grasos del aceite, se obtuvo por medio de cromatogramas desde el Cromatógrafo de gases/Espectrometría de masas (GC/SM), tanto para los ecotipos tóxicos y no tóxicos. A simple vista se pudo observar que ambos cromatogramas son muy similares y que los ácidos grasos correspondientes son observados a tiempos de retención muy semejantes, lo que sugiere que los ácidos grasos presentes en el aceite de las semillas de ambos ecotipos son los mismos (figuras A.7.2.1.a y A.7.2.1.b.). En ambos cromatogramas los peaks corresponden a los siguientes ácidos grasos, desde



izquierda a derecha: ácido Palmítico (C16:0), ácido Esteárico (C18:0); ácido Oleico (C18:1); ácido linoleico (C18:2); ácido Nonadecanoico, el que fue empleado como un estándar interno (C19:0).

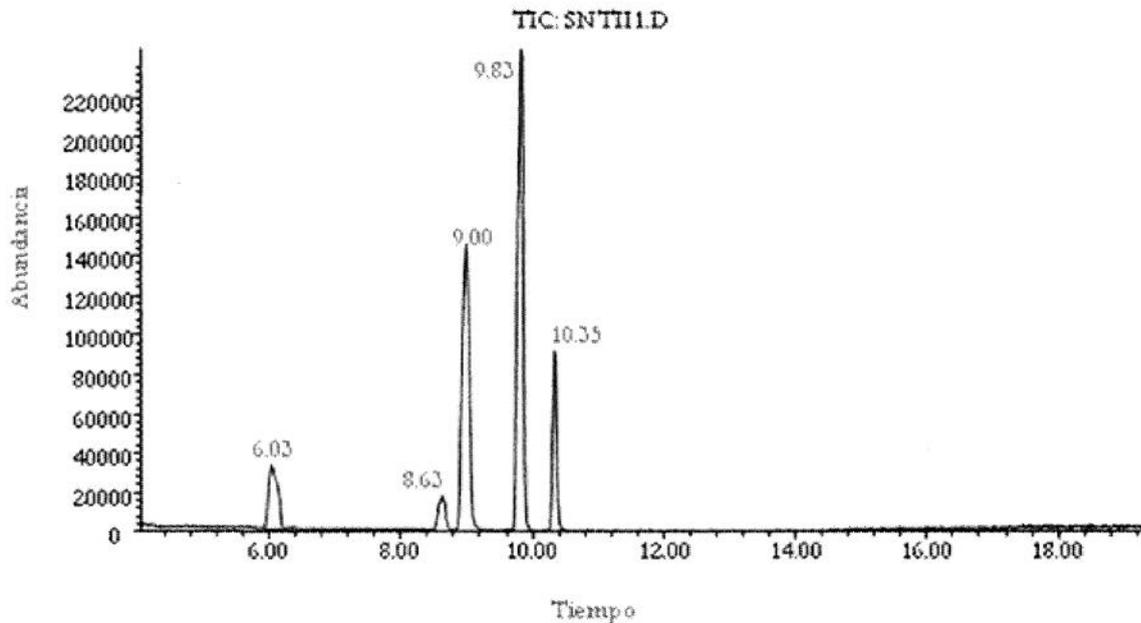


Figura A.7.2.1.a. Cromatograma de gases para el ecotipo de semillas no tóxicas de *Jatropha curcas*, empleado para determinar el contenido y tipos de ácidos grasos presentes en sus semillas.

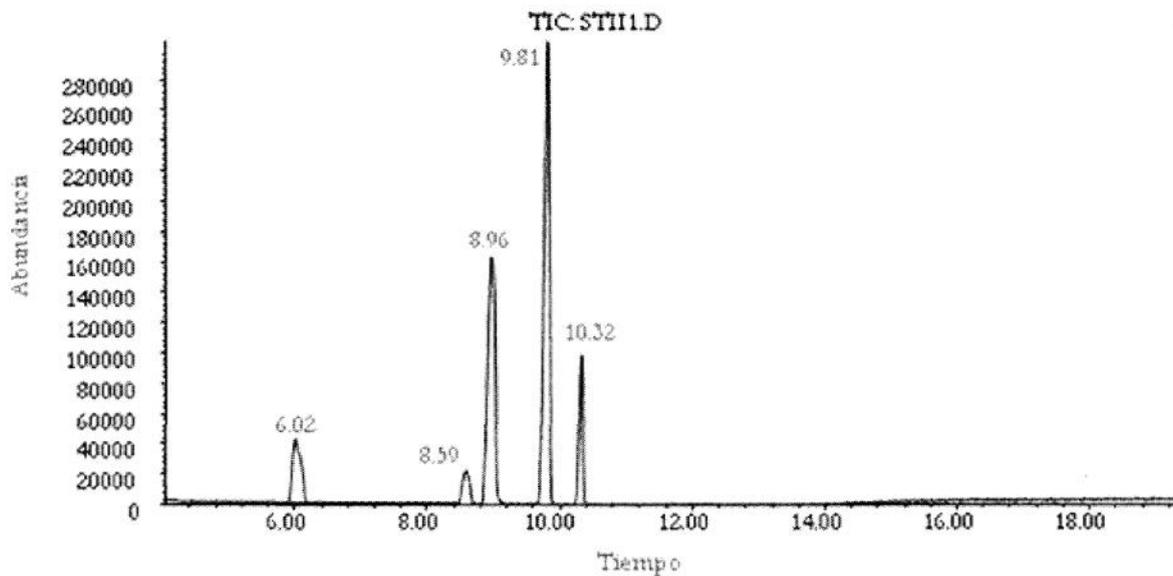


Figura A.7.2.1.b. Cromatograma de gases para el ecotipo de semillas tóxicas de *Jatropha curcas*, empleado para determinar el contenido y tipos de ácidos grasos presentes en sus semillas.



Para conocer el porcentaje de cada ácido graso presente en el aceite de las semillas, se emplea el estándar interno (C19:0) como referencia. Se calculó según el área que abarca cada peak, obteniendo de manera cuantitativa un valor aproximado de los ácidos grasos en el aceite (Cuadro A.7.2.1.b.).

Cuadro A.7.2.1.b. Composición de ácidos grasos (%) de las semillas de *Jatropha*, para ecotipos desde semillas tóxicas (ST) y no tóxicas (SNT).

Composición	SNT	ST
Ácido Palmítico (C16:0)	10,6	10,9
Ácido Estearico (C18:0)	5,0	5,1
Ácido Oleico (C18:1)	36,4	35,5
Ácido Linoleico (C18:2)	47,9	48,5

La composición de ácidos grasos del aceite de *Jatropha*, se condice con lo expuesto por Achten *et al.* (2008), quienes resumieron los resultados de varias publicaciones donde se efectuó una caracterización del aceite de *Jatropha*. Según éste análisis los principales ácidos grasos presentes en el aceite son: ácido Palmítico (14,54%), ácido Estearico (6,30%), ácido Oleico (42,02%) y ácido Linoleico (35,85%), al igual que los resultados obtenidos en este estudio, además se encuentran los ácidos Mirístico (C14:0), Palmitoleico (C16:1), Linolénico (C18:3), Araquídico (C20:0), Eicosenoico (C20:1), Eicosadienoico (C20:2) y Behénico (C22:0), pero en porcentajes menores (alrededor de 1,76%).

El ácido graso que se presenta en mayor porcentaje en ambos ecotipos es el ácido Linoleico, el cual se encuentra entre 47,9 y 48,5%, en cambio, según lo obtenido por Achten *et al.* (2008) el ácido Oleico es el que se tiene en mayor proporción en las semillas, con un 42,02%. Muchos autores avalan lo expuesto por Achten *et al.* (2008) considerando al ácido Oleico como el principal componente del aceite (Augustus *et al.*, 2002; Akintayo, 2004; Kpoviessi *et al.*, 2004; Azam *et al.*, 2005; Vaknin *et al.*, 2011; Yee *et al.*, 2011), aunque también existen otros antecedentes donde es el ácido Linoleico es el que se encuentra en mayor proporción. Semillas colombianas, pakistaníes y nigerianas, además de las semillas analizadas en Chile en este estudio, demuestran un mayor porcentaje de ácido Linoleico en su composición. En Colombia se estudió la composición del aceite de *J. curcas* variedad Brasil provenientes desde dos localidades colombianas, siendo el ácido Linoleico el que se encuentra en mayor proporción con entre 42,3 y 43,2%, lo sigue de cerca el ácido Oleico con 33,2 a 34,3% (Pedraza y Cayón, 2010), siendo similar a los resultados obtenidos en este estudio. En las semillas de Pakistán y Nigeria también es el ácido Linoleico el que se presenta en mayor porcentaje, 49,75% y 47,3% respectivamente, pero a diferencia de lo que ocurre con los otros estudios, donde el ácido Oleico y el ácido Linoleico se alternan el mayor porcentaje, en ambos casos es el ácido Estearico el segundo ácido en importancia con 16,8% y 17% en Pakistán y Nigeria, siendo tercero el ácido Oleico con 13% y 12,8%, respectivamente (Adebowale y Adedire, 2006; Rashid *et al.*, 2010).



A.7.7.2. Estimación de los niveles de esteres de forbol en las semillas

El contenido de esteres de forbol de las semillas de *Jatropha* se obtuvo por medio del análisis de la fase metánolica, se analizó tanto para las semillas tóxicas y las no tóxicas, para poder comparar cómo se comportan en este aspecto. En las figuras A.7.7.2.a. y A.7.7.2.b. se pueden observar los cromatogramas donde se da a conocer el contenido de esteres de forbol presentes en las semillas.

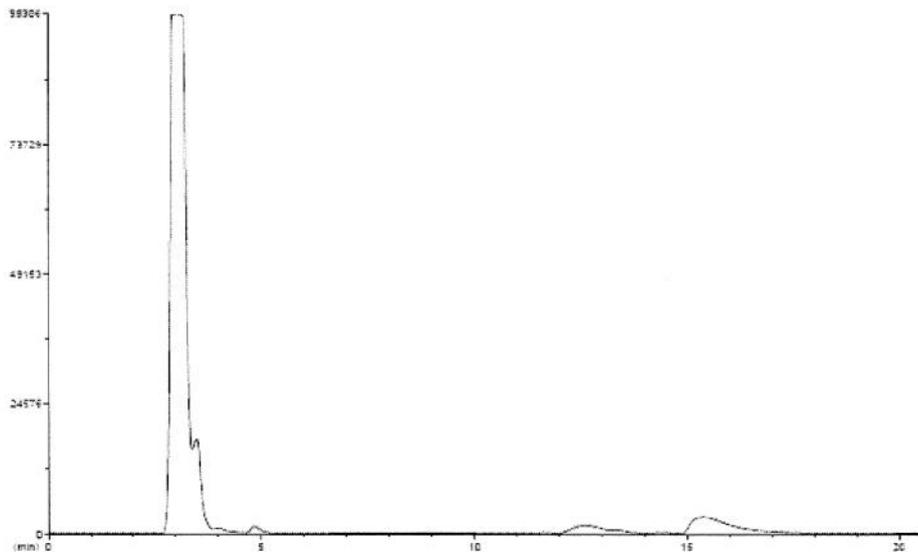


Figura A.7.7.2.a. Cromatograma de líquido para el ecotipo de semillas no tóxicas de *Jatropha curcas*, empleado para determinar el contenido de esteres de forbol en sus semillas.

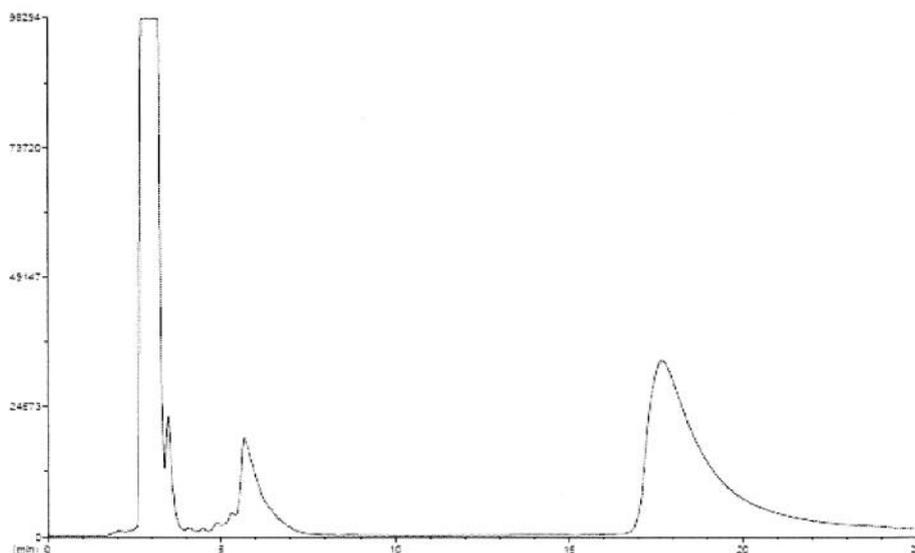


Figura A.7.7.2.b. Cromatograma de líquido para el ecotipo de semillas tóxicas de *Jatropha curcas*, empleado para determinar el contenido de esteres de forbol en sus semillas.



