



SECRETARÍA DE DESARROLLO RURAL

www.campeche.gob.mx @CAMPECHEPROGRESA

EN **CAMPECHE**  
VAMOS POR NUESTRO  
**PROGRESO**



**SDR**

## **ESTUDIO PARA DETERMINAR ZONAS DE ALTA POTENCIALIDAD PARA EL CULTIVO DE HIGUERILLA (*Ricinus Communis L.*) EN EL ESTADO DE CAMPECHE**



**Dr. José Francisco Juárez López  
Dr. Lorenzo Armando Aceves Navarro  
Dr. José Jesús Obrador Olán  
M.C. Rigoberto González Mancilla  
M.C. Nubia Nitzel Torres Rosas  
Ing. Matías Hernández Gómez**



**Campus Tabasco**

**TOMO VII-2012**

*Ricinus communis* L.



**ESTUDIO PARA DETERMINAR ZONAS DE ALTA  
POTENCIALIDAD PARA EL CULTIVO DE HIGUERILLA  
(*Ricinus communis* L.) EN EL ESTADO DE CAMPECHE.**



**GOBIERNO DEL ESTADO DE CAMPECHE**

**DIRECTORIO**

LIC. FERNANDO EUTIMIO ORTEGA BERNÉS  
**Gobernador Constitucional del Estado de Campeche**

LIC. JORGE HUMBERTO SHIELDS RICHAUD  
**Secretario de Coordinación**

LIC. MARÍA LUISA SAHAGÚN ARCILA  
**Secretaría de Administración e Innovación  
Gubernamental**

DR. EVERARDO ACEVES NAVARRO  
**Secretario de Desarrollo Rural**

ARQ. MARIO HURTADO ESCALANTE  
**Responsable de la Unidad de Inversión**

MC. CESAR BARRIOS PACHECO  
**Coordinador Ejecutivo y Apoderado Legal  
de FIDESUR**



## COLEGIO DE POSTGRADUADOS

### DIRECTORIO

DR. JESÚS MONCADA DE LA FUENTE  
**Director General**

DR. RAÚL GERARDO OBANDO RODRÍGUEZ  
**Secretario Académico**

LIC. ROLANDO RAMOS ESCOBAR  
**Secretario Administrativo**

DR. PONCIANO PÉREZ HERNÁNDEZ  
**Director de Educación**

DR. JUAN ANTONIO VILLANUEVA JIMÉNEZ  
**Director de Investigación**

DR. MIGUEL CABALLERO DELOYA  
**Director de Vinculación**

## CAMPUS TABASCO

### DIRECTORIO

DR. CARLOS FREDY ORTIZ GARCÍA  
**Director**

DR. CÉSAR JESÚS VÁZQUEZ NAVARRETE  
**Subdirector de Educación**

DR. ÁNGEL MARTÍNEZ BECERRA  
**Subdirector de Investigación**

DR. JOSÉ FRANCISCO JUÁREZ LÓPEZ  
**Subdirector de Vinculación**

CPA. MARÍA GABRIELA MARTÍNEZ QUINTANA  
**Subdirectora de Administración**



## ÍNDICE DE CONTENIDO

I.	INTRODUCCIÓN .....	1
II.	OBJETIVOS.....	2
III.	CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA HIGUERILLA ( <i>Ricinus communis</i> L.).....	2
3.1	Descripción .....	2
3.2	Raíz.....	4
3.3	Flores .....	4
3.4	Tallo, ramas y hojas.....	5
3.5	Frutos.....	6
3.6	Semillas .....	6
3.7	Clasificación taxonómica.....	7
3.8	Material genético y variedades de higerilla .....	8
IV.	ANTECEDENTES DEL CULTIVO DE HIGUERILLA ( <i>Ricinus communis</i> L.) EN EL MUNDO Y MÉXICO.....	10
4.1	Producción nacional de higerilla.....	14
V.	REQUERIMIENTOS AGROCLIMÁTICOS.....	15
VI.	REQUERIMIENTOS EDAFOLÓGICOS .....	17



<b>VII. TECNOLOGÍA DEL CULTIVO DE HIGUERILLA.....</b>	<b>18</b>
7.1 Trazo de la plantación.....	18
7.2 Siembra.....	19
7.3 Manejo del cultivo .....	21
7.3.1 Poda.....	21
7.3.2 Raleo.....	21
7.3.3 Control de malezas .....	22
7.3.4 Fertilización.....	22
7.3.5 Control de plagas .....	22
7.3.6 Control de enfermedades.....	23
7.3.7 Cosecha.....	24
7.3.8 Perspectiva agroindustrial.....	25
<b>VIII. DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA METODOLOGÍA.....</b>	<b>27</b>
<b>IX. REQUERIMIENTOS BIOCLIMÁTICOS DEL CULTIVO DE HIGUERILLA .....</b>	<b>29</b>
9.1 Inventario climático .....	30
9.1.1 División climática.....	31
9.1.2 Período de crecimiento .....	31
9.2 Inventario edafológico .....	31
9.2.1 División edafológica .....	31



9.3 Fuentes de información.....	32
9.3.1 Información climática .....	32
9.3.2 Información edafológica .....	32
9.3.3 Información cartográfica.....	32
<b>X. ESTIMACIÓN DE RENDIMIENTO POTENCIAL PARA EL CULTIVO DE HIGUERILLA (<i>Ricinus communis</i> L.).....</b>	<b>33</b>
<b>XI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....</b>	<b>36</b>
<b>XII. CONCLUSIONES .....</b>	<b>40</b>
<b>XIII. BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>41</b>
<b>XIV. ANEXOS.....</b>	<b>53</b>



## ÍNDICE DE CUADROS

<b>Cuadro 1.</b> Variedades de higuerilla ( <i>Ricinus communis</i> L.) recomendadas para su cultivo en el mundo.....	8
<b>Cuadro 2.</b> Principales regiones productoras de higuerilla ( <i>Ricinus communis</i> L.), datos reportados para el año 2009. ....	11
<b>Cuadro 3.</b> Principales países productores de higuerilla ( <i>Ricinus communis</i> L), producción en toneladas. ....	12
<b>Cuadro 4.</b> Países con mayor superficie cultivada (ha) de higuerilla ( <i>Ricinus communis</i> L). ....	12
<b>Cuadro 5.</b> Rendimientos de los países productores de higuerilla ( <i>Ricinus communis</i> L), valores en t ha <sup>-1</sup> . ....	13
<b>Cuadro 6.</b> Producción agrícola de higuerilla en México bajo las modalidades de riego y temporal (Periodo de 1999 a 2009). ....	14
<b>Cuadro 7.</b> Requerimientos agroclimáticos óptimos y absolutos para el desarrollo de la higuerilla ( <i>Ricinus communis</i> L.). ....	16
<b>Cuadro 8.</b> Requerimientos edafológicos óptimos y absolutos para el desarrollo de la higuerilla ( <i>Ricinus communis</i> L.). ....	17
<b>Cuadro 9.</b> Variables seleccionadas para definir áreas de alta potencialidad para el cultivo de higuerilla en el estado de Campeche. ....	30



<b>Cuadro 10.</b> Diferentes potenciales expresados como superficie y de manera porcentual para el cultivo de higuerilla ( <i>Ricinus communis</i> L.) en el estado de Campeche.....	37
<b>Cuadro 11.</b> Subunidades de suelo aptos para el cultivo de la higuerilla ( <i>Ricinus communis</i> L.) en el estado de Campeche. ....	37
<b>Cuadro 12.</b> Municipios del estado de Campeche con zonas con alto potencial edafoclimático para el cultivo de higuerilla. ....	38
<b>Cuadro 13.</b> Rendimiento potencial ( $t \text{ ha}^{-1}$ ) para el cultivo de higuerilla ( <i>Ricinus communis</i> L.) en el estado de Campeche. ....	39

---

## ÍNDICE DE FIGURAS

---

<b>Figura 1.</b> Higuerilla ( <i>Ricinus communis</i> L.) .....	3
<b>Figura 2.</b> Raíz de higuerilla ( <i>Ricinus communis</i> L.).....	4
<b>Figura 3.</b> Pistilo de la flor de higuerilla ( <i>Ricinus communis</i> L).....	5
<b>Figura 4.</b> Fruto de la higuerilla ( <i>Ricinus communis</i> L).....	6
<b>Figura 5.</b> Semilla de higuerilla ( <i>Ricinus communis</i> L.).....	7
<b>Figura 6.</b> Metodología simplificada de la zonificación agroecológica para el cultivo de higuerilla ( <i>Ricinus communis</i> L.).....	28



## ÍNDICE DE ANEXOS

<b>Anexo 1.</b>	Ubicación geográfica de las estaciones meteorológicas en el estado de Campeche.....	53
<b>Anexo 2.</b>	Requerimientos bioclimáticos del cultivo de higuerilla ( <i>Ricinus communis</i> L.).....	55
<b>Anexo 3.</b>	Requerimientos edafológicos para el cultivo de higuerilla ( <i>Ricinus communis</i> L.) .....	55
<b>Anexo 4.</b>	Zonas con alto potencial agroclimático para el cultivo de higuerilla ( <i>Ricinus communis</i> L.) en el estado de Campeche.....	56
<b>Anexo 5.</b>	Zonas con alto potencial edafológico para el cultivo de higuerilla ( <i>Ricinus communis</i> L.) en el estado de Campeche.....	57
<b>Anexo 6.</b>	zonas con alto potencial edafoclimático para el cultivo de higuerilla ( <i>Ricinus communis</i> L.) en el estado de Campeche.....	58



## I. INTRODUCCIÓN

En la actualidad el cultivo de higuerilla (*Ricinus communis* L.) resulta de gran interés tanto por la producción de aceite como por el uso de sus residuos lignocelulósicos y sus aplicaciones industriales (Grigoriou y Ntalos, 2001; Amado *et al.*, 2006); en este sentido la higuerilla es una planta factible de incorporarse a la producción de biocombustibles.

Esta especie se distribuye ampliamente en el territorio mexicano de manera silvestre; sin embargo, es poca la información que se tiene respecto a este cultivo. En el sur del país, el cultivo suele intercalarse en plantaciones de maíz (Arredondo, 2004).

En cuanto a la viabilidad de su empleo en la producción de biodiesel, Uribe y Longoria (2007) y Ruiz (2007) mencionan que es una opción viable en la elaboración de combustible alterno a los derivados del petróleo.

El gobierno del estado de Campeche en conjunto con las instituciones de investigación tienen el propósito de transferir al productor mediante este estudio, el conocimiento generado en dichos centros, con la finalidad de brindarles una mayor seguridad de uso de la tierra, identificando zonas de alto potencial de higuerilla (*Ricinus communis* L.) en el Estado para su establecimiento.

La metodología utilizada para zonificar agroecológicamente al cultivo de higuerilla en el estado de Campeche estuvo en función de la información disponible en la zona de interés; clima, suelo y del cultivo en estudio.



## II. OBJETIVOS

- Realizar la zonificación para el cultivo de higuerilla (*Ricinus communis* L.) en el estado de Campeche mediante la determinación de zonas con alta potencialidad productiva.
- Elaborar un mapa del estado de Campeche donde se indiquen la(s) zonas con alta potencialidad productiva para el cultivo de higuerilla (*Ricinus communis* L.).

## III. CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA HIGUERILLA (*Ricinus communis* L.)

### 3.1 Descripción

La higuerilla (*Ricinus communis* L.) es una planta herbácea en los países de clima templado, arborescente y hasta de 8-10 m de altura en los intertropicales y subtropicales (Figura 1).

En el trópico pueden alcanzar varios metros de altura, así en estado silvestre es un árbol que alcanza los 10 m de altura. En caso de ser cultivado, es un arbusto que apenas llega a los 4 m. Una vez establecida, puede difundirse rápidamente, por lo que se le considera en algunas regiones como una maleza invasora. Se presenta en masas densas y se encuentra con frecuencia a lo largo de los caminos y áreas perturbadas (Rzedowski y Rzedowski, 2001; Weber, 2003).

# *Ricinus communis* L.

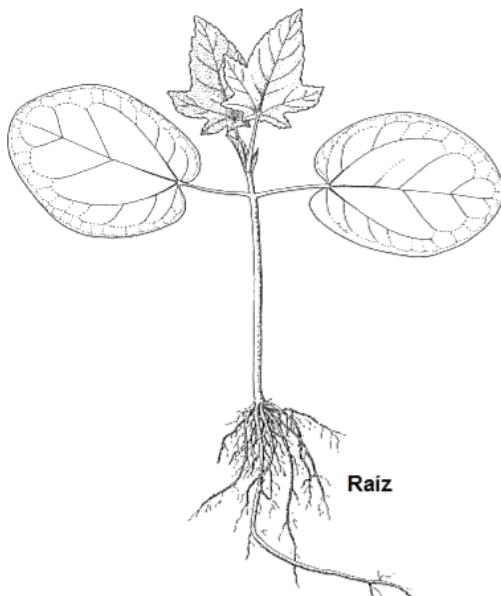


**Figura 1.** Higuerilla (*Ricinus communis* L.)



## 3.2 Raíz

La higuerilla tiene un sistema radical capaz de explorar las capas más profundas del suelo, favoreciendo el aumento de la aireación y la capacidad de retención y distribución del agua en el suelo (Figura 2) (Savy-Filho *et al.*, 1999; Távora, 1982).