Los cromatogramas de las figuras A.7.7.2.a. y A.7.7.2.b. tienen diferencias claras entre sí. En la Figura A.7.7.2.b. se pueden observar dos peaks distintos a los de la Figura A.7.7.2.a., según lo expuesto por Hans y Mittelbach (2000), el segundo peak correspondería a los esteres de forbol, ya que se presenta en los tiempos de retención de entre 6 y 11 minutos, en ese tiempo el peak en las semillas tóxicas se encuentra claramente denotado, en cambio, en las semillas no tóxicas se puede apreciar un pequeño peak, pero insignificante en comparación con el de las semillas tóxicas. En el Cuadro A.7.7.2.a. se puede observar el contenido de esteres de forbol presentes en ambos ecotipos de semillas, según los peak registrados en ambos cromatogramas. El tercer peak presente en las semillas tóxicas, sirve para la comparación entre los ecotipos, ya que no se presenta de la misma manea en las semilla no tóxicas, aunque no se conoce la causa del peak.

Cuadro A.7.7.2.a. Contenido de esteres de forbol ($\mu\text{g g}^{-1}$ semilla) en las semillas de *Jatropha curcas*, ecotipo tóxico (ST) y no tóxico (SNT).

Tipo de Semilla	Contenido de esteres de forbol
SNT	9
ST	630

En las semillas tóxicas se registraron $630 \mu\text{g g}^{-1}$ semilla, este valor es similar a los obtenidos por Devappa *et al.* (2010), donde el contenido de esteres de forbol varía entre 578 y $950 \mu\text{g g}^{-1}$ aceite, estos valores se obtuvieron por medio de distintos métodos de estimación -para el contenido de esteres de forbol-. Por otro lado, Makkar *et al.* (1998) determinó que las semillas de *jatropha* poseen entre 2.170 y $2.700 \mu\text{g g}^{-1}$ semilla, encontrándose muy por encima de los valores registrados en este estudio. Adicionalmente, Makkar *et al.* (1998) encontró que el contenido de esteres de forbol de los ecotipos no tóxicos son mucho menores que en los tóxicos, equivaliendo al 4,07% del total de esteres de forbol existentes en las semillas tóxicas. En este estudio se encontró una relación similar, donde el contenido de esteres de forbol en las semillas no tóxicas corresponde al 1,43% del total registrado en las semillas tóxicas. De todos modos, el contenido de esteres de forbol obtenido en este estudio, $9 \mu\text{g g}^{-1}$ semilla, es mucho menor que los $110 \mu\text{g g}^{-1}$ semilla registrado por Makkar *et al.* (1998). Los contenidos de esteres de forbol, para ambos ecotipos, son menores que en el estudio de Makkar *et al.* (1998), por lo que pueden ser una alternativa interesante a futuro.



Anexo 8. Fichas participantes

A.8.1. Fichas de Entidades del Proyecto FIA-Jatropha

A.8.1.1. Entidad Ejecutora: Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile

Nombre de la organización, institución o empresa	Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile		
RUT de la Organización	60.910.000-1		
Tipo de Organización	Pública	<input checked="" type="checkbox"/>	Privada
Dirección	Santa Rosa 11315, La Pintana, Santiago		
País	Chile		
Región	Región Metropolitana		
Ciudad o Comuna	La Pintana, Santiago		
Fono	9785754		
Fax	9785970		
Email	alizana@uchile.cl		
Web	http://agronomia.uchile.cl/		
Tipo entidad (C)	Universidades Nacionales		

A.8.1.2. Entidad Asociada: Agroenergía S.A.

Nombre de la organización, institución o empresa	Agroenergía SA		
RUT de la Organización	76.020.174-k		
Tipo de Organización	Pública	<input type="checkbox"/>	Privada
Dirección	Tikal 188		
País	Chile		
Región	Región Metropolitana		
Ciudad o Comuna	Las Condes		
Fono			
Fax			
Email	karim.cano@gmail.com		
Web	www.agroenergia.cl		
Tipo entidad (C)	Instituciones o entidades Privadas		



A.8.1.3. Entidad Asociada: Sociedad Agrícola Nacientes del Cogoti Ltda.

Nombre de la organización, institución o empresa	Sociedad Agrícola Nacientes del Cogoti Ltda.		
RUT de la Organización	77.521980-7		
Tipo de Organización	Pública	Privada	x
Dirección	Av. Balmaceda 1625 of 31		
País	Chile		
Región	IV Región		
Ciudad o Comuna	La Serena		
Fono	51-222909		
Fax	51-223540		
Email	mriviera@cnsa.cl		
Web	www.cnsa.cl		
Tipo entidad (C)	Instituciones o entidades Privadas		

A.8.1.4. Entidad Asociada: Liceo Agrícola de Ovalle, Tadeo Perry Barnes.

Nombre de la organización, institución o empresa	Liceo Agrícola de Ovalle, Tadeo Perry Barnes.		
RUT de la Organización	60.904.145 - 5		
Tipo de Organización (1)	Pública	Privada	
Dirección	Tuquí Alto s/n		
País	Chile		
Región	IV Región		
Ciudad o Comuna	Ovalle		
Fono	53 - 622 466		
Fax	53 - 620 245		
Email	ovalle.produccion@codesser.cl		
Web	www.codesser.cl		
Tipo entidad (C)	El Liceo es del Mineduc, pero lo administra una Corporación privada		

(1) El Liceo es del Ministerio de Educación, pero la institución administradora es Corporación privada.

A.8.1.5. Entidad Asociada: Comercial e Industrial Binghamton S.A.

Nombre de la organización, institución o empresa	Comercial e Industrial Binghamton S.A.		
RUT de la Organización	96.612.980-8		
Tipo de Organización	Pública	Privada	x
Dirección	Av. Santa Elena 2205		
País	Chile		
Región	Región Metropolitana		
Ciudad o Comuna	San Joaquín		
Fono	02-5556440/02 5565728		
Fax	02-5558147		
Email	contacto@cibsa.cl		
Web	www.cibsa.cl		
Tipo entidad (C)	Instituciones o entidades Privadas		



A.8.1.6. Entidad Asociada: Escuela E-54 , Escuela Agrícola San Félix.

Nombre de la organización, institución o empresa	Escuela E-54, Escuela Agrícola San Félix		
RUT de la Organización	65.314.140-8		
Tipo de Organización	Pública	<input checked="" type="checkbox"/>	Privada
Dirección	Serrano s/n		
País	Chile		
Región	III Región		
Ciudad o Comuna	Alto del Carmen		
Fono	52-610357		
Fax			
Email	ravendam@yahoo.es		
Web			
Tipo entidad (C)	Instituciones o entidades Públicas		

A.8.1.7. Entidad Asociada: Energía Ecológica S.A., ENECO.

Nombre de la organización, institución o empresa	Energía Ecológica S.A.		
RUT de la Organización	76.853.880-8		
Tipo de Organización	Pública	<input type="checkbox"/>	Privada
Dirección	Guardia Vieja 255, Of. 808		
País	Chile		
Región	Región Metropolitana		
Ciudad o Comuna	Providencia		
Fono	02 3310270		
Fax	02 3310269		
Email	jcarrasco@eneco.cl		
Web	www.eneco.cl		
Tipo entidad (C)	Empresa productiva y/o procesamiento		



A.8.2. Fichas representantes legales de los agentes asociados del Proyecto FIA-Jatropha

A.8.2.1. Representante Legal Facultad de Ciencias Agronómicas- Universidad de Chile

Nombres	Antonio		
Apellido Paterno	Lizana		
Apellido Materno	Malinconi		
RUT Personal			
Nombre de la Organización o Institución donde trabaja	Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile		
RUT de la Organización	60910000-1		
Tipo de Organización	Pública	<input checked="" type="checkbox"/> Privada	
Cargo o actividad que desarrolla en ella	Decano		
Dirección (laboral)	Santa Rosa 11315		
País	Chile		
Región	RM		
Ciudad o Comuna	La Pintana, Santiago		
Fono	9785754		
Fax	9785970		
Celular			
Email	alizana@uchile.cl		
Web			
Género	Masculino	<input type="checkbox"/> Femenino	
Etnia (A)	Sin clasificar		
Tipo (B)	Profesional		



A.8.2.2. Representante Legal Agroenergía S.A.

Nombres	KARIM		
Apellido Paterno	CANO		
Apellido Materno	MALUJE		
RUT Personal			
Nombre de la Organización o Institución donde trabaja	Agroenergía SA.		
RUT de la Organización	76.020.174-k		
Tipo de Organización	Pública	Privada	<input checked="" type="checkbox"/>
Cargo o actividad que desarrolla en ella	Gerente General		
Dirección (laboral)	Tikal 188		
País	Chile		
Región	Metropolitana		
Ciudad o Comuna	Las Condes		
Fono			
Fax			
Celular			
Email	karim.cano@gmail.com		
Web	www.agroenergia.cl		
Género	Masculino	<input checked="" type="checkbox"/>	Femenino
Etnia (A)	Sin clasificar		
Tipo (B)	Profesional		

A.8.2.3. Representante Legal Sociedad Agrícola Nacientes del Cogoti Ltda

Nombres	Miguel Álvaro		
Apellido Paterno	Rivera		
Apellido Materno	Pizarro		
RUT Personal			
Nombre de la Organización o Institución donde trabaja	Sociedad Agrícola Nacientes del Cogoti Ltda.		
RUT de la Organización	77-521.980-7		
Tipo de Organización	Pública	Privada	<input checked="" type="checkbox"/>
Cargo o actividad que desarrolla en ella	Gerente		
Dirección (laboral)	Av. Balmaceda 1625 of 31		
País	Chile		
Región	IV		
Ciudad o Comuna	La Serena		
Fono	51-222909		
Fax	51-223540		
Celular	095490743		
Email	mriviera@ensa.cl		
Web	www.ensa.cl		
Género	Masculino	<input checked="" type="checkbox"/>	Femenino
Etnia (A)	Sin clasificar		
Tipo (B)	Profesional		



A.8.2.4. Representante Legal Liceo Agrícola de Ovalle, Tadeo Perry Barnes.

Nombres	Sergio Alejandro		
Apellido Paterno	Trucco		
Apellido Materno	Robles		
RUT Personal			
Nombre de la Organización o Institución donde trabaja	Liceo Agrícola de Ovalle, Tadeo Pery Barnes.		
RUT de la Organización	60904145-5		
Tipo de Organización	Pública	<input checked="" type="checkbox"/>	Privada
Cargo o actividad que desarrolla en ella	Director		
Dirección (laboral)	Tuquí Alto s/n		
País	Chile		
Región	IV Region		
Ciudad o Comuna	Ovalle		
Fono	53-622466		
Fax	53-620245		
Celular	09222 1669		
Email	Ovalle.direccion@codesser.cl		
Web	www.codesser.cl		
Género	Masculino	<input checked="" type="checkbox"/>	Femenino
Etnia (A)	Sin clasificar		
Tipo (B)	Profesional		

A.8.2.5. Representante Legal Comercial e Industrial Binghamton S.A.

Nombres	David Mauricio		
Apellido Paterno	Ventura		
Apellido Materno	Labarca		
RUT Personal			
Nombre de la Organización o Institución donde trabaja	Comercial e Industrial Binghamton S.A.		
RUT de la Organización	96.612.980-8		
Tipo de Organización	Pública	<input type="checkbox"/>	Privada
Cargo o actividad que desarrolla en ella	Gerente General		
Dirección (laboral)	Av. Santa Elena 2205		
País	Chile		
Región	Región Metropolitana		
Ciudad o Comuna	San Joaquín		
Fono	02-5556440/02 5565728		
Fax	02-5558147		
Celular			
Email	contacto@cibsa.cl		
Web	www.cibsa.cl		
Género	Masculino	<input checked="" type="checkbox"/>	Femenino
Etnia (A)	Sin clasificar		
Tipo (B)	Profesional		



A.8.2.6. Representante Legal Escuela E-54 , Escuela Agrícola San Félix.

Nombres	Roberto		
Apellido Paterno	Avendaño		
Apellido Materno	Moya		
RUT Personal			
Nombre de la Organización o Institución donde trabaja	Escuela E-54, Escuela Agrícola San Félix		
RUT de la Organización	65.314.140-8		
Tipo de Organización	Pública	<input checked="" type="checkbox"/>	Privada
Cargo o actividad que desarrolla en ella	Director		
Dirección (laboral)	Serrano s/n		
País	Chile		
Región	III Región		
Ciudad o Comuna	Alto del Carmen		
Fono	52-610357		
Fax			
Celular			
Email	ravendam@yahoo.es		
Web			
Género	Masculino	<input checked="" type="checkbox"/>	Femenino
Etnia (A)	Sin clasificar		
Tipo (B)	Profesional		

A.8.2.7. Representante Legal Energía Ecológica S.A., ENECO.