**Figura 2.** Raíz de higuerilla (*Ricinus communis* L.); Fuente: Welzen, 1998.

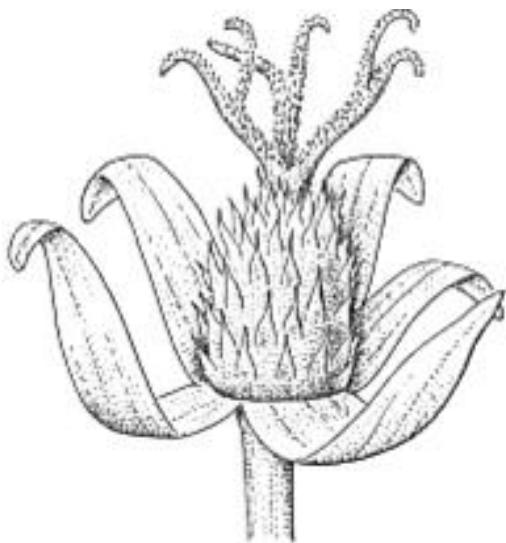
## 3.3 Flores

Las inflorescencias están en cimas bracteadas, reunidas en panículas cónicas y erectas, terminales o axilares y subopositifolias, con las cimas basales masculinas y las terminales femeninas. Las flores son unisexuales y tienen de 15 a 30 mm de diámetro, con un pedicelo articulado sobre el pedúnculo con un tamaño de hasta 12 mm (masculinas) y 0.5 mm (femeninas). Presentan un perianto simple, formado de 3 a 5 tépalos (Duke, 1983; Macédo y Wagner, 1984).

Los estambres son indefinidos y policótomas. El ovario es trilocular, con un rudimento seminal en cada lóculo. En la higuerilla se puede presentar la autopolinización o haber una polinización cruzada por acción del viento. El polen se



libera entre los 26 y 29 °C con una humedad relativa de 60% (Figura 3) (Bonjean, 1991; Pabón-Garcés, 2009).



**Figura 3.** Pistilo de la flor de higuerilla (*Ricinus communis* L.); Fuente: Welzen, 1998.

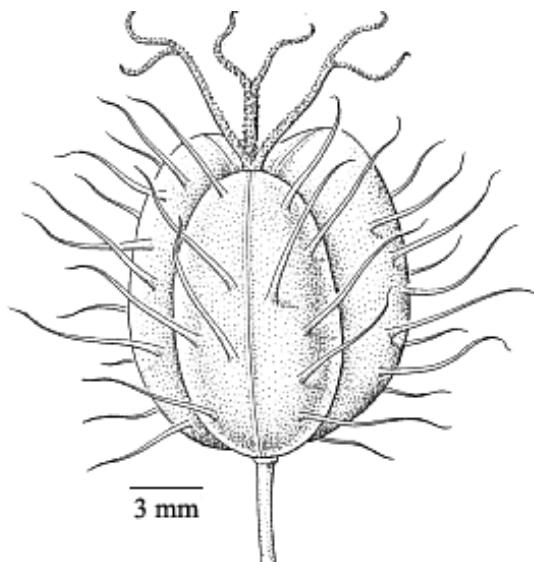
### 3.4 Tallo, ramas y hojas

Los tallos son erectos, ramificados, medulosos o fistulosos, con glabros o glabrescentes. Las hojas son simples, alternas y palmeadas de entre 10 y 60 cm de diámetro. El limbo presenta de 5 a 9 segmentos oblongo lanceolados, desiguales, agudos, de margen glanduloso e irregularmente dentado. El pecíolo mide de 10 a 20 cm y es a menudo de color rojizo, con 1 o 2 glándulas apicales de 2 mm de diámetro. Las estípulas están soldadas en una lámina membranácea y lanceolada; conspicua en las hojas jóvenes, parcialmente caduca y finalmente reducida a un reborde coroniforme (Pabón-Garcés, 2009).



## 3.5 Frutos

Fruto en cápsula esquizocárpica ovoideo de 1 a 2.5 cm de largo, con dehiscencia septicida y septífraga, con mericarpos monospermios, que se torna del color verde al marrón cuando está maduro. Es indehiscente en los cultivares modernos y contiene en su interior 3 semillas (Figura 4) (Reed, 1976).



**Figura 4.** Fruto de la higuerilla (*Ricinus communis* L); Fuente: Welzen, 1998.

## 3.6 Semillas

Semillas ovales y comprimidas de tamaño variable entre 5 y 20 mm según la variedad, lisas, jaspeadas, brillantes, con carúntula sésil, terminal, reniforme, amarillenta. Mantienen su viabilidad de germinación de 2 a 3 años (Reed, 1976; Pabón-Garcés, 2009).

Los resultados obtenidos por Gotya *et al.*, (2011), demuestran que el tamaño de las semillas recolectadas en el estado de Chiapas, varió significativamente, encontrándose valores desde 0.05 a 2.41 cm<sup>2</sup> (Figura 5), resultados que no coinciden con lo reportado en otros trabajos para la misma especie, ya que se ha

## *Ricinus communis* L.



encontrado que el tamaño de la semilla varía de 1 a 1.7 cm<sup>2</sup> (Mondragón-Pichardo et al., 2005), o bien que éste se encuentra entre 0.5 a 1,5 cm<sup>2</sup> (Ramírez, 2006).

En relación a la forma de la semilla, Gotya et al., (2011), revela que se identificaron semillas con coeficientes de redondez que van de 1.02 a 2.23, mientras el valor del coeficiente se aproxime al 1, más redonda será la semilla. A pesar de ser fácil esta medición, no se encontraron registros de su estudio para comparar los resultados obtenidos, ya que sólo se describe como ovada aplastada (Ramírez, 2006).



**Figura 5.** Semilla de higuerilla (*Ricinus communis* L.); Fuente: Gotya et al., 2011.

### 3.7 Clasificación taxonómica

El género *Ricinus* pertenece a la familia de las euforbiáceas y se subdivide en aproximadamente 72 especies (Pabón-Garcés, 2009). De acuerdo a Cronquist (1981) su clasificación taxonómica es la siguiente:

**Reino:** *Plantae*

**División:** *Magnoliophyta*

**Clase:** *Magnoliopsida*

**Orden:** *Euphorbiales*

**Familia:** *Euphorbiaceae*

**Género:** *Ricinus* L.

**Especie:** *Ricinus communis* L.



## 3.8 Material genético y variedades de higuerilla

La higuerilla (*Ricinus communis* L.), comprende 22 subespecies, y diversidad de variedades mejoradas que producen grandes rendimientos de semilla (Cuadro 1). Sin embargo, se ha demostrado que es más conveniente el uso de variedades autóctonas por su capacidad de adaptación y resistencia a plagas y enfermedades (Webster, 1994).

**Cuadro 1.** Variedades de higuerilla (*Ricinus communis* L.) recomendadas para su cultivo en el mundo.

VARIEDADES	USO	DESCRIPCIÓN
<b>Baker H</b>	Producción de aceite	Porte enano, frutos indehiscentes, cultivada en Brasil.
<b>Baker H72</b>	Producción de aceite	Porte enano, frutos indehiscentes, cultivada en Brasil.
<b>Brigham</b>	Producción de aceite	Adaptada para Texas USA, crece hasta 1,8 m y tiene 10% del contenido de aceite.
<b>BRS 149 Nordestina</b>	Producción de aceite	Para regiones semiáridas. Altura de 1.7 a 2 m, contenido de aceite del 48%.
<b>BRS 188 Paraguaçu</b>	Producción de aceite	Para regiones semiáridas. De 1.7 a 2 m de altura, contenido de aceite del 47%.
<b>BRSEnergia</b>	Producción de aceite	Desarrollada en Brasil para ser cosechada a mano o mediante maquinaria.
<b>GCH6</b>	Producción de aceite	Variedad desarrollada para las condiciones climáticas y edafológicas de la India.
<b>Campanitas</b>	Producción de aceite	Empleado en Brasil, de porte medio, frutos indeshiscentes.
<b>Carmencita Pink</b>	Ornamental	Similar a Var. <i>Gibsonnii</i> pero con tallos rosáceos-rojizos. Crece hasta 1.5 m.
<b>Carmencita Bright Red</b>	Ornamental	Tiene tallos rojos, hojas de color púrpura oscuro y vainas de color rojo. Crece hasta 1.5 m.
<b>Cimarrón</b>	Producción de aceite	Empleado en Brasil, de porte alto, frutos indeshiscentes.
<b>GCH5</b>	Producción de aceite	Variedad desarrollada en para las condiciones de la India, es resistente a Fusarium.
<b>Gibsonnii</b>	Ornamental	Tiene hojas de color rojo con venas de color rojizo y vainas de color rosa-verdosos. Crece hasta 1.5 m.

# *Ricinus communis* L.



**Continuación de Cuadro 1.** Variedades de higuerilla (*Ricinus communis* L.) recomendadas para su cultivo en el mundo.

VARIEDADES	USO	DESCRIPCIÓN
<b>Hale</b>	Producción de aceite	De poca altura y muy ramificada. Empleada en Texas USA desde 1970.
<b>Guaraní</b>	Producción de aceite	Ciclo vegetativo 180 días. Altura media 1.8 m; frutos indehiscentes. Contenido de aceite 47%.
<b>IAC-38</b>	Producción de aceite	Porte enano, frutos dehiscentes, Cultivada en Brasil.
<b>IAC-80</b>	Producción de aceite	Ciclo vegetativo 240 días. Altura media 2.5 a 3 m; Contenido de aceite de 47 a 49%.
<b>IAC-226</b>	Producción de aceite	Empleado en Brasil, de porte alto, frutos indeshiscentes.
<b>Impala</b>	Ornamental	Compacta, de 1.2 m de alto, con follaje y tallos rojizos, más brillante en los brotes jóvenes.
<b>Inermis</b>	Producción de aceite	Para clima tropical. Las cápsulas no poseen espinas.
<b>Mayor</b>	Producción de aceite	De menor precocidad y dehiscente. Posee semillas de mayor tamaño.
<b>Minor</b>	Producción de aceite	Altura de 1 a 1.5 m, ramificada desde la base, precoz, cápsulas dehiscentes y semillas pequeñas.
<b>Pernambucana</b>	Producción de aceite	Empleado en Brasil, de porte medio, frutos deshiscentes.
<b>Red Spire</b>	Ornamental	Altura de 2 a 3 m de altura, con tallos rojizos y follaje en tono bronce.
<b>Sanguineus</b>	Producción de aceite	Tallo, ramas y hojas de color rojo-vinoso; posee semillas grandes y alto porcentaje de aceite.
<b>Sipeal 28</b>	Producción de aceite	Empleado en Brasil, de porte medio, frutos dehiscentes.
<b>Viridis</b>	Producción de aceite	Abundante en África occidental, carece de cera y de semillas pequeñas.
<b>Zanzibarinus/ Zancibarencis</b>	Ornamental	Netamente tropical, de 2 a 3 m de alto, tallos y hojas rojas revestidas de cera.

Fuente: Brickell, 1996; Phillips y Rix, 1999; Altimasent *et al.*, 2009; Pabón-Garcés, 2009.



Según los estudios realizados en el estado de Chiapas (Goytia *et al.*, 2011), existe diversidad en la forma, tamaño y contenido de aceite en semillas de *Ricinus Communis* L., estableciendo una relación positiva entre el peso de la semilla y el tamaño de ésta, e inversa entre la temperatura y el tamaño y peso de las semillas, concluyendo que los individuos de esta especie se pueden adaptar a diferentes entornos y crear fenotipos especiales para cada lugar en donde se desarrollan, por lo que para establecer cultivos de esta especie se deberán realizar colectas a nivel de la región en donde se plantee hacerlo.

## **IV. ANTECEDENTES DEL CULTIVO DE HIGUERILLA (*Ricinus communis* L.) EN EL MUNDO Y MÉXICO**

La higuerilla es una planta originaria de Abisinia (actualmente Etiopía, al nororiente de África); posteriormente fue introducida en Asia menor y la India. Prácticamente todas las regiones cálidas y semi-templadas conocen su explotación desde los tiempos más remotos (Govaerts *et al.*, 2000; Hilbert, 2007); aunque también se cree que pudo haber sido nativa del Medio Oriente (Pabón-Garcés, 2009). En la actualidad ha sido introducida en casi todas las regiones del mundo, principalmente en regiones tropicales, subtropicales y semiáridas (Fonnegra y Jiménez, 2007). El cultivo de la higuerilla se realiza en 29 países, siendo el rendimiento promedio mundial de  $1.00 \text{ t ha}^{-1}$ . En Asia, Sudamérica y África están los principales países productores a nivel mundial (Cuadro 2). Dependiendo del sistema productivo, los rendimientos van de los 0.90 a 1 ton/h abajo la modalidad de riego y de 0.30 a 0.65 t  $\text{ha}^{-1}$  en temporal en regiones semiáridas (Duke, 1983; DOVEBIOTECH, 2005; FAO-ECOCROP, 2010).



**Cuadro 2.** Principales regiones productoras de higuerilla (*Ricinus communis* L.), datos reportados para el año 2009.

Región o Continente	Superficie cosechada (ha)	Rendimiento (t ha <sup>-1</sup> )	Producción (t)
Asia	1087296	1.21	1,312,411
Sudamérica	171605	0.62	105,634
África	210850	0.38	79,016
Caribe	2900	0.55	1,600
Europa	600	0.58	350
América central	500	0.20	100

Fuente: FAOSTAT, 2011.

Como puede observarse en el Cuadro 3, hasta el 2007, ocho países acaparaban el 98% de la producción de higuerilla (Guyana, Chile, Brunei Darussalam, Nicaragua, Trinidad y Tobago, Poland, Guinea Ecuatorial y Western Sahara) dominaban la producción mundial, sin embargo, a partir del 2008 estos dejaron de aparecer, figurando entonces la India, China, Brasil, Mozambique, Etiopía, Vietnam, Paraguay y Tailandia, siendo estos dos últimos países los únicos que han logrado mantenerse a través del tiempo logrando incrementar su producción a partir del 2008, aun cuando su superficie no ha se incrementado en gran medida (Cuadro 4), pero en el caso de Paraguay su rendimiento se ha incrementado un 11% a partir del 2008. India, China y Brasil poseen las mayores producciones y superficies, India es el único con un rendimiento mayor al rendimiento mundial; los mayores rendimientos reportados para el 2009 se encuentran en Siria (2.06 t ha<sup>-1</sup>), Ecuador (1.46 t ha<sup>-1</sup>), India (1.31 t ha<sup>-1</sup>), Paraguay (1.18 t ha<sup>-1</sup>) y Camboya (1.10 t ha<sup>-1</sup>), los cuales sobrepasan el rendimiento mundial (Cuadro 5) (FAO, 2011).

# *Ricinus communis* L.



**Cuadro 3.** Principales países productores de higuerilla (*Ricinus communis* L.), producción en toneladas.

PAÍS	2005	2006	2007	2008	2009
<b>India</b>	-	-	-	1,171,000	1,098,000
<b>China</b>	-	-	-	190,000	190,000
<b>Brasil</b>	-	-	-	122,140	91,076
<b>Mozambique</b>	-	-	-	52,071	37,487
<b>Paraguay</b>	2,089	2,866	2,219	13,000	13,000
<b>Tailandia</b>	5,380	5,511	6,038	11,330	10,823
<b>Etiopía</b>	-	-	-	7,000	7,000
<b>Vietnam</b>	-	-	-	6,000	6,000
<b>Guyana</b>	990,700	762,000	1,053,000	-	-
<b>Chile</b>	220,000	200,000	170,000	-	-
<b>Brunéi</b>	168,802	95,000	98,142	-	-
<b>Nicaragua</b>	49,000	49,627	54,515	-	-
<b>Trinidad y Tobago</b>	10,593	10,861	10,982	-	-
<b>Polonia</b>	11,500	10,500	10,500	-	-
<b>Guinea Ecuatorial</b>	5,000	5,000	6,000	-	-
<b>Sahara occidental</b>	5,802	5,000	5,000	-	-
<b>RESTO DEL MUNDO</b>	27,884	23,214	22,961	35,764	30,700
<b>TOTAL MUNDIAL</b>	1,496,750	1,169,579	1,439,357	1,608,305	1,484,086

Fuente: FAOSTAT, 2011

**Cuadro 4.** Países con mayor superficie cultivada (ha) de higuerilla (*Ricinus communis* L.).

PAÍS	2005	2006	2007	2008	2009
<b>India</b>	864,200	639,000	860,000	900,000	840,000
<b>China</b>	240,000	230,000	210,000	220,000	210,000
<b>Mozambique</b>	135,000	135,922	150,000	157,143	160,193
<b>Brasil</b>	230,911	151,060	163,034	157,626	159,409
<b>Angola</b>	15,119	14,104	13,453	14,721	13,522
<b>Tailandia</b>	13,407	13,452	13,136	13,253	13,019
<b>Kenia</b>	13,000	13,000	13,000	13,000	13,000
<b>Paraguay</b>	10,000	10,000	10,000	11,000	11,000
<b>RESTO DEL MUNDO</b>	64,110	60,947	58,418	66,878	61,088
<b>TOTAL MUNDIAL</b>	1,585,747	1,267,485	1,491,041	1,553,621	1,481,231

Fuente: FAOSTAT, 2011



**Cuadro 5.** Rendimientos en los países productores de higuerilla (*Ricinus communis* L), valores en t ha<sup>-1</sup>.

PAÍS	2005	2006	2007	2008	2009
<b>Angola</b>	0.29	0.27	0.23	0.25	0.25
<b>Bangladesh</b>	0.80	0.71	0.71	0.67	0.67
<b>Benín</b>	0.65	0.90	0.62	0.60	0.70
<b>Brasil</b>	0.73	0.63	0.60	0.77	0.57
<b>Cabo Verde</b>	0.81	0.84	0.71	0.77	0.73
<b>Camboya</b>	1.00	0.81	0.95	0.88	1.10
<b>China</b>	0.92	0.87	0.81	0.86	0.90
<b>Ecuador</b>	1.59	1.64	1.55	1.47	1.46
<b>Etiopía</b>	0.83	0.82	1.03	1.03	0.89
<b>Rusia</b>	0.84	0.64	0.54	0.42	0.58
<b>Filipinas</b>	0.80	0.56	0.47	0.51	0.50
<b>Haití</b>	0.53	0.56	0.55	0.60	0.55
<b>India</b>	1.15	1.19	1.22	1.30	1.31
<b>Indonesia</b>	0.16	0.15	0.17	0.36	0.29
<b>Kenia</b>	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23
<b>Madagascar</b>	0.36	0.35	0.36	0.36	0.29
<b>Marruecos</b>	0.36	0.43	0.41	0.41	0.42
<b>México</b>	0.20	0.20	0.17	0.19	0.17
<b>Mozambique</b>	0.36	0.37	0.36	0.33	0.23
<b>Pakistán</b>	1.00	0.57	0.62	0.49	0.59
<b>Paraguay</b>	1.15	1.05	1.05	1.18	1.18
<b>Siria</b>	0.00	0.00	1.93	1.70	2.06
<b>Tanzania</b>	0.60	0.60	0.60	0.67	0.50
<b>Sudáfrica</b>	0.59	0.62	0.70	0.66	0.59
<b>Sudán</b>	0.43	0.50	0.59	0.49	0.67
<b>Tailandia</b>	0.79	0.81	0.84	0.85	0.83
<b>Togo</b>	0.12	0.13	0.09	0.11	0.09
<b>Uganda</b>	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33
<b>Vietnam</b>	0.73	0.71	0.71	0.86	0.86

Fuente: FAOSTAT, 2011



#### 4.1 Producción nacional de higuerilla

En México, la higuerilla está distribuida en las zonas cálidas de 20 estados; Chiapas, Chihuahua, Coahuila, Colima, Distrito Federal, Guanajuato, Guerrero, Jalisco, Estado de México, Michoacán, Morelos, Nayarit, Oaxaca, Sinaloa, Sonora, Tabasco, Tamaulipas, Tlaxcala, Veracruz y Yucatán (Villaseñor y Espinosa, 1998). Sin embargo, son pocos los estados que en los últimos diez años la han cultivado con fines de aprovechamiento industrial, siendo las plantaciones en su totalidad de temporal (Cuadro 6) (SIAP, 2011).

**Cuadro 6.** Producción agrícola de higuerilla en México bajo las modalidades de riego y temporal (Periodo de 1999 a 2009).

Año	Estado	Superficie sembrada (ha)	Producción (t)	Rendimiento (t ha <sup>-1</sup> )	Precio medio de la tonelada (\$/t)	Valor de la producción (Miles \$)
1999	Oaxaca	1,900	448	0.32	2,800	1,254
2000	Oaxaca	1,800	576	0.32	3,000	1,728
2001	Oaxaca	1,900	665	0.35	4,000	2,660
2002	Oaxaca	2,000	525	0.35	4,000	2,100
2007	Michoacán	234	1	0.20	6,000	6
	Michoacán	33	4.5	0.90	5,000	22.5
2008	Michoacán	8	0	0	0	0
	Yucatán	1	4	4	10,000	40
2009	Michoacán	5	3.5	0.70	4,000	14

<sup>R</sup> Bajo la modalidad de riego Fuente: SIAP, 2011

En la Región de los Valles Centrales de Oaxaca, la higuerilla tuvo su auge en la década de 1980 intercalándose con plantaciones de maíz; presentándose hasta unas 10,000 hectáreas de maíz-higuerilla (Arredondo, 2004). Entre los años de 1992 a 1997 la superficie disminuyó hasta las 3,650 hectáreas (Cruz-Ruiz, 2009). En la última década la higuerilla presentó su declive final en la entidad cultivándose por última vez 2,000 ha en el año 2002 (SIAP, 2011).



La mayor parte de la producción se comercializaba localmente en una pequeña industria extractora de aceite de ricino. La disminución gradual de la superficie de siembra se debió a la baja productividad y rentabilidad causada por las irregulares precipitaciones, la baja fertilidad de los suelos, y que la trilla y limpia manual demandaba mucho esfuerzo y tiempo, además de la competencia con los países exportadores y los bajos precios en el mercado internacional (Cruz-Ruiz, 2009). No fue sino hasta los años 2007 y 2008, que el cultivo se retomó en el país, en los estados de Michoacán y Yucatán pero no de manera importante.

En cuanto a los rendimientos promedio, en pruebas de campo recientes en el estado de Oaxaca, se definió que los monocultivos de higuerilla pueden obtener entre 0.65 a 0.76 t ha<sup>-1</sup> de semilla, y hasta 0.28 t ha<sup>-1</sup> en asociación con maíz (Cruz-Ruiz, 2009).

Las densidades de siembra fueron de 4,781 y 6,375 plantas ha<sup>-1</sup> en los monocultivos, y de 28,696 plantas ha<sup>-1</sup> de maíz y 4,781 plantas ha<sup>-1</sup> de higuerilla en la asociación. Con un rendimiento máximo de 760 kg de semilla, de las cuales se pueden obtener hasta 380 litros de aceite y 342 litros de biodiesel, más 15% de glicerina (Cruz-Ruiz, 2009).

## V. REQUERIMIENTOS AGROCLIMÁTICOS

La higuerilla prospera mejor en climas tropicales y subtropicales, donde las temperaturas permanecen bastante altas a lo largo de la temporada de cultivo. Sin embargo, si la temperatura se mantiene por encima de los 37.7°C por un periodo amplio, las semillas no pueden germinar (Azevedo *et al.*, 1997). Las temperaturas inferiores a 15°C afectan al desarrollo y la producción. El cultivo prospera desde el nivel del mar hasta los 2.500 m de altura, pero conforme aumenta la altitud, decrece el contenido de aceite (Francis, 2002; DOVEBIO TECH, 2005).

## *Ricinus communis* L.



La higuerilla requiere una época seca definida después de la floración y su requerimiento de agua durante la etapa de crecimiento es de 600 a 800 mm. No es resistente a las heladas, las temperaturas de -2°C durante 4 horas produce la muerte de la planta (FAO-ECOCROP, 2011).

La planta es exigente a la alta luminosidad, requiriendo para completar su ciclo de 10 a 12 horas de luz solar diariamente. Puede producir con baja disponibilidad de agua, pero si dispone de ella, puede prolongar su período de fructificación (Cuadro 7) (Hilbert, 2007; Altimasent *et al.*, 2009).

**Cuadro 7.** Requerimientos agroclimáticos óptimos y absolutos para el desarrollo de la higuerilla (*Ricinus communis* L.).