Nombres	José Miguel		
Apellido Paterno	Carrasco		
Apellido Materno	Campillo		
RUT Personal			
Nombre de la Organización o Institución donde trabaja	Energía Ecológica S.A.		
RUT de la Organización	76.853.880-8		
Tipo de Organización	Pública	<input type="checkbox"/>	Privada
Cargo o actividad que desarrolla en ella	Gerente		
Dirección (laboral)	Guardia Vieja 255, Of. 808		
País	Chile		
Región	Región Metropolitana		
Ciudad o Comuna	Providencia		
Fono	02 3310270		
Fax	02 3310269		
Celular			
Email	jcarrasco@eneco.cl		
Web	www.eneco.cl		
Género	Masculino	<input checked="" type="checkbox"/>	Femenino
Etnia (A)	Sin clasificar		
Tipo (B)	Profesional		



A.8.3. Fichas personales del equipo Proyecto FIA-Jatropha

Nombres		Ronnie Alejandro	
Apellido Paterno		Labra	
Apellido Materno		Oyanedel	
RUT Personal			
Nombre de la Organización o Institución donde trabaja		Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile	
RUT de la Organización		60.910.000-1	
Tipo de Organización		Publica	<input checked="" type="checkbox"/> Privada
Cargo o actividad que desarrolla en ella		Coordinador General de Proyecto	
Profesión		Químico Ambiental	
Especialidad			
Dirección laboral		Avda. Santa Rosa 11.315	
País	Chile	Región	Metropolitana
Ciudad	Santiago	Comuna	La Pintana
Teléfonos	02-978 5923	Fax	
Móvil	09-8268 7523	Email	rlabra@renare.uchile.cl
Web		http://	
Género		Masculino	<input checked="" type="checkbox"/> Femenino
Etnia (A)		Sin clasificar	
Tipo (B)		Profesional	

Nombres		Oriana Patricia	
Apellido Paterno		Díaz	
Apellido Materno		Ramos	
RUT Personal			
Nombre de la Organización o Institución donde trabaja		Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile	
RUT de la Organización		60.910.000-1	
Tipo de Organización		Publica	<input checked="" type="checkbox"/> Privada
Cargo o actividad que desarrolla en ella		Personal de apoyo	
Profesión		Secretaría Administrativa	
Especialidad			
Dirección laboral		Avda. Santa Rosa 11.315	
País	Chile	Región	Metropolitana
Ciudad	Santiago	Comuna	La Pintana
Teléfonos	02-978 5863	Fax	
Móvil		Email	odiaz@renare.uchile.cl
Web		http://	
Género		Masculino	<input type="checkbox"/> Femenino <input checked="" type="checkbox"/>
Etnia (A)		Sin clasificar	
Tipo (B)		Profesional	



Nombres	Nancy del Carmen		
Apellido Paterno	Benítez		
Apellido Materno	Rivera		
RUT Personal			
Nombre de la Organización o Institución donde trabaja	Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile		
RUT de la Organización	60.910.000-1		
Tipo de Organización	Publica	<input checked="" type="checkbox"/>	Privada
Cargo o actividad que desarrolla en ella	Personal de apoyo		
Profesión	Secretaría Administrativa		
Especialidad			
Dirección laboral	Avda. Santa Rosa 11.315		
País	Chile	Región	Metropolitana
Ciudad	Santiago	Comuna	La Pintana
Teléfonos	02-978 5987	Fax	
Móvil		Email	nbenitez@renare.uchile.cl
Web	http://		
Género	Masculino	<input type="checkbox"/>	Femenino
Etnia (A)	Sin clasificar		
Tipo (B)	Profesional		

Nombres	Hugo Alejandro		
Apellido Paterno	Riveros		
Apellido Materno	Madrid		
RUT Personal	10.834.165-3		
Nombre de la Organización o Institución donde trabaja	Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile		
RUT de la Organización	60.910.000-1		
Tipo de Organización	Publica	<input checked="" type="checkbox"/>	Privada
Cargo o actividad que desarrolla en ella	Personal de apoyo		
Profesión	Administrador Red - Web		
Especialidad			
Dirección laboral	Avda. Santa Rosa 11.315		
País	Chile	Región	Metropolitana
Ciudad	Santiago	Comuna	La Pintana
Teléfonos	02-978 5839	Fax	
Móvil	09-6238 2454	Email	hriveros@renare.uchile.cl
Web	http://		
Género	Masculino	<input checked="" type="checkbox"/>	Femenino
Etnia (A)	Sin clasificar		
Tipo (B)	Profesional		



Nombres	Manuel Gilberto		
Apellido Paterno	Paneque		
Apellido Materno	Corrales		
RUT Personal			
Nombre de la Organización o Institución donde trabaja	Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile		
RUT de la Organización	60.910.000-1		
Tipo de Organización	Publica	<input checked="" type="checkbox"/>	Privada
Cargo o actividad que desarrolla en ella	Académico		
Profesión	Bioquímico		
Especialidad	Biotecnología Vegetal		
Dirección laboral	Santa Rosa 11.315, Casilla 1004		
País	Chile	Región	Metropolitana
Ciudad	Santiago	Comuna	La Pintana
Teléfonos	02-978 5923/978 5865	Fax	02-978 5929
Móvil	09-7766 1069	Email	mpaneque@uchile.cl
Web	http://agronomia.uchile.cl/		
Género	Masculino	<input checked="" type="checkbox"/>	Femenino
Etnia (A)	Sin clasificar		
Tipo (B)	Profesional		

Nombres	Guillermo Fermín		
Apellido Paterno	Martínez		
Apellido Materno	García		
RUT Personal			
Nombre de la Organización o Institución donde trabaja	Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile		
RUT de la Organización	60.910.000-1		
Tipo de Organización	Publica	<input checked="" type="checkbox"/>	Privada
Cargo o actividad que desarrolla en ella	Investigador		
Profesión	Bioquímico		
Especialidad	Biología Vegetal		
Dirección laboral	Avda. Santa Rosa 11.315		
País	Chile	Región	Metropolitana
Ciudad	Santiago	Comuna	La Pintana
Teléfonos	02-978 5865	Fax	
Móvil	09-9503 3524	Email	gmgbioq@gmail.com
Web	http://		
Género	Masculino	<input checked="" type="checkbox"/>	Femenino
Etnia (A)	Sin clasificar		
Tipo (B)	Profesional		



Nombres	Claudio Enrique		
Apellido Paterno	Araya		
Apellido Materno	Quijada		
RUT Personal			
Nombre de la Organización o Institución donde trabaja	Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile		
RUT de la Organización	60.910.000-1		
Tipo de Organización	Publica	<input checked="" type="checkbox"/>	Privada
Cargo o actividad que desarrolla en ella	Investigador		
Profesión	Bioquímico		
Especialidad			
Dirección laboral	Avda. Santa Rosa 11.315		
País	Chile	Región	Metropolitana
Ciudad	Santiago	Comuna	La Pintana
Teléfonos	02-978 5865	Fax	
Móvil		Email	caraya@renare.uchile.cl
Web	http://		
Género	Masculino	<input checked="" type="checkbox"/>	Femenino
Etnia (A)	Sin clasificar		
Tipo (B)	Profesional		

Nombres	Alberto		
Apellido Paterno	Obrecht		
Apellido Materno	Strnad		
RUT Personal			
Nombre de la Organización o Institución donde trabaja	Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile		
RUT de la Organización	60.910.000-1		
Tipo de Organización	Publica	<input checked="" type="checkbox"/>	Privada
Cargo o actividad que desarrolla en ella	Investigador		
Profesión	Bioquímico		
Especialidad	Biología Vegetal		
Dirección laboral	Avda. Santa Rosa 11.315		
País	Chile	Región	Metropolitana
Ciudad	Santiago	Comuna	La Pintana
Teléfonos	02-978 5865	Fax	
Móvil	09-9302 0246	Email	aobrecht@gmail.com
Web	http://		
Género	Masculino	<input checked="" type="checkbox"/>	Femenino
Etnia (A)	Sin clasificar		
Tipo (B)	Profesional		



Nombres	Arnaldo		
Apellido Paterno	Gatica		
Apellido Materno	Bello		
RUT Personal			
Nombre de la Organización o Institución donde trabaja	INTA, Universidad de Chile		
RUT de la Organización	60.910.000-1		
Tipo de Organización	Publica	<input checked="" type="checkbox"/>	Privada
Cargo o actividad que desarrolla en ella	Profesor Asistente		
Profesión	Bioquímico		
Especialidad	Ciencias medicas		
Dirección laboral	Av. El Líbano 5524		
País	Chile	Región	Metropolitana
Ciudad	Santiago	Comuna	Macul
Teléfonos	02-978 1560	Fax	
Móvil		Email	arnaldogatica@gmail.com
Web	http://		
Género	Masculino	<input checked="" type="checkbox"/>	Femenino
Etnia (A)	Sin clasificar		
Tipo (B)	Profesional		

Nombres	Felipe Andrés		
Apellido Paterno	Medina		
Apellido Materno	Marín		
RUT Personal			
Nombre de la Organización o Institución donde trabaja	Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile		
RUT de la Organización	60.910.000-1		
Tipo de Organización	Publica	<input checked="" type="checkbox"/>	Privada
Cargo o actividad que desarrolla en ella	Memorista		
Profesión	Ingeniería en Biotecnología Molecular		
Especialidad			
Dirección laboral	Avda. Santa Rosa 11.315		
País	Chile	Región	Metropolitana
Ciudad	Santiago	Comuna	La Pintana
Teléfonos	02-978 5865	Fax	
Móvil		Email	biotec.ambiental@gmail.com
Web	http://		
Género	Masculino	<input checked="" type="checkbox"/>	Femenino
Etnia (A)	Sin clasificar		
Tipo (B)	Profesional		



Nombres	Agustina Natalia		
Apellido Paterno	Undabarrena		
Apellido Materno	Carusso		
RUT Personal			
Nombre de la Organización o Institución donde trabaja	INTA, Universidad de Chile		
RUT de la Organización	60.910.000-1		
Tipo de Organización	Publica	<input checked="" type="checkbox"/>	Privada
Cargo o actividad que desarrolla en ella	Memorista		
Profesión	Bióloga		
Especialidad			
Dirección laboral	Av. El Líbano 5524		
País	Chile	Región	Metropolitana
Ciudad	Santiago	Comuna	Macul
Teléfonos	02-978 1560	Fax	
Móvil		Email	agus.undabarrena@gmail.com
Web	http://		
Género	Masculino	<input type="checkbox"/>	Femenino <input checked="" type="checkbox"/>
Etnia (A)	Sin clasificar		
Tipo (B)	Profesional		

Nombres	José Andrés		
Apellido Paterno	De La Fuente		
Apellido Materno	De La Fuente		
RUT Personal			
Nombre de la Organización o Institución donde trabaja	Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile		
RUT de la Organización	60.910.000-1		
Tipo de Organización	Publica	<input checked="" type="checkbox"/>	Privada
Cargo o actividad que desarrolla en ella	Académico		
Profesión	Ingeniero Agrónomo		
Especialidad	Sistemas de Información Geográfica		
Dirección laboral	Santa Rosa 11.315, Casilla 1004		
País	Chile	Región	Metropolitana
Ciudad	Santiago	Comuna	La Pintana
Teléfonos	02-978 5925	Fax	02-978 5927
Móvil	09-9219 3095	Email	afuente@uchile.cl
Web	http://agronomia.uchile.cl/		
Género	Masculino	<input checked="" type="checkbox"/>	Femenino <input type="checkbox"/>
Etnia (A)	Sin clasificar		
Tipo (B)	Profesional		



Nombres	Juan Manuel		
Apellido Paterno	Uribe		
Apellido Materno	Meneses		
RUT Personal			
Nombre de la Organización o Institución donde trabaja	Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile		
RUT de la Organización	60.910.000-1		
Tipo de Organización	Publica	<input checked="" type="checkbox"/>	Privada
Cargo o actividad que desarrolla en ella	Académico		
Profesión	Ingeniero Agrónomo		
Especialidad	Sistemas de Información Geográfica		
Dirección laboral	Santa Rosa 11.315, Casilla 1004		
País	Chile	Región	Metropolitana
Ciudad	Santiago	Comuna	La Pintana
Teléfonos	02-978 5928	Fax	02-978 5927
Móvil		Email	jmuribe@renare.uchile.cl
Web	http://agronomia.uchile.cl/		
Género	Masculino	<input checked="" type="checkbox"/>	Femenino
Etnia (A)	Sin clasificar		
Tipo (B)	Profesional		

Nombres	Felipe Andre		
Apellido Paterno	Labra		
Apellido Materno	Oyanedel		
RUT Personal			
Nombre de la Organización o Institución donde trabaja	Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile		
RUT de la Organización	60.910.000-1		
Tipo de Organización	Publica	<input checked="" type="checkbox"/>	Privada
Cargo o actividad que desarrolla en ella	Investigador		
Profesión	Ingeniero en Recursos Naturales Renovables		
Especialidad	Sistema de información geográfico		
Dirección laboral	Avda. Santa Rosa 11.315		
País	Chile	Región	Metropolitana
Ciudad	Santiago	Comuna	La Pintana
Teléfonos	02-978 5925	Fax	
Móvil	09-9874 6358	Email	flabra@renare.uchile.cl
Web	http://		
Género	Masculino	<input checked="" type="checkbox"/>	Femenino
Etnia (A)	Sin clasificar		
Tipo (B)	Profesional		