REQUERIMIENTO	OPTIMO		ABSOLUTO	
	MÍNIMO	MÁXIMO	MÍNIMO	MÁXIMO
Temperatura (°C)	20	30	15	39
Temperatura critica (durante el reposo)				-2
Temperatura critica (durante el crecimiento temprano)				0
Precipitación anual (mm)	600	1000	400	2000
Zona climática (clasificación de Köppen)	Tropical húmedo y seco (Aw), Estepa o semiárido (Bs), Subtropical húmedo (Cf), Subtropical con verano lluvioso (Cs)			
Latitud	---		50	60
Fotoperiodo	Días neutrales (12 a 14 horas), días largos (más de 14 horas)			
Intensidad de la luz	Muy brillante	Muy brillante	Muy brillante	Cielos despejados
Altitud (m)	---	---	---	2000

Fuente: FAO-ECOCROP, 2011



## VI. REQUERIMIENTOS EDAFOLÓGICOS

La higuerilla requiere de suelos fértiles, sueltos, permeables y profundos. No se recomiendan suelos bajos encharcados o de textura arcillosa, porque retrasan el desarrollo del cultivo y retienen demasiada humedad. Crece bien en suelos alcalinos o ácidos siempre y cuando el suelo sea permeable y con buen drenaje. Suelos con fertilidad elevada favorecen el crecimiento vegetativo excesivo, prolongando el periodo de madurez y expandiendo considerablemente el periodo de floración. Prospera bien en suelos de mediana o alta fertilidad, profundos, sueltos, permeables, aireados, bien drenados, con altas cantidades de elementos nutritivos y con pH sobre 5,5 (óptimo 6-7), aunque no soporta la alcalinidad (Cuadro 8) (Weiss, 1983; Azevedo *et. al.*, 1997; DOVEBIOTECH, 2005; Hilbert, 2007; FAO-ECOCROP, 2011).

**Cuadro 8.** Requerimientos edafológicos óptimos y absolutos para el desarrollo de la higuerilla (*Ricinus communis* L.).

REQUERIMIENTO	OPTIMO	ABSOLUTO
pH del suelo	5 a 6.5	4.5 a 8
Profundidad del suelo	Profundos (más de 150 cm)	Superficiales (20 a 50 cm)
Textura del suelo	Mediana	Pesada, Mediana, ligera
Fertilidad del suelo	Alta	Moderada
Salinidad del suelo	Baja (<4 dS/m)	Baja (<4 dS/m)
Drenaje del suelo	Bueno (periodos secos)	Bueno (periodos secos), excesivo (seco / moderadamente seco)

Fuente: FAO-ECOCROP, 2011



## VII. TECNOLOGÍA DEL CULTIVO DE HIGUERILLA

### 7.1 Trazo de la plantación

Normalmente la higerilla se siembra en surcos superficiales o en camas, además de que requiere una amplia cantidad de semilla ya que por lo general su tasa de germinación es bastante baja; la cantidad depende del tamaño de la semilla y la altura de la variedad (Heith, 1949; Weiss, 1983; DOVEBIOTECH, 2005).

Los mejores rendimientos se obtienen utilizando un marco de siembra de 105 x 75 cm, correspondiendo a una densidad de 12,500 plantas  $\text{ha}^{-1}$ , también pueden emplearse marcos de siembra de 100 x 100 cm y a 200 x 50 cm correspondientes a densidades de 10,000 plantas  $\text{ha}^{-1}$ ; teniendo la primera de ambas una producción de 31% más alta (Mazzani, 1983). En Oaxaca, México, se empleaba un marco de 150 x 150 cm siendo unas 4,500 plantas  $\text{ha}^{-1}$ , utilizando una variedad criolla (Cruz-Ruiz, 2009).

Para variedades enanas, se recomienda usar densidades de 10,000 plantas  $\text{ha}^{-1}$  más, dependiendo del tipo de suelo, siendo el marco de siembra en este caso de 100 x 100 cm (Mazzani, 1983). También pueden emplearse marcos de 90 x 60 cm para tener densidades 18,500 planta  $\text{ha}^{-1}$ , e incluso, en plantaciones mecanizadas, se recomienda una separación de 100 x 25 cm correspondiente a una densidad de 40,000 plantas  $\text{ha}^{-1}$ . Se recomienda sembrar entre 2 y 4 semillas por agujero; en promedio se emplean 15 kg de semillas por hectárea (Reed, 1976; DOVEBIOTECH, 2005).

Para variedades de porte medio y alto, se recomienda utilizar el marco de siembra de 300 x 100 cm quedando 3330 plantas  $\text{ha}^{-1}$ , o emplear un marco de 200 x 100 cm para plantas enanas y suelos de baja fertilidad (5,000 plantas  $\text{ha}^{-1}$ ) (Mazzani, 1983). Normalmente se emplean entre 3 y 4.5 kg de semilla por hectárea (Reed, 1976; DOVEBIOTECH, 2005).



## 7.2 Siembra

La profundidad de siembra de las semillas debe fluctuar entre los 3 y 8 cm, en función del tipo de suelo, al grado de humedad existente en el momento de la siembra y el método que va a ser usado para controlar las malezas (Mazzani, 1983).

Las semillas pueden ser sembradas a mano o con una sembradora de maíz con placas especiales (Reed, 1976; DOVEBIOTECH, 2005). Previamente deben ser limpiadas para eliminar partículas extrañas y semillas dañadas. También deben ser tratadas con un fungicida antes de la siembra; lo cual es particularmente importante cuando hay un riesgo de bajas temperaturas de primavera y alta humedad del suelo inmediatamente después de la siembra (DOVEBIOTECH, 2005).

Los campos destinados a la producción de semillas de higuerilla deberán estar aislados de otros campos cultivados para evitar riesgo de cruzamientos y así mantener la pureza de la variedad empleada y los rendimientos esperados (Gurgel, 1945; Allard, 1971; Gregg *et al.*, 1974). Las distancias de separación recomendadas entre campos son 400 m como mínimo (Lingerfelt, 1976).

Para el inicio de la siembra se debe realizar una buena preparación del suelo, enfocada hacia una labranza mínima y siembra directa. Se debe remover el suelo hasta por lo menos 30 cm de profundidad para favorecer el buen desarrollo de la raíz principal (DOVEBIOTECH, 2005). Si el pH del suelo es muy ácido ( $\text{pH} < 5$ ), debe encalarse por lo menos tres meses antes de la siembra (Altimasent *et al.*, 2009).

Después de la cosecha, las semillas deben ser removidas de los frutos, por lo general empleando maquinaria. En promedio en cada fruto hay de 65 a 75 semillas dependiendo de su grado de madurez. Posterior al desgranado se debe hacer una selección de las semillas para eliminar los residuos de las cápsulas del fruto y de

## *Ricinus communis* L.



basura (Duke, 1983). Después de una cosecha anterior, se recomienda quebrar los tallos y dejarlos en el suelo, su deterioro incorporara materia orgánica necesaria para el próximo ciclo productivo. También se deben eliminar aquellas semillas que hayan quedado en el suelo y que germinen antes de la siguiente siembra (DOVEBIOTEHC, 2005). La época de siembra puede influir en el rendimiento y la calidad de las semillas de higuerilla. Távora (1982) recomienda que en áreas de semiáridas la siembra se realice después del inicio de las lluvias, mientras que en áreas de alta pluviosidad la siembra puede ser tardía, evitando de este modo que no ocurran lluvias en el momento de madurez y de secado de los frutos.

Como referencia, la higuerilla suele plantarse cuando el suelo está caliente, es decir, que mantenga una temperatura de 15.6°C. Se recomienda el uso de semillas de alta germinación y de buena calidad para asegurar un adecuado tiempo de emergencia. Igualmente el emplear variedades semideshidratantes para evitar pérdidas de producción y variedades de porte medio a alto ya que tienen mejores condiciones de adaptación a las condiciones semiáridas; las variedades enanas exigen emplear sistema de riego ya que no soportan el estrés hídrico. También se recomienda emplear especies autóctonas, tanto para aumentar los rendimientos como para evitar problemas con plagas y enfermedades. La germinación inicia entre los 7 y 10 días y se completa (emergencia) a los 25 a 45 días (Kadambi and Dabral, 1955; DOVEBIOTECH, 2005; Altimasent *et al.*, 2009).

La higuerilla no debe ser cultivada por más de dos años consecutivos en el mismo terreno, se recomienda la rotación con gramíneas y/o abonos verdes. En el caso de rotación con maíz, este se debe sembrar a los 30 días de la germinación de la higuerilla, para evitar competencia, debido al desarrollo inicial lento de la higuerilla.



## 7.3 Manejo del cultivo

### 7.3.1 Poda

Las variedades de porte medio cuando se siembra en tierras fértiles, presentan un desarrollo vegetativo exuberante, pudiendo alcanzar una altura superior a 3 m, lo que dificulta el proceso de recolección y el control de plagas. La poda, es recomendada para cultivares de portes medio y alto, pero nunca para los tipos enanos. Los tipos de poda son (Weiss, 1983):

- Poda verde o apical. Consiste en eliminar las yemas terminales para inducir el rebrote lateral. Recomendada para variedades de porte alto, cuando alcancen 1 m de altura.
- Poda seca. Se realiza cuando se pretende explotar un segundo ciclo. Se efectúa tras la última recolección, cinco ó seis meses después de la fructificación. La poda se realiza a una altura de 30 a 50 cm del suelo.

### 7.3.2 Raleo

Consiste en la eliminación de plantas, tallos y hojas atípicas, enfermas, portadoras de anomalías y de floración precoz. Esta práctica tiene como objetivo principal garantizar la pureza varietal y la sanidad de las semillas. En ricino puede ser realizado en tres fases (Altimasent *et al.*, 2009):

- En la fase vegetativa. Eliminando las plantas con porte distinto, hojas atípicas, enfermas, tallo de color distinto del cultivar, que sean claramente evidentes.
- Floración. La intensidad de coloración de las flores recibe atención especial, además de la floración precoz (falta de uniformidad).
- Tras formación de los frutos. Eliminando las plantas con inflorescencias de distintos tamaños, forma y distribución de flores masculinas y femeninas,



además en cuanto al tipo del fruto (formato y coloración) y su bajo rendimiento (pocos frutos).

### 7.3.3 Control de malezas

La higuerilla presenta un crecimiento inicial lento, por lo que las malezas son un problema importante en esta fase de desarrollo, lo que ocasiona pérdidas considerables en la producción. Deben realizarse dos o tres veces en los primeros 60 a 70 días de desarrollo del cultivo, no soporta malezas en los primeros dos meses. Se recomienda eliminar las malezas y remover la tierra, mejorando de esta forma la granulosidad, aumentando el contenido de aire y la mineralización de las sustancias orgánicas. También se puede realizar con herbicidas químicos, en pre o post emergencia. Por experiencias locales se recomienda el uso de trifluralin (Treflán en dosis de 1 a 3 L ha<sup>-1</sup>) incorporado antes de la siembra y se complementa su acción con un pase de cultivadora una vez establecido el cultivo. El combate natural completo consiste de dos a tres limpiezas durante el ciclo (Mascarenhas, 1981).

### 7.3.4 Fertilización

Esta práctica debe considerar el análisis químico del suelo. Para producir una tonelada de semillas la higuerilla remueven del suelo alrededor de 30 kg nitrógeno (N), 5 kg fosforo (P), 12 kg potasio (K), 4 kg calcio (Ca), y 3 kg magnesio (Mg). Por lo general, a la siembra se adicionan entre 50 y 70 kg ha<sup>-1</sup> de P y entre 30 y 50 kg ha<sup>-1</sup> de K y N; a los 25 y 50 días se aplican 50 kg ha<sup>-1</sup> de nitrógeno.

### 7.3.5 Control de plagas

Las plagas que perjudican a la higuerilla son (Duke, 1983; Altimasent *et al.*, 2009) :

- La cigarrita empoasca sp. (*Homóptera cicadellidae*) es una plaga que puede hallarse en cantidades representativas en la parte inferior de la hoja, yemas o pecíolos, partes donde absorben la savia. Entre los daños que genera la saliva tóxica de este insecto está el “acaparamiento” y deformación de las



hojas. Químicamente se combaten con oxidemetonmetil (Metasystox 25% PM, 0,75 kg ha<sup>-1</sup>) o con malation (Malathión 57% CE, 2 L ha<sup>-1</sup>).

- Chinche hedionda (*Nezara Viridula* L.) perjudica las cápsulas y la unión de la Higuerilla al punzarlas; para combatirlas se recomienda mantener las rondas y el cultivo limpios de malezas; un combate químico debe darse con la presencia de uno o más insectos por planta, mediante el empleo de diazinón (Diazinón 60 CE, 0,5-1 L ha<sup>-1</sup>)

En estados iniciales del desarrollo de la Higuerilla, otros insectos perjudiciales lo constituyen el bellotero (*Heliothis spp.*), el gusano tigre (*Prodenia spp.*) y la mosca blanca (*Hemisia Tabaci*); plagas que se combaten, mediante el empleo de productos recomendados para el gusano cogollero y bellotero; se pueden utilizar también piretrinas como el Cimbush (0,5 L ha<sup>-1</sup>) o Decis (0,5 Lha<sup>-1</sup>), o bien metomil (Lannate 90% PS 0,4 kg ha<sup>-1</sup>).

### 7.3.6 Control de enfermedades

La higuerilla puede ser afectada por varios microorganismos (hongos, bacterias y virus), en el caso de que las condiciones climáticas sean favorables para su desarrollo. A continuación se nombran las enfermedades más comunes (Duke, 1983):

- La marchites o fusariosis (*Fusarium Oxysporum*), un hongo del suelo que ataca las plantas en cualquier ciclo; estos provocan la marchites de las hojas. En la base de las hojas y ramas de la planta provocan manchas marrón oscuro, desarrolladas en sentido longitudinal; pueden ser causantes de la muerte de la higuera, y cuando se presentan en la adultez de la planta provocan la pérdida de grandes cantidades de frutos. Esta enfermedad debe ser combatida con la erradicación de las plantas afectadas, siempre que el ataque sea aislado.



- Moho ceniciente (*Botrytis Cinerea* Pers.), que ataca la parte reproductiva de la planta, especialmente la inflorescencia, pasando a la semilla y luego pudre la cápsula. Esta enfermedad se da con altas temperaturas y humedad. Se recomienda desinfectar las semillas mediante fungicidas y la siembra en épocas adecuadas. Las partes que se afectan con esta enfermedad se deben eliminar y destruir.
- Manchas de hojas (*Cercospora Ricinella* y *Xanthomonas Ricinicola*), una enfermedad que ataca directamente a las hojas y que se controla mediante la siembra de variedades resistentes a la misma.
- Marchitamiento (*Phytophthora* spp.), una enfermedad que ataca a la Higuerilla apenas germinada, provocándole la muerte. Se recomiendan suelos de excelentes drenajes, siembras en tiempos apropiados y el empleo de variedades resistentes de plantas.

### 7.3.7 Cosecha

La cosecha se realiza cuando por lo menos dos tercios de los frutos; aproximadamente el 70%, están completamente maduros y secos y las hojas han caído de la planta (Ribero, 1966; Gonçalves *et al.*, 1981; Azevedo y Lima, 2001), dicha actividad se puede realizar de forma manual o mecanizada y debe iniciar antes de la temporada de lluvias en las regiones tropicales. La cosecha consiste en cortar los racimos por la base, pudiendo utilizar para ello cualquier tipo de instrumento cortante (Gonçalves *et al.*, 1981; Duke, 1983; DOVEBIOTECH, 2005).

Si los frutos no están secos, deben secarse rápidamente. En el proceso natural, se exponen al sol sobre lonas de plástico por un período de 4 a 15 días, dependiendo del cultivar, hasta alcanzar la humedad de los frutos de 10 %. El secado artificial es más rápido, económico y seguro ya que no depende de las condiciones climáticas



(Macedo y Wagner, 1984). El secado con aire forzado, utilizando aire a 40 °C, permite secar las semillas o frutos en 48 horas, hasta alcanzar una humedad del 9 a 10%. (Gonçalves *et al.*, 1981; Hermely, 1981).

### 7.3.8 Perspectiva Agroindustrial

La higuerilla tiene múltiples usos. Industrialmente sus hojas son empleadas como materia prima para fabricar tintes, pinturas, barnices y taninos, su corteza se emplea para extraer cartón, yeso y fibras como el nylon. (Duke, 1983; FAO-ECOCROP, 2010).

El aceite que producen las semillas es resistente al agua y de secado rápido, por lo que se incluye en las mezclas de combustible para los motores de precisión. Deshidratado, es un excelente agente de secado y se utiliza en pinturas, anilinas y barnices y como un ingrediente básico en jabones emolientes. Se usa también en tejidos de revestimiento, en la fabricación de lubricantes de alta calidad; como los de motores de alta rotación de aviones y cohetes, tintas de impresión, para teñir textiles y en la conservación del cuero. También se utiliza para los plásticos, los ungüentos y cosméticos. Se emplea en desinfectantes, germicidas, pegamentos y adhesivos (Duke, 1983; Centro de Monitoreo de Agro combustibles, 2008; FAO-ECOCROP, 2010).

En la agricultura la pasta que se origina de su procesamiento se emplea como alimento para el ganado por su alto contenido en vitaminas (FAO-ECOCROP, 2010) y también es utilizada como abono orgánico para otros cultivos por su alto contenido de nitrógeno (Oil sedes Research Station, 2010, Greffe, 2004; Allan *et al.*, 2007). También se recomienda para su empleo como césped o planta ornamental (FAO-ECOCROP, 2010).

En varios países del África Oriental se emplea como árbol de sombra temporal en plantaciones de cacao *Theobroma cacao*, ya que es de crecimiento rápido (FAO,



2010). También se emplea como cultivo intercalado de plantaciones de lenteja (Bozzini, 2010) y goma Guar (Griffey, 2000).

Fitosanitariamente, la higuerilla también puede emplearse como barrera o cultivo de protección contra plagas como *Spodoptera sp.* y *Tetranychus marinae* (Craener, 2002; Raj, 2003), así como para prevenir enfermedades causadas por agentes patógenos del suelo como *Corticiumrolfsii* (QAYTEM, 1999). En la producción de hule, el aceite de higuerilla es empleado para facilitar el proceso de obtención de fibras (Griffey, 2003).

En México se han realizado experimentos en viveros para café, utilizando como sobra el cultivo de higuerilla, la cual se comparó con plantas a pleno sol y con sombra tradicional (López *et al.*, 1995). Se encuentra reportado el uso de esta especie como sombrío de temporal del café en el estado de Chiapas, brindando una cobertura entre el 5 y 10% al cafetal (Yepez, 2001).

En el área médica es empleada como agente purgante y emoliente; aplicada como aceite, cápsulas, pomadas o supositorios. Aunque puede llegar a ser tóxico por su contenido de ricino (Knight, 1979; Endo *et al.*, 1987), en algunas regiones de la India se emplea en combinación con otras hierbas para aliviar el dolor (Oudhia, 2010). Igualmente se emplea en la fabricación de productos contra la caída del cabello y contra la caspa (FAO-ECOCROP, 2010).

Sobre el aprovechamiento del tallo de *Ricinus communis* L. para celulosa y papel, se encontraron algunas referencias sobre su tratamiento químico; Agarwal (1992) indica que esta planta tiene un potencial promisorio, como fuente de fibra para la elaboración de papel en países tropicales y con limitados recursos maderables.

## *Ricinus communis* L.



Medina (1996) indica, que la estructura fibrilar (celular) de esta planta no adherible, puede ser comparada abiertamente con la morfología y dimensiones de las plantas maderables (eucalipto).

En estudios realizados por Escoto y Fonseca (2008) y Fernández (2008) se planteo obtener celulosa para papel y cartón a partir del *Ricinus communis* mezclado con cartón reciclado y paja de trigo respectivamente.

Por último, ambientalmente, las plantaciones de higuerilla contribuyen a reducir el calentamiento global, ya que absorben el dióxido de carbono ambiental, reduciendo así la acumulación de gases de efecto invernadero en la atmósfera. Se estima que su nivel de absorción es de 34.6 toneladas por hectárea, con dos ciclos de cultivo por año (DOVEBIOOTECH, 2005). También se le emplea en el control de la erosión (Ruiz, 2001).

## VIII. DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA METODOLOGÍA

Para la identificación de las zonas potenciales para el cultivo higuerilla (*Ricinus communis* L.) en el estado de Campeche se empleó la metodología propuesta por Tijerina *et al.* (1990) en la cual se expone que la producción sustentable de alimentos está determinada por los factores o indicadores ambientales (suelo y clima) y por un complejo número de factores socioeconómicos, culturales y tecnológicos. Así, en la determinación de zonas de alta potencialidad para el cultivo de higuerilla (*Ricinus communis* L.) en Campeche únicamente se emplearon los indicadores ambientales.

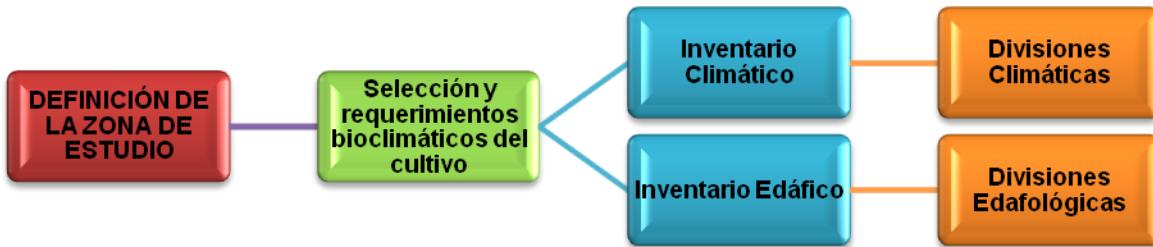
Para la Zonificación Agroecológica se utilizó la metodología propuesta por International Institute for Applied Systems Analysis (IIASA) y FAO (1981),



incorporando una herramienta de ayuda en la toma de decisiones con múltiples criterios para optimizar el uso del recurso suelo (Fischer *et al.*, 1998).

La zonificación agroecológica (ZAE) se refiere a la división de la superficie de la tierra en unidades más pequeñas que poseen características similares relacionadas con su aptitud, con la producción potencial y con el impacto ambiental. En este sentido la FAO desarrolló el programa de computo AEZWIN que integra todo lo anterior y que se puede adquirir en el portal de la FAO (1994, [www.fao.org](http://www.fao.org)).

En la Figura 6, se esquematiza de manera sucinta la metodología de la zonificación agroecológica (FAO, 1981) utilizada en el cultivo de higuerilla (*Ricinus communis* L.) en el estado de Campeche.



**Figura 6.** Metodología simplificada de la zonificación agroecológica para el cultivo de higuerilla (*Ricinus communis* L.)

El esquema de la Figura 6 se sustenta en el análisis del marco biofísico (ambiental), y trata de responder las siguientes preguntas: ¿Existe la posibilidad de expandir o introducir con éxito un cultivo?, ¿Dónde sembrarlo o establecerlo?, En cultivos anuales de secano: ¿Cuando es la época propicia para sembrarlo o establecerlo?, y ¿Cuánto rendimiento se puede esperar?

Una vez definida la zona de estudio, el procedimiento en general, comprende ocho etapas que corresponden a:



- Definición de los requerimientos agroecológicos del cultivo.
- Acopio de datos climatológicos y estimación de elementos faltantes.
- Análisis agroclimático, para definir el inventario climático y las divisiones climáticas.
- Análisis fisioedáfico para definir el inventario edáfico y las divisiones edafológicas.
- Elaboración de los mapas componentes.
- Síntesis cartográfica sucesiva.
- Presentación de resultados.
- Verificación de campo (cuando el cultivo existe en el campo).

## **IX. REQUERIMIENTOS BIOCLIMÁTICOS DEL CULTIVO DE HIGUERILLA**

Las variables principales que se consideraron para determinar las zonas con alto potencial productivo en el cultivo de higuerilla fueron el clima y el suelo por la relación directa guardan con el rendimiento del cultivo. Dentro de las variables bioclimáticas se analizaron cinco elementos climáticos y ocho propiedades edafológicas (físicas y químicas) (Cuadro 9). Estos requerimientos bioclimáticos se tomaron de los reportados por la FAO en su sitio de Internet:

<http://ecocrop.fao.org/ecocrop/srv/en/cropFindForm>.



**Cuadro 9.** Variables seleccionadas para definir áreas de alta potencialidad para el cultivo de higuerilla en el estado de Campeche.

VARIABLES CLIMÁTICAS	VARIABLES EDÁFICAS
Precipitación total	Profundidad
Temperatura media anual	Fertilidad
Promedio de la temperatura mínima	Textura
Promedio de la temperatura máxima.	pH
Radiación	Pendiente (%)
	Drenaje
	Salinidad
	Toxicidad por aluminio.

Fuente: FAO, 1994. Disponible en <http://www.ecocrop.fao.org/ecocrop/srv/en/cropFindForm>.

Como parte del proceso de selección de la información, se utilizó la base de datos del programa ERIC III 2.0. (IMTA, 2009), que permitió analizar los registros diarios de temperatura y precipitación procedentes de las 55 estaciones meteorológicas localizadas en el estado de Campeche (Anexo 1).

Para complementar la información anterior se acudió a la base de datos reportada por García (2004) y SNM (2010), para las variables de precipitación y temperaturas. Se consultó información documental vía INTERNET, con la finalidad de hacer una investigación más extensa en conocimientos edafoclimáticos del cultivo de higuerilla (*Ricinus communis* L.).

## 9.1 Inventario climático

La elaboración de un inventario climático de acuerdo a los lineamientos de la FAO (1978; 1981) constan de dos etapas: 1) definición de las divisiones climáticas mayores, y 2) obtención de los períodos de crecimientos.