Nombres	Kevin Andrés		
Apellido Paterno	Vásquez		
Apellido Materno	Kiesel		
RUT Personal			
Nombre de la Organización o Institución donde trabaja	Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile		
RUT de la Organización	60.910.000-1		
Tipo de Organización	Publica	<input checked="" type="checkbox"/>	Privada
Cargo o actividad que desarrolla en ella	Investigador		
Profesión	Ingeniero en Recursos Naturales Renovables		
Especialidad	Sistema de información geográfico		
Dirección laboral	Avda. Santa Rosa 11.315		
País	Chile	Región	Metropolitana
Ciudad	Santiago	Comuna	La Pintana
Teléfonos	02-978 5925	Fax	
Móvil		Email	kvz19@yahoo.com
Web	http://		
Género	Masculino	<input checked="" type="checkbox"/>	Femenino
Etnia (A)	Sin clasificar		
Tipo (B)	Profesional		

Nombres	Karla Valentina		
Apellido Paterno	Astorga		
Apellido Materno	Vega		
RUT Personal			
Nombre de la Organización o Institución donde trabaja	Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile		
RUT de la Organización	60.910.000-1		
Tipo de Organización	Publica	<input checked="" type="checkbox"/>	Privada
Cargo o actividad que desarrolla en ella	Investigador		
Profesión	Ingeniero en Recursos Naturales Renovables		
Especialidad			
Dirección laboral	Avda. Santa Rosa 11.315		
País	Chile	Región	Metropolitana
Ciudad	Santiago	Comuna	La Pintana
Teléfonos	02-978 5925	Fax	
Móvil	09-7607 6225	Email	karla.astorga@gmail.com
Web	http://		
Género	Masculino	<input type="checkbox"/>	Femenino <input checked="" type="checkbox"/>
Etnia (A)	Sin clasificar		
Tipo (B)	Profesional		



Nombres	Hilda Ivonne		
Apellido Paterno	Moya		
Apellido Materno	Jofre		
RUT Personal			
Nombre de la Organización o Institución donde trabaja	Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile		
RUT de la Organización	60.910.000-1		
Tipo de Organización	Publica	<input checked="" type="checkbox"/>	Privada
Cargo o actividad que desarrolla en ella			
Profesión	Ingeniero en Recursos Naturales Renovables		
Especialidad			
Dirección laboral	Avda. Santa Rosa 11.315		
País	Chile	Región	Metropolitana
Ciudad	Santiago	Comuna	La Pintana
Teléfonos	02-978 5923	Fax	
Móvil		Email	hilda.moya@renare.uchile.cl
Web	http://		
Género	Masculino	<input type="checkbox"/>	Femenino <input checked="" type="checkbox"/>
Etnia (A)	Sin clasificar		
Tipo (B)	Profesional		

Nombres	Cristian Eduardo		
Apellido Paterno	Kremer		
Apellido Materno	Fariña		
RUT Personal			
Nombre de la Organización o Institución donde trabaja	Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile		
RUT de la Organización	60.910.000-1		
Tipo de Organización	Publica	<input checked="" type="checkbox"/>	Privada
Cargo o actividad que desarrolla en ella	Académico		
Profesión	Ingeniero Agrónomo		
Especialidad	Riego y Drenaje		
Dirección laboral	Santa Rosa 11.315, Casilla 1004		
País	Chile	Región	Metropolitana
Ciudad	Santiago	Comuna	La Pintana
Teléfonos	02-978 5745	Fax	02-978 5746
Móvil	09-9509 8538	Email	cristiankremer@gmail.com
Web	http://agronomia.uchile.cl/		
Género	Masculino	<input checked="" type="checkbox"/>	Femenino <input type="checkbox"/>
Etnia (A)	Sin clasificar		
Tipo (B)	Profesional		



Nombres	Claudia Marcela		
Apellido Paterno	Torres		
Apellido Materno	Pizarro		
RUT Personal			
Nombre de la Organización o Institución donde trabaja	Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile		
RUT de la Organización	60.910.000-1		
Tipo de Organización	Publica	<input checked="" type="checkbox"/>	Privada
Cargo o actividad que desarrolla en ella	Subdirector Centro de Estudios de Zona Áridas, Administrador Campo Experimental Agronómico Las Cardas.		
Profesión	Ingeniero Agrónomo		
Especialidad			
Dirección laboral	Ruta 43, Km. 45, Camino La Serena		
País	Chile	Región	IV Región
Ciudad	Coquimbo	Comuna	Coquimbo
Teléfonos	02-978 1378	Fax	02-978 5929
Móvil	09-7708 2133	Email	ctorresp@uchile.cl
Web	http://agronomia.uchile.cl/		
Género	Masculino	<input type="checkbox"/>	Femenino <input checked="" type="checkbox"/>
Etnia (A)	Sin clasificar		
Tipo (B)	Profesional		

Nombres	Ian		
Apellido Paterno	Homer		
Apellido Materno	Bannister		
RUT Personal			
Nombre de la Organización o Institución donde trabaja	Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile		
RUT de la Organización	60.910.000-1		
Tipo de Organización	Publica	<input checked="" type="checkbox"/>	Privada
Cargo o actividad que desarrolla en ella	Académico		
Profesión	Ingeniero Agrónomo		
Especialidad	Riego y Drenaje		
Dirección laboral	Santa Rosa 11.315, Casilla 1004		
País	Chile	Región	Metropolitana
Ciudad	Santiago	Comuna	La Pintana
Teléfonos	02-978 5712	Fax	
Móvil	09-8198 7012	Email	ihomer@uchile.cl
Web	http://agronomia.uchile.cl/		
Género	Masculino	<input checked="" type="checkbox"/>	Femenino <input type="checkbox"/>
Etnia (A)	Sin clasificar		
Tipo (B)	Profesional		



Nombres	Felipe		
Apellido Paterno	Parada		
Apellido Materno			
RUT Personal			
Nombre de la Organización o Institución donde trabaja	Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile		
RUT de la Organización	60.910.000-1		
Tipo de Organización	Publica	<input checked="" type="checkbox"/>	Privada
Cargo o actividad que desarrolla en ella	Investigador		
Profesión	Ingeniero Agrónomo		
Especialidad	Riego y Drenaje		
Dirección laboral	Santa Rosa 11.315, Casilla 1004		
País	Chile	Región	Metropolitana
Ciudad	Santiago	Comuna	La Pintana
Teléfonos	02-978 5745	Fax	
Móvil		Email	fparada@gmail.com
Web	http://agronomia.uchile.cl/		
Género	Masculino	<input checked="" type="checkbox"/>	Femenino
Etnia (A)	Sin clasificar		
Tipo (B)	Profesional		

Nombres	Herman Adolfo		
Apellido Paterno	Villarroel		
Apellido Materno	Torrejón		
RUT Personal			
Nombre de la Organización o Institución donde trabaja	Liceo Agrícola de Ovalle "Tadeo Perry Barnes"		
RUT de la Organización	60.904.145-5		
Tipo de Organización	Publica	<input checked="" type="checkbox"/>	Privada
Cargo o actividad que desarrolla en ella	Director		
Profesión	Ingeniero Agrónomo		
Especialidad	Frutales		
Dirección laboral	Camino a La Serena s/n – sector Tuqui		
País	Chile	Región	IV Región
Ciudad	Ovalle	Comuna	Ovalle
Teléfonos	053-620 245	Teléfonos	053-620 245
Móvil	09-9342 1683	Email	ovalle.direccion@codesser.cl
Web	http://		
Género	Masculino	<input checked="" type="checkbox"/>	Femenino
Etnia (A)	Sin clasificar		
Tipo (B)	Profesional		



Nombres	Lucía Isabel		
Apellido Paterno	Caviedes		
Apellido Materno	Rivera		
RUT Personal			
Nombre de la Organización o Institución donde trabaja	Liceo Agrícola de Ovalle "Tadeo Perry Barnes"		
RUT de la Organización	60.904.145-5		
Tipo de Organización	Publica	<input checked="" type="checkbox"/>	Privada
Cargo o actividad que desarrolla en ella	Jefe de producción		
Profesión	Ingeniero Agrónomo		
Especialidad	Ingeniería y suelos		
Dirección laboral	Camino a La Serena s/n – sector Tuqui		
País	Chile	Región	IV Región
Ciudad	Ovalle	Comuna	Ovalle
Teléfonos	053-620 245	Fax	053-620 245
Móvil	09-8129 2773	Email	ovalle.produccion@codesser.cl
Web	http://		
Género	Masculino	<input type="checkbox"/>	Femenino
Etnia (A)	Sin clasificar		
Tipo (B)	Profesional		

Nombres	Leticia Milita		
Apellido Paterno	Acosta		
Apellido Materno	Barrera		
RUT Personal			
Nombre de la Organización o Institución donde trabaja	Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile		
RUT de la Organización	60.910.000-1		
Tipo de Organización	Publica	<input checked="" type="checkbox"/>	Privada
Cargo o actividad que desarrolla en ella			
Profesión	Técnico Agrónomo		
Especialidad			
Dirección laboral	Avda. Santa Rosa 11.315		
País	Chile	Región	Metropolitana
Ciudad	Santiago	Comuna	La Pintana
Teléfonos	02-978 5923	Fax	
Móvil	09-8371 1451	Email	leeticcia@gmail.com
Web	http://		
Género	Masculino	<input type="checkbox"/>	Femenino
Etnia (A)	Sin clasificar		
Tipo (B)	Profesional		



Nombres	Jonathan Marcelo		
Apellido Paterno	Lagos		
Apellido Materno	Tobar		
RUT Personal			
Nombre de la Organización o Institución donde trabaja	Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile		
RUT de la Organización	60.910.000-1		
Tipo de Organización	Publica	<input checked="" type="checkbox"/>	Privada
Cargo o actividad que desarrolla en ella			
Profesión	Técnico Agrónomo		
Especialidad			
Dirección laboral	Avda. Santa Rosa 11.315		
País	Chile	Región	Metropolitana
Ciudad	Santiago	Comuna	La Pintana
Teléfonos	02-978 5923	Fax	
Móvil	09-8566 4424	Email	jonalagos_23@hotmail.com
Web	http://		
Género	Masculino	<input checked="" type="checkbox"/>	Femenino
Etnia (A)	Sin clasificar		
Tipo (B)	Profesional		

Nombres	Juan Francisco		
Apellido Paterno	Cabrera		
Apellido Materno	Gallardo		
RUT Personal			
Nombre de la Organización o Institución donde trabaja			
RUT de la Organización			
Tipo de Organización	Publica	<input type="checkbox"/>	Privada
Cargo o actividad que desarrolla en ella			
Profesión	Ingeniero en prevención de riesgos		
Especialidad			
Dirección laboral			
País	Chile	Región	IV Región
Ciudad	Salamanca	Comuna	Salamanca
Telefonos		Fax	
Móvil	09-9677 0326	Email	juancabrer@gmail.com
Web	http://		
Género	Masculino	<input checked="" type="checkbox"/>	Femenino
Etnia (A)	Sin clasificar		
Tipo (B)	Profesional		



Nombres	Edith Cristina		
Apellido Paterno	Sotomayor		
Apellido Materno	Contreras		
RUT Personal			
Nombre de la Organización o Institución donde trabaja			
RUT de la Organización			
Tipo de Organización	Publica	Privada	<input checked="" type="checkbox"/>
Cargo o actividad que desarrolla en ella	Administradora		
Profesión			
Especialidad	Frutales		
Dirección laboral	Fundo Tátara - Carrizalillo		
País	Chile	Región	III Región
Ciudad	Vallenar	Comuna	Freirina
Teléfonos	052-610 357	Fax	
Móvil	09-8500 2187	Email	esotomayorster@gmail.com
Web	http://		
Género	Masculino	Femenino	<input checked="" type="checkbox"/>
Etnia (A)	Sin clasificar		
Tipo (B)	Profesional		

Nombres	Nicolás Santiago		
Apellido Paterno	Magner		
Apellido Materno	Pulgar		
RUT Personal			
Nombre de la Organización o Institución donde trabaja	Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile		
RUT de la Organización	60.910.000-1		
Tipo de Organización	Publica	<input checked="" type="checkbox"/>	Privada
Cargo o actividad que desarrolla en ella	Académico		
Profesión	Ingeniero Agrónomo		
Especialidad	Gestión y Economía Agraria		
Dirección laboral	Santa Rosa 11.315, Casilla 1004		
País	Chile	Región	Metropolitana
Ciudad	Santiago	Comuna	La Pintana
Teléfonos	02-978 5779/978 5787	Fax	02-978 5790
Móvil	09-9230 9407	Email	nmagner@uchile.cl
Web	http://agronomia.uchile.cl/		
Género	Masculino	<input checked="" type="checkbox"/>	Femenino
Etnia (A)	Sin clasificar		
Tipo (B)	Profesional		