## 9.1.1 División climática

Las divisiones climáticas fueron definidas con base en los requerimientos térmicos del cultivo, que limitan su distribución a escala global. El primer paso para establecer las divisiones climáticas mayores fue considerar el efecto de la altitud, en espacio y tiempo, sobre la temperatura media. Para lo cual, las temperaturas medias mensuales se convirtieron a temperaturas a nivel del mar, con un gradiente alto térmico de 0.5°C/100 m de elevación, con el trazo de isolíneas. Es importante mencionar que para el estado de Campeche no hubo problemas en la clasificación del clima porque es similar en toda la región.

## 9.1.2 Período de crecimiento

El periodo de crecimiento considera el número de días, durante el año, en que existe disponibilidad de agua y temperaturas favorables para el desarrollo del cultivo de HIGUERILLA. Para calcular el inicio, final y duración en días, del periodo de crecimiento de los cultivos, de acuerdo con el método de la FAO (1978; 1981) se utilizó el programa AGROCLIM (Aceves et al., 2008), que realiza dicho cálculo a partir de datos mensuales de precipitación y temperatura observados y datos de evapotranspiración potencial que se estiman para cada estación meteorológica.

## 9.2 Inventario edafológico

### 9.2.1 División edafológica

La segunda etapa del método consiste en la evaluación del recurso suelo con base en las unidades del sistema FAO/UNESCO, para lo cual se consideraron 7 variables: profundidad, fertilidad, textura, pH, pendiente, drenaje, salinidad y toxicidad por aluminio. Posteriormente, se realizó la sobre posición de los mapas de clima y suelo para delimitar las áreas aptas para el cultivo de higuerrilla. Se seleccionaron estas variables por considerar que son los que más están limitando el establecimiento y el comportamiento productivo del cultivo en la región y que permiten en primera aproximación delimitar algunas de las áreas productoras.



## 9.3 Fuentes de información

### 9.3.1 Información climática

La información climática requerida en el estudio se extrajo de la base de datos CLICOM y el banco de datos histórico nacional del Servicio Meteorológico Nacional (SMN) de la Comisión Nacional del Agua (CNA). Para ello se usó el Extractor Rápido de Información Climatológica, ERIC III 2.0, (IMTA, 2009). La información analizada consistía en reportes diarios de las 55 estaciones meteorológicas del estado de Campeche (Anexo 1). Asimismo, ésta información se complementó con las normales climatológicas mensuales reportadas por el Servicio Meteorológico Nacional en su página Web (SMN, 2010).

Estos reportes diarios contienen información de las variables: temperaturas mínimas, temperaturas máximas y precipitación.

En lo relativo a los datos de radiación solar; ésta información básica para la estimación de los rendimientos potenciales, se obtuvo de la base de datos generada para el estado de Campeche por Contreras, (2000).

### 9.3.2 Información edafológica

Se recabó información documental sobre el conocimiento de los suelos en el estado de Campeche, que abordan aspectos físicos y químicos, clasificándolos de acuerdo con FAO/UNESCO.

### 9.3.3 Información cartográfica

El Programa ArcView GIS (Demey y Pradere, 1996; ESRI, 2004), se utilizó como herramienta para la elaboración de cartografía. Consiste en un sistema de mapeo computarizado que relaciona lugares con información agroclimática, iguales a las del cultivo de higuerilla, las cuales se denominan áreas con alto potencial productivo.



## X. ESTIMACIÓN DE RENDIMIENTO POTENCIAL PARA EL CULTIVO DE HIGUERILLA (*Ricinus communis* L.)

Actualmente existen diferentes procedimientos para establecer el potencial de producción de cultivos para una zona los cuales, en general, consisten en estimar el rendimiento máximo y demeritarlo de acuerdo a los problemas ambientales o de manejo que se presenten. El método de Zonas Agroecológicas que fue propuesto por FAO (1978) se utilizó (adaptándolo y modificándolo) para estimar el rendimiento potencial del cultivo de higuerilla para el estado de Campeche.

La estimación de rendimiento máximos propuestos en el proyecto de Zonas de Agroecológicas de la FAO (1978 y 1981), se basa en las ecuación (1)

$$Y = Bn \cdot Hi \quad (1)$$

Donde:

$Y$  = Rendimiento máximo sin restricciones ( $t \text{ ha}^{-1}$ )

$Bn$  = Producción de biomasa neta ( $t \text{ ha}^{-1}$ )

$Hi$  = Índice de cosecha (adimensional)

La biomasa neta ( $Bn$ ) se entiende como la materia seca total y el rendimiento ( $Y$ ) como la materia seca económicamente aprovechable que pueden producir plantas sanas, con un suministro adecuado de agua y nutrientes. Siendo el índice de cosecha ( $Hi$ ) por lo tanto, una parte proporcional de la biomasa neta. La biomasa neta ( $Bn$ ) para un cultivo se calcula mediante la ecuación (2).

$$Bn = (0.36 \cdot bgm \cdot L) / ((1/N) + 0.25 \cdot C_t) \quad (2)$$

Expresada en ( $kg \text{ ha}^{-1}$ ).



bgm = Tasa máxima de producción de biomasa bruta para un IAF  $\geq 5$  en ( $\text{kg ha}^{-1} \text{ d}^{-1}$ )  
se calcula mediante la ecuación (3)

$$\text{bgm} = F * b_0 + (1 - F) * b_c \quad (3)$$

Expresada en ( $\text{kg ha}^{-1} \text{ d}^{-1}$ )

**Donde:**

F = Fracción del día cubierta con nubes que se estima con la ecuación (4).

$b_0$  = Tasa de fotosíntesis bruta en días completamente nublados ( $\text{kg ha}^{-1} \text{ d}^{-1}$ ) ( $P_m = 20 \text{ kg ha}^{-1} \text{ h}^{-1}$ ). Se obtiene de Tablas, entrando con el valor de la latitud de la localidad en cuestión.

$b_c$  = Tasa fotosíntesis bruta en días completamente despejados ( $\text{kg ha}^{-1} \text{ d}^{-1}$ ) ( $P_m = 20 \text{ kg ha}^{-1} \text{ h}^{-1}$ ). Se obtiene de Tablas, entrando con el valor de la latitud de la localidad en cuestión.

$b_0$  y  $b_c$  son valores diarios y en cultivos cerrados (IAF  $\geq 5$ )

$$F = (A_c - 0.5 * R_g) / (0.80 * R_g) \quad (4)$$

**Donde:**

$A_c$  = Radiación fotosintéticamente activa en un día totalmente despejado  
(cal  $\text{cm}^{-2} \text{ d}^{-1}$ ) (Tablas para  $P_m = 20 \text{ kg ha}^{-1} \text{ h}^{-1}$ )

$R_g$  = Radiación global medida (cal  $\text{cm}^{-2} \text{ d}^{-1}$ ).

Los valores de ( $A_c$ ), ( $b_0$ ) y ( $b_c$ ) para diferentes latitudes que reporta de manera tabulada la FAO, (1978), para una fotosíntesis máxima ( $P_m$ ) de  $20 \text{ kg ha}^{-1} \text{ h}^{-1}$ , fueron ajustados a modelos de regresión por Campos, (1996). Utilizando éstos modelos, se desarrolló un macro de Excel por los autores del presente trabajo, que

## *Ricinus communis* L.



calcula dichos valores a nivel diario, en base solo a la latitud de la localidad. En la ecuación (4) se asume que la radiación fotosintéticamente activa que se recibe en un día totalmente cubierto es el 20% de la (**Ac**) y que la radiación fotosintéticamente activa equivale aproximadamente al 50% de la radiación global total de onda corta (**Rg**).

Para calcular el coeficiente de tasa máxima de crecimiento (**L**) se requiere primero calcular la temperatura diurna (**T<sub>foto</sub>**), la cual se obtiene con la ecuación (5).

$$T_{\text{foto}} = T_{\text{max}} - (1/4)(T_{\text{max}} - T_{\text{min}}) \quad (5)$$

**Donde:**

$T_{\text{foto}}$ = Temperatura diurna (°C).

$T_{\text{max}}$  = Temperatura máxima (°C)

$T_{\text{min}}$ = Temperatura mínima (°C)

$L$  = Coeficiente de tasa máxima de crecimiento, que se calcula mediante la ecuación (6)

$$L = 0.3424 + 0.9051 * \log_{10} (\text{IAF}) \quad (6)$$

IAF = Índice de área foliar. Cuyo valor fue de 1.36 según Dos santos (2011)

N= Duración del ciclo del cultivo (365 días).

Ct= Coeficiente de respiración (Rm). Este coeficiente se calcula con la ecuación (7)

$$C_t = C_{30} * (0.044 + 0.00019 * T + 0.0010 * T^2) \quad (7)$$



$C_{30} = 0.0108$  para cultivos que no son leguminosas, como es el caso de la higuerilla

T = Temperatura media (Celsius).

Para un mayor detalle y exemplificación de la utilización de éste procedimiento de cálculo, se recomienda al lector consultar a Tijerina *et al.*, (1990). Así como el Boletín 73 de la FAO (FAO, 1977).

A partir de la biomasa neta obtenida se procede a calcular el rendimiento potencial; el cual se obtiene al multiplicar la biomasa neta por el índice de cosecha ( $H_i$ ) del cultivo de higuerilla el cual fue de 0.4 El valor de  $H_i$  fue calculado con los datos reportados por Vanaja, *et al.* (2008).

Finalmente se desarrollan los mapas para la zonas con potencial climático, zonas con potencial edafológico y zonas con potencial edafoclimático para el cultivo de higuerilla (*Ricinus communis* L.) en el estado de Campeche.

## XI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Con base al estudio realizado, se encontró que el estado de Campeche cuenta una superficie total de 4, 292,097.26 ha con alto potencial agroclimático para el cultivo de higuerilla(Cuadro 10). Es decir, el cultivo se puede establecer en el 77% de la superficie del estado. Municipios como Champotón, Escárcega y Candelaria, presentan poca superficie sin aptitud para este cultivo, mientras que el municipio Carmen solo cuenta con una pequeña área apta para este cultivo cerca de los lindes con Candelaria y en la Isla del Carmen (punta este) y algunas islas cercanas a la punta oeste de la Península el Palmar; solo el municipio Palizada no cuenta con aptitud agroclimática para el establecimiento del cultivo (Anexo 4).



**Cuadro 10.** Diferentes potenciales expresados como superficie y de manera porcentual para el cultivo de higuerilla (*Ricinus communis* L.) en el estado de Campeche.

CULTIVO	SUPERFICIE CON POTENCIAL AGROCLIMÁTICO		SUPERFICIE CON POTENCIAL EDAFOLÓGICO		SUPERFICIE CON POTENCIAL EDAFOCLIMÁTICO	
	ha	(%)	ha	(%)	ha	(%)
Higuerilla	4,292,097.26	77	1,924,430.93	35	1,089,254.96	20

\*Porcentaje de superficie con respecto a la superficie total.

En cuanto a los requerimientos de suelo para el establecimiento de este cultivo, Campeche cuenta con una superficie apta de 1, 924,430.93 ha, abarcado casi todos los municipios del estado en áreas específicas (Anexo 5); ocupando la mayor superficie el suelo de tipo Gleysol Mólico (Calcárico, Arcílico) (32%), seguido del Vertisol Gléyico (Calcárico) (11%) y el Luvisol Léptico (Hiperéutrico, Arcílico) (7%) (Cuadro 11).

**Cuadro 11.** Subunidades de suelo aptos para el cultivo de la higuerilla (*Ricinus communis* L.) en el estado de Campeche.

SUBUNIDADES DE SUELOS	SUPERFICIE (ha)
<b>Luvisol Cutánico Gléyico (Éutríco, Arénico)</b>	1,867.09
<b>Luvisol Gléyico (Hiperéutrico, Arcílico)</b>	1,888.49
<b>Gleysol Hístico (Calcárico, Sódico)</b>	3,389.15
<b>Luvisol Háplico (Férreico, Hiperéutrico)</b>	9,726.10
<b>Regosol Endogléyico (Calcárico, Sódico)</b>	12,752.17
<b>Gleysol Háplico (Calcárico, Húmico, Arcílico)</b>	13,004.00
<b>Gleysol Háplico (Húmico, Arcílico, Nótico)</b>	19,059.29
<b>Gleysol Mólico (Calcárico, Sódico, Arcílico)</b>	20,846.64
<b>Luvisol Cutánico Gléyico (Hiperéutrico, Arcílico)</b>	22,113.24
<b>Gleysol Mólico (Calcárico, Sódico)</b>	43,064.10
<b>Luvisol Háplico (Húmico, Hiperéutrico)</b>	35,448.80
<b>Luvisol Háplico (Férreico, Crómico)</b>	37,453.87
<b>Cambisol Gléyico (Húmico, Arcílico)</b>	39,201.72
<b>Gleysol Mólico (Calcárico, Arcílico, Nótico)</b>	40,982.10
<b>Gleysol Mólico (Éutríco, Arcílico)</b>	51,351.10
<b>Luvisol Nítico (Férreico, Hiperéutrico)</b>	53,783.93



Continuación del Cuadro 11. Subunidades de suelo aptos para el cultivo de la higuerilla (*Ricinus communis* L.) en el estado de Campeche.