Nombres	Celián Alfredo		
Apellido Paterno	Román		
Apellido Materno	Figueroa		
RUT Personal			
Nombre de la Organización o Institución donde trabaja	Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile		
RUT de la Organización	60.910.000-1		
Tipo de Organización	Publica	<input checked="" type="checkbox"/>	Privada
Cargo o actividad que desarrolla en ella	Investigador		
Profesión	Ingeniero en Recursos Naturales Renovables		
Especialidad	Cultivos Energéticos		
Dirección laboral	Avda. Santa Rosa 11.315		
País	Chile	Región	Metropolitana
Ciudad	Santiago	Comuna	La Pintana
Teléfonos	02-978 5923	Fax	
Móvil	09-8294 8105	Email	croman@renare.uchile.cl
Web	http://		
Género	Masculino	<input checked="" type="checkbox"/>	Femenino
Etnia (A)	Sin clasificar		
Tipo (B)	Profesional		

Nombres	Rodrigo Arturo		
Apellido Paterno	Vásquez		
Apellido Materno	Panizza		
RUT Personal			
Nombre de la Organización o Institución donde trabaja	Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile		
RUT de la Organización	60.910.000-1		
Tipo de Organización	Publica	<input checked="" type="checkbox"/>	Privada
Cargo o actividad que desarrolla en ella	Investigador		
Profesión	Ingeniero Agrónomo		
Especialidad	Economía Agraria		
Dirección laboral	Avda. Santa Rosa 11.315		
País	Chile	Región	Metropolitana
Ciudad	Santiago	Comuna	La Pintana
Teléfonos	02-978 5923	Fax	
Móvil	09-9699 2630	Email	rodrigo.vasquez.p@gmail.com
Web	http://		
Género	Masculino	<input checked="" type="checkbox"/>	Femenino
Etnia (A)	Sin clasificar		
Tipo (B)	Profesional		



Nombres	Mónica Patricia		
Apellido Paterno	Martínez		
Apellido Materno	Olivares		
RUT Personal			
Nombre de la Organización o Institución donde trabaja	Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile		
RUT de la Organización	60.910.000-1		
Tipo de Organización	Publica	<input checked="" type="checkbox"/>	Privada
Cargo o actividad que desarrolla en ella	Investigador		
Profesión	Ingeniero en Recursos Naturales Renovables		
Especialidad	Cultivos Energéticos		
Dirección laboral	Avda. Santa Rosa 11.315		
País	Chile	Región	Metropolitana
Ciudad	Santiago	Comuna	La Pintana
Teléfonos	02-978 5923	Fax	
Móvil		Email	mpmo_1@hotmail.com
Web	http://		
Género	Masculino	<input type="checkbox"/>	Femenino <input checked="" type="checkbox"/>
Etnia (A)	Sin clasificar		
Tipo (B)	Profesional		



Anexo 9. Extras fichas técnicas y análisis económicos

A.9.1. Especies productoras de aceite

- 01-girasol/maravilla (*Helianthus annuus*)
- 02-mani (*Arachis hipogaea*)
- 03-soja (*Glicine max*).
- 04-borraja (*Borago officinalis*)
- 05-olivo (*Olea europaea*)
- 06- aguacate (*Persea americana*)
- 07-thistle/safflower (*Carthamus tinctorius*)
- 08-vid (*Vitis sp.*)
- 09-palma (*Elaeis guineensis*)
- 10-mignonette (*Reseda odorata*)
- 11-hemp (*Cannabis sativa*)
- 12-algodón (*Gossypium sp.*)
- 13-maiz (*Zea mays*)
- 14-coconut (*Cocus nucifera*)
- 15-linseed (*Linum usitatissimum*)
- 16-cardo (*Cynara cardunculus*)
- 17-tamanu (*Calophyllum inophyllum*)
- 18-eucalipto (*Eucalyptus kochii*)
- 19-arroz (*Oriza sativa*)
- 20-egyptian black cumin/blackseed (*Nigella sativa*)
- 21-tung (*Aleurites fordii*)
- 22-cocotero (*Acrocomia aculeata*)
- 23-raps/colza/canola (*Brassica napus*).
- 24-mostaza blanca (*Sinapis alba*)
- 25-false flax/sesame of germany/nabo frances (*Camelina sativa*)
- 26-crambe (*Crambe abyssinica*)
- 27-colza etíope (*Brassica carinata*)
- 28-argan (*Argania spinosa*)
- 29-ricino/tartago (*Ricinos communis*)
- 30-jatropha (*Jatropha curcas*)
- 31-jojoba (*Simmondsia chinensis*)
- 32-gomenzer/Ethiopian mustard (*Brassica carinata*)
- 33-sesame (*Sesamum indicum*)
- 34-noug (*Guizotia abyssinica*)



A.9.2. Fichas de especies con potencial energético en Chile

A.9.2.1. Cártamo

A.9.2.1.1. Inversión

Labor o Actividad	Cantidad	Unidad	Costo Unitario (\$)	Costo Total (\$ ha ⁻¹)
Preparación suelo				
Rotura	0,25	JH	6.500	1.625
Rastraje (2) Hombres	0,3	JH	6.500	1.950
Rastrajes (2) Maquinaria	0,3	JTR	45.000	13.500
Acequiadura Hombres	0,3	JH	6.500	1.950
Acequiadura Maquinaria	0,3	JTR	45.000	13.500
Paleo y acequias	1	JH	6.500	6.500
Labores complementarias	3	JH	6.500	19.500
Semillas	22	Kg.	1.064	23.408
TOTAL COSTOS IMPLANTACIÓN				81.933

A.9.2.1.2. Estructura de costos operacionales

Labor o Actividad	Cantidad	Unidad	Costo Unitario (\$)	Costo Total (\$ ha ⁻¹)
Insumos				
Roundup Ultra Max	1,6	L	3.977,5	6364
Treflan HFP	1,8	L	2.197,3	3.955,14
Urea	130	Kg.	275	35.750
Superfosfato triple	200	Kg.	220	44.000
Telodrín 50% WP	3	Kg.	17.695	53.085
Granosan	0,025	Kg.	12.787	319,675
Combustible gas	0,74	Gal.	950,33	703,25
Combustible diesel	12,01	Gal.	700	8.407
Agua riego	-	-	-	75.332
Labores				
Riego	9	JH	6.500	58.500
Aplicación abono	1	JH	6.500	6.500
Limpia/azadón y raleo	-	-	-	180.000
Limpia/cultivadora	0,15	JH	6.500	975
Limpia/cultivadora	0,15	JTR	45.000	6.750
Aporca	0,2	JH	6.500	1.300
Aporca	0,2	JTR	45.000	9.000
Cosecha	0,25	JH	6.500	1.625
Cosecha	0,25	JTR	45.000	11.250
Acarreo	0,8	JH	6.500	5.200
Acarreo	0,4	JTR	45.000	18.000
Aquintalado	0,8	JH	6.500	5.200
TOTAL COSTOS OPERACIÓN				532.216



Los costos fueron estimados a partir de experiencias nacionales (Castro, 1968) y norteamericanas (Sanden *et al.*, 2002). Cabe mencionar que el cártamo es un cultivo rústico, es por esto que se pueden haber omitido o reducido los costos que aparecen en los demás cultivos (por la escasa mano de obra requerida, por ejemplo.)

A.9.2.1.1. Inversión

Factor o Actividad	Cantidad	Unidad	Costo Unitario (\$)	Costo Total (\$)
Rotura	0,25	JH	6.500	1.625
Rastrado (2) Hombrera	0,2	JH	6.500	1.300
Rastrado (2) Alabonera	0,3	TTR	45.000	13.500
Acopleadora Hombrera	0,3	JH	6.500	1.950
Acopleadora Alabonera	0,3	TTR	45.000	13.500
Poles y soportes	1	JH	6.500	6.500
Labores complementarias	3	JH	6.500	19.500
Semillas	22	Kg.	1.064	23.388
TOTAL COSTOS INVERSIÓN				81.933

A.9.2.1.2. Estructura de costos operacionales

Factor o Actividad	Cantidad	Unidad	Costo Unitario (\$)	Costo Total (\$)
Rounding 110's Max	1,6	L	3.927,5	6.284
Wellan HFR	1,8	L	2.197,3	3.955,14
Línea	130	Kg.	2,2	287,0
Superfostato Imple	300	Kg.	3,0	900,000
Teclón 90W WP	1	Kg.	17.982	17.982
Gramin	0,023	Kg.	122,87	2,8267
Combustible gas	0,24	Gal.	350,38	84,091
Combustible diesel	15,01	Gal.	700	10.507
Aguas riego				22.332
Riego	2	JH	6.500	13.000
Aplicación abono	1	JH	6.500	6.500
Luz (energía) v. total				180.000
Limpiacultivos	0,18	JH	6.500	1.170
Impulculturales	0,12	TTR	45.000	5.400
Alfalfa	0,2	JH	6.500	1.300
Alfalfa	0,2	TTR	45.000	9.000
Cobertor	0,22	JH	6.500	1.430
Cobertor	0,22	TTR	45.000	9.900
Alfalfa	0,8	JH	6.500	5.200
Cártamo	0,4	TTR	45.000	18.000
Aplicación	0,8	JH	6.500	5.200
TOTAL COSTOS OPERACION				292.218



A.9.2.2. Jojoba

A.9.2.2.1. Inversión

Labor o Actividad	Cantidad	Unidad	Costo Unitario (\$)	Costo Total (\$ ha ⁻¹)
Preparación de suelos				
Despedrado	25	JH	6.500	162.500
Desmonte	28	JH	6.500	182.000
Plantación	1.471	Unidad	180	264.706
Labores complementarias	15	JH	6.500	97.500
Insumos de cultivo				
Plantas	1.471	Unidad	2.500	3.676.471
Superfosfato triple	74	Unidad	220	16.176
Urea	37	Kg.	275	10.110
Guano	1.471	Kg.	25	36.765
Replantes	0	Unidad	2.500	110.294
Transporte de Insumos	-	-	-	384.982
Sistema de riego	-	-	-	1.500.000
TOTAL COSTOS IMPLANTACIÓN				6.441.504

A.9.2.2.2. Estructura de costos operacionales ²

Labor o Actividad	Cantidad	Unidad	Costo Unitario (\$)	Costo Total (\$ ha ⁻¹)
Insumos ³				
Urea	152	Kg.	275	41.800
Nitrato de potasio	333	Kg.	300	99.900
Tecto 500	0,8	L	68.000	54.400
Zimazina 90 WG	1	L	2.300	2.300
Electricidad	720	Kw/h	92	66.240
Labores				
Aplicación Agroquímicos	10	JH	6.500	65.000
Riego y fertirrigación	30	JH	6.500	195.000
Control manual de malezas	6	JH	6.500	39.000
Poda	1.471	Unidad	150	220.588
Cosecha	5.294	Kg.	350	1.852.941
Traslado cosechas	5	HM	9.500	47.500
TOTAL COSTO DIRECTO				2.684.690

Fuente: INIA, 2007

² Costos estimados para una población de 1471 plantas ha⁻¹.

³ Los pesticidas indicados son ejemplos, existiendo otros productos comerciales alternativos.



A.9.2.3. Palta

A.9.2.3.1. Inversión

Labor o Actividad	Cantidad	Unidad	Costo Unitario (\$)	Costo Total (\$ ha ⁻¹)
Preparación de suelos				
Despedrado	25	JH	6.500	162.500
Desmonte	28	JH	6.500	182.000
Confección camellones con excavadora	15	HM	30.000	450.000
Traslado máquina excavadora	100	Km.	1.500	150.000
Replantes	12	Unidad	2.200	26.400
Transporte de insumos				120.540
Insumos de cultivo				
Plantas	400	Plantas	2.200	880.000
Tutores (Eucaliptus)	400	Plantas	700	280.000
Amarra	5	Kg.	1.800	9.000
Guano	400	Kg.	25	10.000
Plantación	4000	Unidad	180	72.000
Sistema de riego	-	-	-	1.500.000
TOTAL COSTOS IMPLANTACIÓN				3.842.440

A.9.2.3.2. Estructura de costos ⁴

Labor o Actividad	Cantidad	Unidad	Costo Unitario (\$)	Costo Total (\$ ha ⁻¹)
Insumos ⁵				
Urea	400	Kg	275	110.000
Aliette 80 WP	1	Kg	21.931	21.931
Aceite Winspray	30	L	850	25.500
Roundup	2	L	3.000	6.000
Sulfato de Potasio	320	Kg.	300	96.000
Fosfato monoamónico	50	Kg.	540	27.000
Sulfato de Zinc	12	Kg.	550	6.600
Solubor (Boro)	1	Kg.	470	376
Acido Fosfórico	100	Kg.	500	50.000
*Podexal Ultra	2	L	2.657	5.314
Colmenas (arriendo)	5	Unidad	20.000	100.000
Electricidad	720	Kw/h	92	66.240
Labores				
Aplicación Agroquímicos	10	JH	6.500	65.000
Riego y fertirrigación	35	JH	6.500	227.500
Control químico y manual de malezas	5	JH	6.500	32.500
Poda	400	Unidad	250	100.000
Cosecha	12000	Kg.	50	600.000
Traslado cosechas	5	HM	9.500	47.500
TOTAL COSTO DIRECTO				1.587.461

Fuente: INIA, 2007

⁴ Costos estimados para una población de 400 plantas ha⁻¹.