SUBUNIDADES DE SUELOS	SUPERFICIE (ha)
<b>Luvisol Háplico (Hiperéutrico, Esquelético, Arcílico)</b>	57,666.55
<b>Vertisol Gléyico (Calcárico, Húmico)</b>	81,860.56
<b>Vertisol Gléyico (Calcárico, Pélico)</b>	91,579.14
<b>Vertisol Gléyico (Húmico)</b>	103,750.05
<b>Gleysol Mólico (Calcárico, Húmico, Arcílico)</b>	107,223.02
<b>Vertisol Gléyico (Éutrico)</b>	107,809.87
<b>Luvisol Léptico (Hiperéutrico, Arcílico)</b>	127,754.04
<b>Vertisol Gléyico (Calcárico)</b>	216,001.44
<b>Gleysol Mólico (Calcárico, Arcílico)</b>	624,854.48

Los resultados del análisis edafoclimático (clima y suelo) arrojaron que el estado de Campeche cuenta con una superficie con alto potencial productivo de 1,089,254.96 hectáreas para establecer el cultivo de higuerilla, que representan el 20% del total de la superficie del estado. Esta superficie incluye diez de los municipios del estado (Cuadro 12). De estos, el 65% se localizan en cuatro municipios que se jerarquizan a continuación: Champotón (20%), Escárcega (16%), Calakmul (15%) y Hopelchén (14%). Las áreas de color azul en el mapa del Anexo 6, representa las áreas con alto potencial productivo, donde es factible cultivar higuerilla en el estado de Campeche.

**Cuadro 12.** Municipios del estado de Campeche con zonas con alto potencial edafoclimático para el cultivo de higuerilla.

Municipio	Hectáreas
<b>Carmen</b>	6,560.89
<b>Tenabo</b>	32,697.02
<b>Hecelchakán</b>	58,614.21
<b>Calkiní</b>	63,021.46
<b>Candelaria</b>	104,332.08
<b>Campeche</b>	107,799.82
<b>Hopelchén</b>	154,677.60
<b>Calakmul</b>	168,249.12
<b>Escárcega</b>	177,344.21
<b>Champotón</b>	215,958.55



El cálculo del rendimiento potencial para el cultivo de higuerilla en los distintos municipios del estado de Campeche se muestra en el Cuadro 13. De los 11 municipios pertenecientes al estado se destacan los posibles rendimientos potenciales de los municipios de Hopelchén ( $10.49 \text{ t ha}^{-1}$ ), Palizada ( $10.53 \text{ t ha}^{-1}$ ) y Tenabo ( $10.62 \text{ t ha}^{-1}$ ), valores que superan al rendimiento promedio potencial del estado  $10.34 \text{ t ha}^{-1}$ .

**Cuadro 13.** Rendimiento potencial ( $\text{t ha}^{-1}$ ) para el cultivo de higuerilla (*Ricinus communis* L.) en el estado de Campeche.

MUNICIPO	RENDIMIENTO $\text{t ha}^{-1}$
Calakmul	10.02
Calkiní	10.04
Campeche	10.16
Candelaria	10.29
Carmen	10.31
Champotón	10.43
Escárcega	10.44
Hecelchakán	10.44
Hopelchén	10.49
Palizada	10.53

También las cifras de los rendimientos potenciales de otros municipios como Hecelchakán, Escárcega, Champotón y superan al rendimiento promedio estatal, pero en menor grado que los antes mencionados. El menor rendimiento potencial corresponde al municipio de Calakmul con  $10.02 \text{ t ha}^{-1}$ .



## XII. CONCLUSIONES

Del presente estudio realizado, se desprenden las siguientes conclusiones.

- El estado de Campeche cuenta con una superficie con alto potencial agroclimático de 4, 292,097.26 hectáreas para el cultivo de higuerilla (*Ricinus communis* L.).
- El estado de Campeche cuenta con una superficie con alto potencial edafológico de 1, 924,430.93 hectáreas para el cultivo de higuerilla (*Ricinus communis* L.).
- El estado de Campeche cuenta con una superficie de 1, 089,254.96 hectáreas para el cultivo de higuerilla (*Ricinus communis* L.), cuya superficie satisface tanto los requerimientos de clima y edafológicos para el desarrollo del cultivo.
- El cultivo de higuerilla se puede establecer bajo temporal en al menos 20% de la superficie del estado de Campeche. Si se introduce riego de auxilio, las condiciones edafológicas favorables sería de alrededor del 51.6% de la superficie del estado.
- Los principales municipios con áreas potenciales para el cultivo de higuerilla (*Ricinus communis* L.) en orden decreciente son: Champotón, Escárcega, Calakmul y Hopelchén. Para el cultivo de higuerilla en el estado de Campeche se espera un rendimiento potencial promedio de  $10.34 \text{ t ha}^{-1}$ .
- En general los valores de los rendimientos potenciales del cultivo de higuerilla en los 11 municipios del Estado de Campeche varían en el intervalo de 10.02 a  $10.62 \text{ t ha}^{-1}$ .



## XIII. BIBLIOGRAFÍA

Aceves, N. L. A.; A. Arrieta y J. L. Barbosa O. 2008. Manual de AGROCLIM 1.0. Colégio de Postgraduados. H. Cárdenas, Tabasco, México. 28p.

Agarwal A. K et al (1992) Non-wood fibrous plants for pulp and paper manufacture (*Adhatodavasica*, *Ipomeacarnea* and *Ricinus communis* L.) chemical and anatomical studies. Birla Institute Technology. Sci., Pilani, India. *Chemica Acta Turcica*20 (3) pp. 26-30.

Altisament, J. M. D., Parra, N. R., Yugueros, R. M. y de Paula-Queiroga, V. 2009. El cultivo de ricino (*Ricinus communis* L.) en Andalucía: una alternativa para producción de biodiésel. p. 39-58 In: Recalde-Posso, E. R. y Durán-Altisent, J. M. (eds). Cultivos energéticos alternativos. Centro Iberoamericano de Investigación y Transferencia de Tecnología en Oleaginosas. Ecuador. Versión electrónica disponible en: <http://www.pucesi.edu.ec/files/bookcultivosenergeticos09.pdf>

Allan, G., Williams, A., Rabinowicz, P. D., Chan, A. P., Ravel, J. y Keim, P. 2007. Worldwide genotyping of castor bean germplasm (L.) using AFLPs and SSRs. *GenetResourCropEvol.*

Allard, R.W. 1971. Princípios do melhoramento genético das plantas. São Paulo: Edgar Blucher. 381p.

Amado, G. E.; J. C. Perea O. y A. F. López. 2006. Caracterización termoanalítica de semillas de *Ricinus communis* variedades mamona blanca, mamona negra y silvestre: Análisis de las propiedades reológicas del Biodiesel. En *Bistua: Revista de la facultad de Ciencias Básicas*, año/vol. 4, núm. 001. Universidad de Pamplona, Bucaramanga, Colombia, pp. 15-20.

## *Ricinus communis* L.



Arredondo, C. 2004. Evaluación de componentes tecnológicos para la producción de higuerilla *Ricinos Communis* L. en Valles Centrales de Oaxaca. *Naturaleza y Desarrollo* 2(2): 5-16.

Azevedo, D.M.P. de; Lima, E.F.; Batista, F.A.S.; Beltrão, N.E. de M.; Soares, J.J.; Vieira, R. M.; Moreira, J.A.M. 1997. Recomendações técnicas para o cultivo da mamona (*Ricinus communis* L.) no Nordeste do Brasil. Campina Grande: EMBRAPA - CNPA, 39p. (EMBRAPA - CNPA. Circular Técnica, 25).

Azevedo, D.M.P. y Lima, E.F. 2001. O Agronegócio da mamona no Brasil. Brasília: EmbrapaInformação Tecnológica, 350p.

Bojean, A. 1991. Le Ricin. Une Culture pour la Chimie Fine. Galileo/ Onidol. 101 p.

Bozzini, A. 2010. *Lens culinaris* Crop plant. In: FAO-ECOPORT. Versión electrónica disponible en:  
[http://ecoport.org/ep?Plant=7209&entityType=PLCR\\*\\*&entityDisplayCategory=PLCR\\*\\*1005#PLCR\\*\\*1005](http://ecoport.org/ep?Plant=7209&entityType=PLCR**&entityDisplayCategory=PLCR**1005#PLCR**1005)

Brickell, C. 1996. The Royal Horticultural Society A-Z Encyclopedia of Garden Plants. London: Dorling Kindersley. pp. 884–885.

Campos, A. D.F. 1996. Programa en BASIC para la estimación del rendimiento climático máximo. Agrociencia, 30: 21 – 30.

Centro de Monitoreo de Agrocombustibles. 2008. El Brasil de los agrocombustibles, Impactos de los cultivos sobre la tierra el medio ambiente y la sociedad. Disponible en:  
[http://www.biodesiel.com.ar/download/brasil\\_de\\_los\\_agrocombustibles\\_v1.pdf](http://www.biodesiel.com.ar/download/brasil_de_los_agrocombustibles_v1.pdf).

## *Ricinus communis* L.



Contreras, B. J.A., 2000. Estimación del Índice Hidrotérmico Local (IHT) en la República Mexicana. Tesis de Maestría en Ciencias. Programa de Agrometeorología. Colegio de Postgraduados. México. 116p.

Craener, C. 2002. *Tetranychus marianae*. In: FAO-ECOPORT. Versión electrónica disponible en:  
[http://ecoport.org/ep?Arthropod=20188&entityType=AR\\*\\*\\*\\*&entityDisplayCategory=AR\\*\\*\\*\\*3000#AR\\*\\*\\*\\*3000](http://ecoport.org/ep?Arthropod=20188&entityType=AR****&entityDisplayCategory=AR****3000#AR****3000)

Cronquist, A. 1981. An Integrated System of Classification of Flowering Plants. The New York Botanical Garden. Columbia University Press. New York, USA.

Cruz-Ruiz, M. A. 2009. Eficiencia relativa de la tierra y perspectivas de dos policultivos de temporal en Santa Cruz Xoxocotlan, Oaxaca. Tesis de Grado. Instituto Politécnico Nacional. Centro interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional. Unidad-Oaxaca. México. 99p.

Demey, R. J. y Pradere, R. 1996. Generación de isolíneas de precipitación al sur del estado de Aragua-Venezuela usando kriging con tendencia externa. En *Agronomía tropical*. Vol. 46, núm. 3, pp 313-333.

DOVEBIOTECH. 2005. Castor vean (*Ricinus communis*) an international answerto biodiesel production & renewa bleenergy. Versión electrónica disponible en:  
<http://www.dovebiotech.com/pdf/CASTOR%20BEAN%20%28RICINUS%20COMMUNIS%29%20-%20BIO DIESEL.pdf>

Dos santos de souzanaiaracélida, índice de área foliar e taxa de crecimiento de cinco cultivares de mamoneira (*Ricinus communis* L.) no recôncavobaiano, ii congresso brasileiro de mamona, energía y ricino química.

# *Ricinus communis* L.



<http://www.cnpa.embrapa.br/produtos/mamona/publicacoes/cbm3/trabalhos/FISIOLOGIA/FS%2020.pdf>, 08/07/2011

Duke, J. A. 1983. Handbook of Energy Crops. Versión electrónica disponible en:  
[http://www.hort.purdue.edu/newcrop/duke\\_energy/Ricinus\\_Communist.html#Cultivation](http://www.hort.purdue.edu/newcrop/duke_energy/Ricinus_Communist.html#Cultivation)

EndoYK, Mitsui K, Motizuki M, Tsurugi K. 1987. The mechanism of action of ricin and related toxic lectins on eukaryotic ribosomes: the site and the characteristics of the modification in 28 S ribosomal RNA caused by the toxins. *J BiolChem* 262:5908–5917

Escoto G. T., Fonseca J. A., (2008); Obtención de celulosa para papel y cartón a partir del tallo de higuerilla (*Ricinus communis* L.) por proceso a la sosa; mezclado con cartón reciclado. *Memorias de XXIX Encuentro Nacional de la AMIDIQ*, Vallarta, México.

ESRI, (Environmental System Research Institute). 2004. ArcGIS 9. Getting Started With ArcGIS. 2004. System de information. USA.

FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations).1978. Agroecological zones project. World Soil Resources. Report Num. 48. Vol. 1, África. 158 p.

FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations).1981. Report on the Agro-ecological Zones Project. Vol. 1: Methodology and Results for Africa. World Soils Report N0. 48. Rome, Italia.