⁵ Los pesticidas indicados son ejemplos, existiendo otros productos comerciales alternativos.



A.9.2.4. Olivo

A.9.2.4.1. Inversión

Labor o Actividad	Cantidad	Unidad	Costo Unitario (\$)	Costo Total (\$ ha ⁻¹)
Preparación de suelos				
Despedrado	25	JH	6.500	162.500
Desmonte	28	JH	6.500	182.000
Roturado cincel	4	HM	9.500	38.000
Rastrojes	4	HM	9.500	38.000
Nivelación	4	HM	9.500	38.000
Plantación	476	Unidad	180	85.714
Labores complementarias	20	JH	6.500	130.000
Insumos de cultivo				
Plantas	476	Unidad	650	309.524
Tutores	476	Unidad	700	333.333
Superfosfato triple	24	Kg.	220	5.238
Boro	3	Kg.	3.000	9.000
Oxicluro de cobre	10	Kg.	4.500	45.000
Clorpirifos	1	L	7.000	8.400
Guano	3.810	Kg.	25	95.238
Replantes	3%	Unidad	650	9.286
Sistema de riego	-	-	-	1.500.000
TOTAL COSTOS IMPLANTACIÓN				2.987.596

A.9.2.4.2. Estructura de costos ⁶

Labor o Actividad	Cantidad	Unidad	Costo Unitario (\$)	Costo Total (\$ ha ⁻¹)
Insumos ⁷				
Troya 4 EC	0,8	L	8.990	7.192
Aceite Winspray	16	L	850	13.600
Oxicluro de cobre	20	Kg.	4.500	90.000
Glifos 480 SL	1	L	2.231	2.231
Urea	470	Kg.	275	129.250
Fosfato Monoamónico	48	Kg.	540	25.714
Boro	6	Kg.	286	1.716
Acido Fosfórico	48	Kg.	500	23.810
Electricidad	720	Kw/h	92	66.240
Labores				
Aplicación Agroquímicos	15	JH	6.500	97.500
Riego y fertirrigación	30	JH	6.500	195.000
Control manual de malezas	10	JH	6.500	65.000
Poda	476	Unidad	110	52.381
Cosecha	16.667	Kg.	50	833.333
Traslado cosechas	5	HM	9.500	47.500
TOTAL COSTO DIRECTO				1.650.467

Fuente: INIA, 2007

⁶ Costos estimados para una población de 476 plantas/ha.

⁷ Los pesticidas indicados son ejemplos, existiendo otros productos comerciales alternativos.



A.9.2.5. Ricino

A.9.2.5.1. Inversión

Labor o Actividad	Cantidad	Unidad	Costo Unitario (\$)	Costo Total (\$ ha ⁻¹)
Preparación de suelos				
Mano de obra	22	JH	6.500	143.000
Semillas	13	Kg.	4.114	53.482
Insumos				
Cal	290	Bulto	1.960	568.400
Triple 15	40	Bulto	9.801	392.040
Agrimins	20	Bulto	14.036	280.720
Equipos y herramientas	-	-	-	20.000
TOTAL COSTOS IMPLANTACIÓN				1.457.642

En regiones tropicales se alcanzan rendimientos promedio de 1.400 kg ha⁻¹ de grano limpio. El contenido de aceite oscila entre 35 y 55% según variedades y el estado de madurez, además de otros factores.

A.9.2.5.2. Costos directos

Labor o Actividad	Cantidad	Unidad	Costo Unitario (\$)	Costo Total (\$ ha ⁻¹)
Asistencia técnica	1	Unidad	39532.9	39532.9
Mantenimiento	10	JH	6.500	65.000
Recolección semilla	12	JH	6.500	78.000
Traslado cosechas	2	HM	9.500	19.000
Empaque	1200	Unidad	73	87.600
Equipos y herramientas para Mantenimiento	-	-	-	2.420
Insumos				
Gallinaza	240	Bulto	1.573	377.520
Trichoderma	500	Gr.	9,6	4.800
NIM	120	Gr.	7,2	864
TOTAL COSTO DIRECTO				674736.9

Costos estimados tomando como referencias experiencias colombianas, para una población de 30000 plantas/ha (Karisma, 2008).



A.9.2.6. Jatropha

A.9.2.6.1. Inversión

Labor o Actividad	Cantidad	Unidad	Costo Unitario (\$)	Costo Total (\$ ha ⁻¹)
Preparación de suelos	-	-	-	800.000
Plantación				
Mano de obra	22	JH	6.500	143.000
Plantas	1670	unidades	12	20.040
Insumos				
Cal	290	Kilo	1.960	568.400
Triple 15	40	Kilo	9.801	392.040
Agrimins	20	Kilo	14.036	280.720
Equipos y herramientas	-	-	-	20.000
Sistema de riego	-	-	-	1.500.000
TOTAL COSTOS IMPLANTACIÓN				3.724.200

A.9.2.6.2. Costos directos

Labor o Actividad	Cantidad	Unidad	Costo Unitario (\$)	Costo Total (\$ ha ⁻¹)
Insumos				
Urea	179	Kg.	275	49.350
Nitrato de potasio	165	Kg.	300	49.350
Herbicidas	0,104	L	68.000	7.050
Labores				
Aplicación Agroquímicos	2	JH	6.500	13.000
Riego y fertirrigación	15	JH	6.500	97.500
Poda	1.670	Unidad	80	133.600
Cosecha	6.500	Kg.	35	227.500
Traslado cosechas	2	HM	9.500	19.000
TOTAL COSTO DIRECTO				596.350



A.9.3. Flujos de cajas proyectados a 10 años de las producciones regionales de jatropha.

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Superficie cultivada (ha)	100.000	120.000	144.000	172.800	207.360	248.832	298.598	358.318	429.982	515.978	619.174
Superficies adicionales (ha)		20.000	24.000	28.800	34.560	41.472	49.766	59.720	71.664	85.996	103.196
Ingresos brutos (M\$)			163.200.000	195.840.000	235.008.000	282.009.600	338.411.520	406.093.824	487.312.589	584.775.107	701.730.128
Costos directos (M\$)		71.520.000	85.824.000	102.988.800	123.586.560	148.303.872	177.964.646	213.557.576	256.269.091	307.522.909	369.027.491
Margen bruto por hectárea (M\$)		-71.520.000	77.376.000	92.851.200	111.421.440	133.705.728	160.446.874	192.536.248	231.043.498	277.252.198	332.702.637
Margen perpetuo (M\$)											3.327.026.371
Margen total (M\$)		-71.520.000	77.376.000	92.851.200	111.421.440	133.705.728	160.446.874	192.536.248	231.043.498	277.252.198	3.659.729.008
Inversión total (M\$)		-1.405.573.472									
Costos de implementación (inversión) (M\$)		372.400.000	89.376.000	107.251.200	128.701.440	154.441.728	185.330.074	222.396.088	266.875.306	320.250.367	384.300.441
Rendimiento de aceite		204.000.000	244.800.000	293.760.000	352.512.000	423.014.400	507.617.280	609.140.736	730.968.883	877.162.660	1.052.595.192
Mano de obra empleada (JH año ha ⁻¹)		5.400.000	6.480.000	7.776.000	9.331.200	11.197.440	13.436.928	16.124.314	19.349.176	23.219.012	27.862.814
Requerimiento hídrico (m ³ ha ⁻¹)		300.000.000	360.000.000	432.000.000	518.400.000	622.080.000	746.496.000	895.795.200	1.074.954.240	1.289.945.088	1.547.934.106

A.9.5.. Flujo acumulado para producción de semillas de *Jatropha curcas* en escalonamiento hacia 329.726,5 Ha (equivalentes al 100%) (Miles de MM\$)

Años	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20		
1%	-15,6	-0,8	-0,8	-0,8	5,8	5,8	5,8	5,8	5,8	5,8	0,9	5,8	5,8	5,8	5,8	5,8	5,8	5,8	5,8	5,8	5,8	54,3	
2%	0	-15,6	-0,8	-0,8	5,8	5,8	5,8	5,8	5,8	5,8	5,8	0,9	5,8	5,8	5,8	5,8	5,8	5,8	5,8	5,8	5,8	5,8	
5%	0	0	-62,5	-3,1	-3,1	-3,1	23,3	23,3	23,3	23,3	23,3	23,3	3,5	23,3	23,3	23,3	23,3	23,3	23,3	23,3	23,3	23,3	23,3
10%	0	0	0	-93,7	-4,6	-4,6	-4,6	34,9	34,9	34,9	34,9	34,9	34,9	34,9	34,9	34,9	34,9	34,9	34,9	34,9	34,9	34,9	34,9
15%	0	0	0	0	-140,6	-6,9	-6,9	-6,9	52,3	52,3	52,3	52,3	52,3	52,3	7,8	52,3	52,3	52,3	52,3	52,3	52,3	52,3	52,3
20%	0	0	0	0	0	-171,8	-8,5	-8,5	-8,5	64	64	64	64	64	64	9,6	64	64	64	64	64	64	64
25%	0	0	0	0	0	0	-218,7	-10,8	-10,8	-10,8	81,4	81,4	81,4	81,4	81,4	81,4	12,2	81,4	81,4	81,4	81,4	81,4	81,4
30%	0	0	0	0	0	0	0	-249,9	-12,3	-12,3	-12,3	93	93	93	93	93	93	13,9	93	93	93	93	93
35%	0	0	0	0	0	0	0	0	-296,7	-14,6	-14,6	-14,6	110,5	110,5	110,5	110,5	110,5	110,5	110,5	110,5	110,5	110,5	110,5
40%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-328	-16,2	-16,2	-16,2	122,1	122,1	122,1	122,1	122,1	122,1	122,1	122,1	122,1	122,1
45%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-374,8	-18,5	-18,5	-18,5	139,6	139,6	139,6	139,6	139,6	139,6	139,6	139,6	139,6
50%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-406,1	-20	-20	-20	151,2	151,2	151,2	151,2	151,2	151,2	151,2	151,2
55%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-452,9	-22,3	-22,3	-22,3	168,6	168,6	168,6	168,6	168,6	168,6	168,6
60%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-484,2	-23,9	-23,9	-23,9	180,3	180,3	180,3	180,3	180,3	180,3
70%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-609,1	-30	-30	-30	226,8	226,8	226,8	226,8	226,8
80%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-640,3	-31,6	-31,6	-31,6	238,4	238,4	238,4	238,4
90%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-765,3	-37,8	-37,8	-37,8	285	285
100%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-1.561,80	-77	-77	-77	-77	-77
100%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
100%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
100%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Flujo	-15,6	-16,4	-64	-98,3	-143,2	-174,8	-203,8	-206,3	-206,2	-179,6	-155,4	-99,8	-56,4	18,5	12,9	112,9	132,6	-507,5	1.219,30	1.479,50	1.835,80		



V. BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA

Abadi, A., T. Lefroy, D. Cooper, R. Hean y C. Davies. 2006. [en línea]. Profitability of Agroforestry in the Medium to Low Rainfall Cropping Zone. Disponible en el WWW: <<http://www.rirdc.gov.au/reports/AFT/05-181.pdf>>

Abou, A.A. y N.M.M Atta. 2009. Response of *Jatropha curcas* L. to water deficits: Yield, water use efficiency and oilseed characteristics. *Biomass and Bioenergy* 33(10): 1343-1350.

Achten, W.M.J., L. Verchot, Y.J. Franken, E. Mathijs, V.P. Singh, R. Aerts y B. Muys. 2008. *Jatropha* bio-diesel production and use. *Biomass and Bioenergy* 32(12): 1063-1084.

Acevedo, E. 2006. Agroenergía. Universidad de Chile, Serie Ciencias Agronómicas N° 11. 176 p.

Adebowale, K.O. y C.O. Adedire. 2006. Chemical composition and insecticidal properties of the underutilized *Jatropha curcas* seed oil. *African Journal of Biotechnology* 5(10):901-906.

Aderibigbe, A.O., C.O.L.E. Johnson, H.P.S. Makkar, K. Becker y N. Foidl. 1997. Chemical composition and effect of heat on organic matter and nitrogen degradability and como antinutritional components of *Jatropha* meal. *Animal Feed Science and Technology* 67(2-3): 223-243.

Akintayo, E.T. 2004. Characteristics and composition of *Parkia biglobbosa* and *Jatropha curcas* oils and cakes. *Bioresource Technology* 92(3): 307-310.

Asociación Nacional del Café (ANACAFÉ). 2004. Cultivo de Aguacate. Programa de Diversificación de Ingresos en la Empresa Cafetera. 25 p.

Arancibia, D. M. Caro, F. Espinoza, B. Galaz, V. Muñoz, J. Otarola y F. Yañez. 2007. Análisis económico del cultivo de *Jatropha curcas* para la producción de biodiesel en la localidad de Cerrillos de Tamaya, Cuarta Región. Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile. 50 p.

Augustus, G.D.P.S., M. Jayabalan y G.J. Seiler. 2002. Evaluation and bioinduction of energy components of *Jatropha curcas*. *Biomass and Bioenergy* 23(3): 161-164.

Azam, M.M., A. Waris y N.M. Nahar. 2005. Prospects and potential of fatty acid methyl esters of some non-traditional seed oils for use as biodiesel in India. *Biomass and Bioenergy* 29(4):293-302.



Badii, M.H., E. Hernández-Ortiz, A.E. Flores y J. Landeros. 2004. Prey stage preference and functional response of *Euseius hibisci* to *Tetranychus urticae* (Acari: Phytoseiidae, Tetranychidae). *Experimental and Applied Acarology* 34(3-4): 263-273.

Ballester, P., F. Correa, R. Jara, M.J. López, O. Macari, H. Navarrete y F. Soto. 2009. Evaluación técnica-económica de la producción de electricidad para satisfacer los requerimientos energéticos de la localidad de Ovalle a partir de aceite vegetal proveniente de *Jatropha* (*Jatropha Curcas* L.). Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile. 39 p.

Bancomext, Consejería Comercial S.N.C. para el Benelux y los Países Nórdicos y Centro Empresarial México-Unión Europea (CEMUE-PIAPYME). 2006. [en línea]. Cultivos industriales de aplicación no alimentaria en la Unión Europea. Disponible en el WWW:

<http://www.economia.gob.mx/pics/p/p2765/cultivosindustrialesdeaplicacionNOalimentaria_UNIONEUROPEA.pdf>

Behera, S.K., P. Srivastava, R. Tripathi, J.P. Singh y N. Sing. 2010. Evaluation of plant performance of *Jatropha curcas* L. under different agro-practices for optimizing biomass – A case study. *Biomass and Bioenergy* 34(1): 30-41.

BEI International. 2009. [en línea]. Mechanically Harvesting *Jatropha*. Disponible en el WWW: <<http://www.beiintl.com/Mechanically%20Harvesting%20Jatropha.pdf>>

BIONEPAL. 2009. [en línea]. Economics of *Jatropha*. Disponible en el WWW: <<http://www.bionepal.org/economics.htm>>

Biswas, S., N. Kaushik y G. Srikanth. 2006. Biodiesel: technology and business opportunities – An insight. pp. 303-330. *In*: B. Singh, R. Swaminathan y V. Ponraj (eds). *Proceedings of the biodiesel conference toward energy independence – focus on Jatropha*. Rashtrapati Nilayam, Hyderabad, India, June 9-10, 2006. New Delhi, India. 382 p.

Cappillino, P., R. Kleiman y C. Botti. 2003. Composition of Chilean jojoba seeds. *Industrial Crops and Products* 17(3): 177-182.

Carrizo, A. 2008. Experiencias de manejo de *jatropha* en el norte de Argentina. *In*: Primer Seminario Internacional *Jatropha* Chile 2008. Santiago, Chile.

Castro, A. 1968. Estudio del efecto de la época, densidad de siembra y riego en la producción de cártamo (*Carthamus tinctorius* L.). Memoria Ingeniero Agrónomo, Facultad de Agronomía, Universidad Católica de Chile. 86 p.



Cathay Forest Products. 2009. [en línea]. Cathay forest's jatropha investment receives valuation report from poyry. Disponible en el WWW: <<http://www.cathayforest.com/Release/2009/Sept%2018%20b,%202009.pdf>>

Centro Avanzado de Gestión, Innovación y Tecnología para la Agricultura (CATA). 2007. Evaluación del potencial productivo de biocombustibles en Chile con cultivos agrícolas tradicionales. Departamento de Industrias, Universidad Técnica Federico Santa María. 115 p.

Chilealimentos, 2005 [en línea]. Mercado para Aceite de Palta en Estados Unidos. Disponible en el WWW: <<http://www.chilealimentos.com/servicios/infodemercado/investimercado/11.act>>

Comisión Nacional de Energía (CNE). 2008. [en línea]. Balance Nacional de Energía 2008. Disponible en: <www.cne.cl>.

Comisión Nacional de Energía (CNE). 2009. Modelo de proyección. Demanda energética nacional de largo plazo. Gobierno de Chile. 30 p.

Comisión Nacional de Energía (CNE). s/a. Proyecciones en la demanda de combustibles al año 2019. Gobierno de Chile. No publicado.

Comité Nacional Sistema Producto Oleaginosas. 2006. [en línea]. Cártamo (*Carthamus tinctorius* L.) Usos y Propiedades. Disponible en el WWW: <http://www.oleaginosas.org/art_91.shtml>

Cultivos Energéticos SRL y Cooperativa Agropecuaria El Rosario Ltda. 2007. [en línea]. Ficha Técnica de la *Jatropha curcas*. Disponible en el WWW: <http://www.elsitioagricola.com/articulos/cultivosEnergeticos/JatrophaCurcas_FichaTecnica.pdf>

CREA. 2008. [en línea]. Cártamo. Agroalimentos Argentinos II. Disponible en el WWW: <http://www.aacrea.org.ar/economia/articulos/pdf/aaii_22_cartamo.pdf>.

Defilippi, B., J. Montealegre y V. Díaz. 1998. Control de malezas mediante la solarización y fumigación con bromuro de metilo en San Pedro, Región Metropolitana de Chile. *Agro Sur* 26(1): 26-35.

Dehgan, B. y G.L. Webster. 1979. Morphology and infrageneric relationships of the genus *Jatropha* (Euphorbiaceae). Volume 74. University of California Press, United States. 73 p.



- Demirbas, A. 2009a. Biofuels: Securing the planet's future energy needs. Springer-Verlag, London, United Kingdom. 343 p.
- Demirbas, A. 2009b. Progress and recent trends in biodiesel fuels. *Energy Conversion and Management*. 50(1): 14–34.
- Demirbas, A.H. y I. Demirbas. 2007. Importance of rural bioenergy for developing countries. *Energy Conversion and Management* 48(8): 2386-2398.
- Devappa, R.K., H.P.S. Makkar y K. Becker. Optimization of conditions for the extraction of phorbol esters from jatropha oil. *Biomass and Bioenergy* 34(8): 1125-1133.
- Divakara, B.N., H.D. Upadhyaya, S.P. Wani y C.L. Laxmipathi. 2010. Biology and genetic improvement of *Jatropha curcas* L.: a review. *Applied Energy* 87(3): 732-642.
- Dorenbos, J., A.H. Kassam y C.I.M. Bentvelsen. 1988. Efectos del agua sobre el rendimiento de los cultivos. Estudio FAO, Riego y Drenaje. Organización para las Naciones Unidas para la Agricultura y Alimentación (FAO), Roma, Italia. 212 p.
- Dove Biotech Ltd. 2008. [en línea]. Castor Bean (*Ricinus communis*) an international botanical answer to biodiesel production and renewable energy. Total Renewable, Sustainable Organic Solutions to the Global Energy, Water & Environment. 22 p.
- Ekşioğlu, S.D., A. Acharya, L.E. Leightley y S. Arora. 2009. Analyzing the design and management of biomass-to-biorefinery supply chain. *Computers and Industrial Engineering* 57(4): 1342-1352.
- El Observador. 2006. [en línea]. "Se estima que hay más de 50 plantas artesanales de biodiesel". *Energías Renovables* (suplemento especial de El Observador). Disponible en el WWW: <<http://www.iica.org.uy/data/documentos/272468.pdf>>.
- Fairweather H., N. Austin y M. Hope. 2003. Water use efficiency, an information package. Land & Water, Australia. 71 p.
- Gardiazabal, F. 2001. Historia y desarrollo del palto en Chile. *California Avocado Society Yearbook* 85: 93-112.
- Gardiazabal, F. y G. Rosemberg. 1991. Cultivo del Palto. Facultad de Agronomía. Universidad Católica de Valparaíso. Valparaíso, Chile. 201 p.
- Girija, C., B.N. Smith y P.M. Swamy. 2002. Interactive effects of sodium chloride and calcium chloride on the accumulation of proline and glycinebetaine in peanut (*Arachys hypogaea* L.). *Environmental and Experimental Botany* 47(1): 1-10.



Gour, V.K. 2006. Production practices including post harvest management of *Jatropha curcas*. pp. 223-251. In: B. Singh, R. Swaminathan and V. Ponraj (eds). Proceedings of the biodiesel conference toward energy independence – focus on *Jatropha*. Rashtrapati Nilayam, Hyderabad, India, June 9-10, 2006. New Delhi, India. 382 p.

Gressel, J. 2008. Transgenics are imperative for biofuel crops. *Plant Science* 174(3): 246-263.

Haas, W. y M. Mittelbach. 2000. Detoxificación experiments with the seed oil from *Jatropha curcas* L. *Industrial Crops and Products* 12(2): 111-118.

Heller, J. 1996. *Physic nut. Jatropha curcas* L.: promoting the conservation and use of underutilized and neglected crops. 1. Institute of Plant Genetics and Crop Plant Research, Gatersleben/International Plant Genetic Resources Institute, Rome. Rome, Italy. 66 p.

Hill, J., E. Nelson, D. Tilman, S. Polasky y D. Tiffany. 2006. Environmental, economic, and energetic costs and benefits of biodiesel and ethanol biofuels. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 130(30): 11206-11210.

Hilbert, J., C. Baldo y I. Huerga. 2007. Selección de indicadores que permitan determinar cultivos óptimos para la producción de biodiesel en las eco-regiones Chaco-Pampeana de la República de Argentina. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, Gobierno de Argentina. 110p.

Horta, L.A. 2004. Perspectivas de un programa de biocombustibles en América Central. Proyecto uso Sustentable de Hidrocarburos. Comisión Económica para América Latina y El Caribe (CEPAL), Sede Subregional México. 84 p.

InfoAgro. 2008. [en línea]. El cultivo del olivo. Disponible en el WWW: <<http://www.infoagro.com/olivo/olivo.htm>>

Instituto de Desarrollo Agropecuario (INDAP). 2010. [en línea]. Qué es INDAP. Ministerio de Agricultura, Gobierno de Chile. Disponible en el WWW: <<http://www.indap.gob.cl/content/view/1835/355/>>

Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIA). 1990. Mapa agroclimático de Chile. Instituto de investigaciones agropecuarias. 15 p.

Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIA). 2007. [en línea]. Fichas Agroeconómicas Frutícolas Regiones de Atacama y Coquimbo. Disponible en el WWW: <http://www.inia.cl/intihuasi/index_archivos/pdf/fichas2007.pdf>.



Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). 2005 [en línea]. El Olivo. Disponible en el WWW: <http://www.oleaginosas.org/cat_64.shtml>.

Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). 2008. [en línea]. Tecnología de Producción para el cultivo de cártamo con riego en la Huasteca de San Luis Potosí. México. Disponible en el WWW: <<http://www.oeidrus-slp.gob.mx/modulos/tecnologiasdesc.php?id=65>>.

Inversiones San Martín y Secretaría de Recursos Naturales y Ambiente (SERNA). 2006. [en línea]. Cultivo de *Jatropha curcas* y construcción de una Planta de Biodiesel en San Esteban, Olancho, Honduras. Disponible en el WWW: <http://www.sica.int/busqueda/busqueda_archivo.aspx?Archivo=odoc_9537_1_22062006.pdf>.

Jingura, R.M. 2011. Technical options for optimization of production of jatropha as a biofuel feedstock in arid and semi-arid areas of Zimbabwe. *Biomass and Bioenergy* 35(5): 2127-2132.

Joerdens-Roettger, D. 2007. Piñon (*Jatropha curcas*). Cultivo con valor energético. *Revista Agroenfoque* 21: 24-26.

Juliá, C., S. Montecinos y A. Maldonado. 2008. Características climáticas de la Región de Atacama. Pp. 25-42. *In*: F.A. Squeo, G. Arancio y J.R. Gutiérrez (eds.). Libro rojo de la flora nativa y de los sitios prioritarios para su conservación: Región de Atacama. Ediciones Universidad de La Serena, La Serena, Chile. 456 p.

Karisma, 2008. [en línea]. Proyecto Reactivación de la Cadena Forestal del Carare Opón. Producción de Higuierilla. Disponible en el WWW: <<http://www.karisma.org.co/documentos/biocombustible/formatofinancierohiguierilla.xls#1>>.

Kingswood, A. 2010. Estudio Exploratorio de la Producción de Biodiesel a partir de Aceite de *Jatropha curcas* en Chile. Memoria para optar al Título de Ingeniero Civil Industrial. Departamento de Ingeniería Industrial, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Universidad de Chile. Santiago, Chile. 88 p.

Kpoviessi, D.S.S., G.C. Accrombessi, C. Kossouh, M.M. Soumanou y M. Moudachirou. 2004. Propriétés physico-chimiques et composition de l'huile non conventionnelle de pourghère (*Jatropha curcas*) de différentes régions du Bénin. *Comptes Rendus Chimie* 7(10-11): 1007-1012.



Kremer C., 2006. Evaluating simple transpiration-based model of crop productivity. Washington State University. Department of Biological System Engineering. 133 p.

Kumar, A. y S. Sharma. 2008. An evaluation of multipurpose oil seed crop for industrial uses (*Jatropha curcas* L.): a review. *Industrial Crops and Products* 28(1): 1-10.

Labra, F. 2009. Zonificación agroecológica preliminar para el establecimiento de áreas potenciales de cultivo de *Jatropha curcas* L. con fines bioenergéticos entre las regiones de Antofagasta y Valparaíso. Memoria Ingeniero en Recursos Naturales Renovables, Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile. Santiago, Chile. 138 pp.

Lou, L., E. van der Voet and G. Huppes. 2010. Biorefining of lignocellulosic feedstock – technical, economic and environmental considerations. *Bioresource Technology* 101(13): 5023-5032.

Maes, W.H., W.M.J. Achten, B. Reubens, D. Raes, R. Samson y B. Muys,. 2009. Plant–water relationships and growth strategies of *Jatropha curcas* L. seedlings under different levels of drought estrés. *Journal of Arid Environments* 73(10): 877–884.

Makkar, H.P.S., A.O. Aderibigbe y K. Becker. 1998. Comparative evaluation of non-toxic and toxic varieties of *Jatropha curcas* for chemical composition, digestibility, protein degradability and toxic factors. *Food Chemistry* 62(2): 207-215.

Makkar, H.P.S. y K. Becker. 1997. Potential of *J. curcas* seed meal as a protein supplement to livestock feed, constraints to its utilization and possible strategies to overcome constraints. pp. 190-205. In: G.M. Gübitz, M. Mittelbach y M. Trabi (eds.). *Biofuels and Industrial Products from Jatropha curcas*. Symposium "Jatropha 97". Managua, Nicaragua, February 23-27, 1997. Graz, Austria.

Magner, N., M. Martínez, M. Paneque. 2008. Análisis técnico económico comparativo entre seis opciones de cultivos energéticos con potencial de asentamiento en las zonas semi áridas de Chile. Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile. 48 pp.

National Agricultural Research Foundation, Institute of Technology of Agricultural Products (NAGREF-ITAP). 2008. [en línea]. El Cultivo del Olivo. TDC Olive. Disponible en el WWW: <http://www.tdcolive.net/documents/booklet/olive%20culture_es.pdf>.

Oliveira, H., A. Janssen, A. Pallini, M. Venzon, M. Fadini y V. Duarte. 2007. A phytoseiid predator from the tropics as potential biological control agent for the spider mite *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae). *Biological Control* 42(2): 105-109.



Openshaw, K. 2000. A review of *Jatropha curcas*: an oil plant of unfulfilled promise. *Biomass and Bioenergy* 19(1): 1-15.

Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y Alimentación (FAO). 1997. Zonificación Agro-ecológica. Guía general. Boletín de suelos de la FAO N° 73. Roma, Italia. 82 pp.

Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y Alimentación (FAO). 2006. [en línea]. Jojoba (*Simmondsia chinensis*). Disponible en el WWW: <<http://www.fao.org/inpho/content/documents/vlibrary/AE620s/Pfrescos/JOJOBA.HTM>>

Osava, M. 2008. [en línea]. La energía en una semilla de ricino. Disponible en el WWW: <<http://www.tierramerica.net/2003/0526/analisis.shtml>>.

Ouwens, D.K., G. Francis, Y.J. Franken, W. Rijssenbeek, A. Riedacker, N. Foidl, R. Jongschaap, P. Bindraban. 2007. Position paper on *Jatropha curcas*. State of the art, small and large scale project development. Fact Foundation. 7 p. Disponible en el WWW: <<http://www.fact-fuels.org/en/FACTKnowledgeCentre/FACT>>

Pedraza, E.A. y D.G. Cayón. 2010. Caracterización morfofisiológica de *Jatropha curcas* L. variedad Brasil cultivada en dos zonas de Colombia. *Acta Agronómica* 59(1) : 30-36.

Pereira, O.L., D.C. Dutra y L.A.S. Dias. 2009. *Lasiodiplodia theobromae* is the causal agent of a damaging root and collar rot disease on the biofuel plant *Jatropha curcas* in Brazil. *Australasian Plant Pathology* 4: 120-123.

Pramanik, K. 2003. Properties and use of *Jatropha curcas* oil and diesel fuel blends in compression ignition engine. *Renewable Energy* 28(2): 239-248.

ProChile. 2007. Aceites Vegetales: "Aceite de Palta". Perfil de Mercado de Producto. Oficina Comercial de la Embajada de Chile en México. 13 p.

ProChile New York. 2007. Perfil de mercado producto aceite de oliva convencional en los Estados Unidos. 59 p.

Promoción de Exportaciones Agrícolas No Tradicionales (PROEXANT). 2008 [en línea]. Aguacate (Avocado). Disponible en el WWW: <http://www.proexant.org/ec/HT2_Aguacate.htm>.

Puy, N., J. Bartrolí, J. Bartrolí, J. Rieradevall, S. Martínez, E. Juliá y M. Rigola. 2007. Desarrollo sostenible de los bosques mediterráneos. Centro del sector forestal, en Sant Celoni. Fundació Abertis. España. 14 p.



- Rashid, U., F. Anwar, A. Jamil y H.N. Bhatti. 2010. *Jatropha curcas* seed oil as a viable source for biodiesel. *Pakistan Journal of Botany* 42(1): 575-582.
- Razeto, B. 2000. El palto: Un árbol magnífico pero de discreta producción. *Revista Aconex* 68: 5-9.
- Razeto, B. 2006. Para entender la fruticultura. Santiago, Chile. 518 p.
- Reed, C.F. 1976. Information summaries on 1000 economic plants. Typescripts submitted to the USDA.
- Reyes, S. y I.M. Figueroa. 2010. Distribución, superficie y accesibilidad de las áreas verdes en Santiago de Chile. *EURE* 36(109): 89-110.
- Rohwer, C.L. y J.E. Erwin. 2010. Spider mites (*Tetranychus urticae*) perform poorly on and disperse from plants exposed to methyl jasmonate. *Entomologia Experimentalis et Applicata* 137(2): 143-152.
- Román, C., K. Vásquez, R. Valenzuela, G. Martínez, G. Lillo, L. Morales, R. Fuster, A. de la Fuente, J.M. Uribe, L.O. Faúndez y M. Paneque. 2009. Cultivos energéticos: una apuesta de futuro. M. Paneque (ed.). Santiago, Chile. 224 pp.
- Rosenfeld, N. 2005. Evaluación económica del cultivo del palto, variedad Hass. Dos realidades cerro y plano. Tesis Ingeniero Agrónomo, Pontificia Universidad Católica de Chile. 127 p.
- Roussos, P.A., E. Tsantili y C.A. Pontikis. 2002. Responses of jojoba explants to different salinity levels during the proliferation stage in vitro. *Industrial Crops and Products* 23(1): 65-72.
- Sanden, B., B.R. Roberts, S. Kaffka, K. Klonsky y R. de Moura. 2002. Sample costs to produce safflower - San Joaquin Valley - South. University of California, United States. 13 p
- Servicio de Impuestos Internos (SII). 2003. [en línea]. Nueva tabla de vida útil de los bienes físicos del activo inmovilizado. Gobierno de Chile. Disponible en el WWW: <http://www.sii.cl/pagina/valores/bienes/tabla_vida_enero.htm>
- Siddique. K.H.N., D. Tennant, R.K. Beldford y M.W. Peny. 1990. Water use and water use efficiency of old and modern wheat cultivars in a Mediterranean-type environment. *Australian Journal of Agricultural Research* 41(3):431-447.



Singh, L., S.S. Bargali y S.L. Swamy. 2006. Production practices and post-harvest management in *Jatropha*. Pp. 252-267. In: B. Singh, R. Swaminathan y V. Ponraj (eds). Proceedings of the biodiesel conference toward energy independence – focus on *Jatropha*. Rashtrapati Nilayam, Hyderabad, India, June 9-10, 2006. New Delhi, India.

Squella, F. y R. Meneses. 1986. Influencia del residuo sobre la productividad de la pradera natural mediterránea árida. *Agricultura Técnica* 46(4): 395-399.

Squeo, F.A., N. Olivares, S. Olivares, A. Pollastri, E. Aguirre, R. Aravena, C. Jorquera y J.R. Ehleringer. 1999. Grupos funcionales en arbustos desérticos del norte de Chile, definidos sobre la base de las fuentes de agua utilizadas. *Gayana Botánica* 56(1): 1-15.

Srivastava, A. y R. Prasad. 2000. Triglycerides-based diesel fuel. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 4(2): 111-133.

Stöckle, C., R. Kemanian y C. Kremer. 2008. On the use radiation-and water- use efficiency for biomass production models. pp. 39-58. In: A. Ahuja, V.R. Reddy, S.A. Saseendran y Q. Yu (eds.) *Response of Crops to Limited Water: Understanding and Modeling water stress effects on plants growth processes*. American Society of Agronomic Inc., Crop Science Society Inc. and Soil Science Society Inc., Madison, USA. 435 p.

Tanner C.B. y T.R Sinclair. 1983. Efficient water use in crop production: research or research. pp. 1-27. In: H.M. Taylor, W.R. Jordan y T.R. Sinclair (eds.) *Limitations to Efficient Water Use in Crop Production*. 583 p.

Universidad de Chile 2008a. [en línea]. Unidad de Selección y Propagación para la Venta de Material Fitogenético. Jojoba. Disponible en el WWW: <<http://agronomia.uchile.cl/centros/USEP/index.html>>.

Universidad de Chile. 2008b. [en línea]. IX Lípidos. Biblioteca Digital de la Universidad de Chile. Facultad de Química y Farmacia. Disponible en el WWW: <http://mazinger.sisib.uchile.cl/repositorio/ap/ciencias_quimicas_y_farmaceuticas/apb-ot-farm2c>

Vaknin, Y., M. Ghanim, S. Samra, L. Dvash, E. Hendelsman, D. Eisikowitch y Y. Samocha. 2011. Predicting *Jatropha curcas* seed oil content, oil composition and protein content using near infrared spectroscopy - a quick and non-destructive method. *Industrial Crops and Products* 34(1): 1029-1034.



Van Leeuwen, T., J. Vontas, A. Tsagkarakou, W. Dermauw y L. Tirry. 2010. Acaricide resistance mechanisms in the two-spotted spider mite *Tetranychus urticae* and other important Acari: a review. *Insect Biochemistry and Molecular Biology* 40(8): 563-572.

Vásquez, K. 2009. Zonificación agroecológica preliminar para el establecimiento de áreas potenciales de cultivo de *Jatropha curcas* L. con fines bioenergéticos entre la región Metropolitana y del Bio-bío. Memoria Ingeniero en Recursos Naturales Renovables, Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile. Santiago, Chile. 99 p.

Vilar, J. y Velasco, M. 2007. [en línea]. Incidencia sobre la demanda de aceite de oliva de la evolución en el mercado de los biocombustibles. Disponible en el WWW: <http://www.coag.org/rep_ficheros_web/f28e24150fa0ef0beea19e7b7faccdd4.pdf>.

Vita, A., M.T. Serra, I. Grez, A. Olivares y M. González. 1995. Intervenciones silviculturales en espino (*Acacia caven* [Mol.] Mol.) en la zona árida de Chile. *Revista Ciencias Forestales* 10(1-2): 51-62.

Walker G.K. 1986. Transportation efficiency of field-grown maize. *Field Crops Research*. 14(1): 29-38.

Wink, M., C. Koschmieder, M. Sauerwein y F. Sporer. 1997. Phorbol esters of *J. curcas* - Biological activities and potential applications. pp. 160-166. In: G.M. Gübitz, M. Mittelbach y M. Trabi (eds.). *Biofuels and Industrial Products from Jatropha curcas*. Symposium "Jatropha 97". Managua, Nicaragua, February 23-27, 1997. Graz, Austria.

Wu, Y., G. Ou y J. Yu. 2011. First report of *Nectria haematococca* causing root rot disease of physic nut (*Jatropha curcas*) in China. *Australasian Plant Disease Notes* Accepted for publication April 7.

Ye, M., C. Li, G. Francis, H.P.S. Makkar. 2009. Current situation and prospects of *Jatropha curcas* as a multipurpose tree in China. *Agroforestry Systems* 76(2): 487-497.

Yee, K.F., K.T. Lee, R. Ceccato, A.Z. Abdullah. 2011. Production of biodiesel from *Jatropha curcas* L. oil catalyzed by SO_4^{2-}/ZrO_2 catalyst: effect of interaction between process variables. *Bioresource Technology* 102(5): 4285-4289.