# *Ricinus communis* L.



FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). 2010. *Theobroma cacao* L. Crop plant . In: FAO-ECOPORT. Versión electrónica disponible en:  
[http://ecoport.org/ep?Plant=2074&entityType=PLCR\\*\\*&entityDisplayCategory=PLCR\\*\\*1005#PLCR\\*\\*1005](http://ecoport.org/ep?Plant=2074&entityType=PLCR**&entityDisplayCategory=PLCR**1005#PLCR**1005)

FAO.(Food and Agriculture Organization of the United Nations).1977. Zonificación Agro-ecológica. Boletín de Suelos de la FAO 73.

FAO. 1994. ECOCROP 1. The adaptability level of the FAO crop environmental requirements database. Versión 1.0. AGLS. FAO. Rome, Italy.

FAO-ECOCROP. 2011. Food and Agriculture Organization. Crops Statistical Database. Electronic version available in:  
<http://ecocrop.fao.org/ecocrop/srv/en/home>

FAOSTAT. 2011. Food and Agriculture Organization. Corporate Statistical Database. Electronic version available in: <http://faostat.fao.org/>

Fernández-Carpio, V. 2008. Colecta y evaluación de material genético de la higuerilla (*Ricinus communis* L.), rendimiento de aceite y su calidad para la elaboración de biodiesel. Instituto Tecnológico de Roque, Celaya, Guanajuato, México.

Fernández de C. B. Ch., (2008); *Optimización de mezclas de fibras no maderables; Higuerilla (Ricinus communis L.) y Paja de Trigo (Triticumsativum) para papel ondulado (medium), mediante proceso a la sosa*. Tesis Licenciatura en Ingeniería Química, DM CyP Universidad de Guadalajara, México.

## *Ricinus communis* L.



Fischer, G.; J. Granat y M. Makowski. 1998. AEZWIN – An Interactive Multi-criteria Analysis Tool for Land Resources Appraisal. FAO-IIASA, Interin Report. IR – 98-051.

Fonnegra G. R. y Jiménez R. S. L. 2007. Plantas Medicinales Aprobadas en Colombia. Universidad de Antioquia. Colombia.

Francis, J. K. 2002. *Ricinus communis* L. Castor bean. Research Forester, International Institute of Tropical Forestry. Puerto Rico.

García, E. 2004. Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Köppen. Instituto de Geografía. UNAM. Serie Libros, Num. 6. México D.F. 90p.

Gonçalves, N. P., Marciani-Bendezú, J.; Ilima, C.A. de S. 1981. Colheita e armazenamento da mamona. Informe Agropecuário Belo Horizonte, 7,44-45.

Gotya, J. M. A; C. H. Gallegos G. y C. A. Núñez C. 2011. Relación entre variables climáticas con la morfología y contenido de aceite de semillas de higuerilla (*Ricinus communis* L.) de Chiapas. Revista Chapingo. Serie ciencias forestales y del ambiente, vol. 17, núm. 1, pp. 41-48. Universidad Autónoma Chapingo.

Govaerts R, Frodin DG, Radcliffe-Smith A. 2000. World checklist and bibliography of Euphorbiaceae (with Pandaceae). Redwood Books Limited, Trowbridge, Wiltshire.

Gregg, B.R.; Camargo, C.P.; Popinigis, F.; Lingerfelt, C.W.; Vechi, C. 1974. Guía de inspeção de campos para produção de sementes. Brasília: MA/AGRIPLAN, 98 p.

## *Ricinus communis* L.



Griffey, P. 2000. *Cyamopsis tetragonoloba* Crop plant. In: FAO-ECOPORT. Versión electrónica disponible en:  
[http://ecoport.org/ep?Plant=830&entityType=PLCR\\*\\*&entityDisplayCategory=PLCR\\*\\*1005#PLCR\\*\\*1005](http://ecoport.org/ep?Plant=830&entityType=PLCR**&entityDisplayCategory=PLCR**1005#PLCR**1005)

Griffey, P. 2003. Processing of Natural Rubber. In: FAO-ECOPORT. Versión electrónica disponible en:  
<http://ecoport.org/ep?SearchType=earticleView&earticleId=187&page=-2>

Griffey, P. 2004. Integrated Nutrient Management in Rainfed Sesame (*Sesamum indicum* L.) in an Assured Rainfall Zone. In: FAO-ECOPORT. Versión electrónica disponible en:  
<http://ecoport.org/ep?SearchType=reference&ReferenceID=553765>

Grigoriou, A. and G. Ntalos. 2001. The potential use of *Ricinus communis* L. (Castor9 stalks as a lignocellulosic resource of particleboards. Industrial Crops and Products, núm. 13, p. 209-218.

Gurgel, J.T. do A. 1945. Estudos sobre a mamoneira (*Ricinus communis* L.). Piracicaba: ESALQ/USP. Tese LivreDocência, 70p.

Heith, C. E. 1949. Germinating castor-bean seed in the laboratory. Proc. Assoc. Off. Seed Analyst., 39:114-117.

Hemerly, F.X. 1981. Mamona: Comportamento e tendência no Brasil. Brasília: EMBRAPA – DTC. EMBRAPA – DCT: Documento 2. 69p.

Hilbert, J. A. 2007. Selección de indicadores que permitan determinar cultivos óptimos para la producción de biodiésel en las eco-regiones Chaco-Pampeana de la República de Argentina. UM. Argentina. 111p.

# *Ricinus communis* L.



IMTA. (Instituto Mexicano de Tecnología del Agua). ERIC III. 2009. Extractor Rápido de Información Climatológica v.2.0.

Kadambi, K., y Dabral, S.N. 1955. The silviculture of *Ricinus communis* Linn. Indian Forester 81(1): 53-58.

Knight, B. 1979. Ricin – a potent homicidal poison. *Br Med J.* 278:350–351.

Lingerfelt, C.W. 1976. Padrões de campos para produção de sementes. Brasília: AIPLAN/MA, 76p.

López, M. H.; R. Aguila M.; M. Martínez M. y J. Avila L. 1995. Uso de la higuerilla (*Ricinus communis* L.) como sombra para viveros de café. En Simposio sobre caficultura latinoamericana, 15. Xalapa, México, julio 21-24, 1992. Editado en Tegucigalpa, Honduras. IICA.

Macêdo, L. R., Wagner, W. J. 1984. Revisão bibliográfica sobre a cultura da mamona. Belém: SUDAM/DSP, 35p.

Martínez, M., 1979. Catálogo de nombres vulgares y científicos de plantas mexicanas. Fondo de Cultura Económica. México, D.F.

Mascarenhas, M.H.T. 1981. Controle de plantas daninhasna cultura da mamoneira. Informe Agropecuário, 7:35-36.

Mazzani, B. 1983. Cultivo y mejoramiento de plantas oleaginosas. Caracas, Venezuela: Fondo Nacional de Investigaciones Agropecuarias. 629p.

Medina J. C. et al (1996) Castor stems (*Ricinus communis* L.) as a source of chemicalpulpforpaper Inst. Agron. Campinas, Brazil. *Papel June* pp. 26-30.

## *Ricinus communis* L.



Mondragón-Pichardo, J.; Vibrans H.; Tenorio-Lezama P. 2005. Ficha técnica de *Ricinus communis* L. In: Vibrans H. (ed.) Malezas de México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). Disponible en  
<http://www.conabio.gob.mx/malezasdemexico/euphorbiaceae/ricinus-Communis/fichas/ficha.htm#1.%20>

Oilseeds Research Station. 2010. Integrated Nutrient Management in Rainfed Sesame (*Sesamum indicum* L.) in an Assured Rainfall Zone. Narkhede T.N. Wadile S.C. Attarde D.R. and Suryawanshi R.T. Sesame and Safflower Newsletter 16. . Versión electrónica disponible en:  
<http://ecoport.org/ep?SearchType=articleView&articleId=195&page=-2>

Oudhia, P. 2010. Native Herbs Cure All Types of Pain. In: FAO-ECOPORT. Versión electrónica disponible en:  
<http://ecoport.org/ep?SearchType=articleView&articleId=687&page=-2>

Pabón-Garcés, G. 2009. Estudio de las características botánicas y etnobotánicas de higuerilla (*Ricinus communis* L.). p. 9-24. In: Recalde-Posso, E. R. y Durán-Altsent, J. M. (eds). Cultivos energéticos alternativos. Centro Iberoamericano de Investigación y Transferencia de Tecnología en Oleaginosas. Ecuador. Versión electrónica disponible en:  
<http://www.pucesi.edu.ec/files/bookcultivosenergeticos09.pdf>

Phillips, R. y Rix, M. 1999. Annuals and Biennials. London: Macmillan. p. 106.

QA & TEM. 1999. *Corticium rolfsii*. In: FAO-ECOPORT. Versión electrónica disponible en:  
[http://ecoport.org/ep?Fungus=20558&entityType=FU\\*\\*\\*\\*&entityDisplayCategory=QA\\_and\\_TEM](http://ecoport.org/ep?Fungus=20558&entityType=FU****&entityDisplayCategory=QA_and_TEM)



Raj, D. A. 2003. *Gossypium hirsutum*. In: FAO-ECOPORT. Versión electrónica disponible en:  
[http://ecoport.org/ep?Plant=1160&entityType=PLCR\\*\\*&entityDisplayCategory=PLCR\\*\\*1005#PLCR\\*\\*1005](http://ecoport.org/ep?Plant=1160&entityType=PLCR**&entityDisplayCategory=PLCR**1005#PLCR**1005)

Ramírez, E. 2006. Abandono del campo Mexicano. Revista Fortuna: Negocios y Finanzas año IV número 44. Disponible en la página web: <http://revistafortuna.com.mx/opciones/archivo/2006/septiembre/htm/Abandono>

Reed, C.F. 1976. Information summaries on 1000 economic plants. Typescripts submitted to the USDA.

Reed, C.F. 1976. Information summaries on 1000 economic plants. Typescripts

Ribeiro, J. 1966. Cultura de mamoneira. Viçosa: UFV. 75p.

Ruiz, J. 2001. Cubiertas vegetales y barreras vivas: Tecnologías con potencial para reducir la erosión en Oaxaca, México. TERRA 19(1): 89-95.

Ruiz, J. 2007. Cultivos asociados para enfrentar la crisis energética ambiental en las zonas tropicales subhúmedas de México. Foro Consultivo, Científico y Tecnológico. Secretaría de la Reforma Agraria, 27 de abril. México, D. F. 13p.

Rzedowski, G. C. de y J. Rzedowski, 2001. Flora fanerogámica del Valle de México. 2a ed. Instituto de Ecología y Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Pátzcuaro, Michoacán, México.



SIAP. 2011. Anuario Estadístico de la Producción Agrícola. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. Disponible en: [http://infosiap\\_siap.gob.mx/ventana.php?idLiga=1043&tipo=1](http://infosiap_siap.gob.mx/ventana.php?idLiga=1043&tipo=1) [Consultado el 15 de julio de 2011].

SavyFilho, A., BEnzatto, N. V. y Bondoz, M.Z. 1999. Mamona. In: Coordenadoria de Assistência Técnica Integral. Oleaginosas no Estado de São Paulo: Análise e diagnóstico. Campinas. CATI: Documento Técnico 107, pp. 29-39. SubmittedtotheUSDA.

SMN, (Servicio Meteorológico Nacional). 2010. Climatología. Normales climatológicas 1971 – 2000. Disponible en: <http://smn.cna.gob.mx>.

Távora, F.J.A. (1982). A cultura da mamona. Fortaleza: EPACE. 111p.

Tijerina-Chávez L.; Ortiz-Solorio C.; Pájaro-Huertas D.; Ojeda-Trejo E.; Aceves-Navarro L. A. y Villalpando-Barriga O. 1990. Manual de la Metodología para Evaluar la Aptitud de las Tierras para la Producción de los Cultivos Básicos, en Condiciones de Temporal. Colegio de Postgraduados. Programas de Agrometeorología. SARH. Montecillo, México. 113p.

Uribe, A. A., y Longoria, R. 2007. Estudio sobre la viabilidad de producir biodiesel en México. Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. División Académica de Ingeniería y Arquitectura. [http://www.ujat.mx/dip/verano\\_cientifico/4%20DAIA.pdf](http://www.ujat.mx/dip/verano_cientifico/4%20DAIA.pdf)

Villaseñor, J. L. y Espinosa, F. J. 1998. Catálogo de malezas de México. Universidad Nacional Autónoma de México. Consejo Nacional Consultivo Fitosanitario. Fondo de Cultura Económica. México, D.F.

# *Ricinus communis* L.



Vanaja, M. et al. 2008. Growth and yield responses of castor bean (*Ricinus communis* L.) to two enhanced CO<sub>2</sub> levels, PLANT SOIL ENVIRON., 54 (1): 38–46

Weber, E. 2003. The most complete global overview of invasive species in natural areas. Divers Distrib 10:505.

Webster, G. L. 1994. Synopsis of the Genera and Suprageneric Taxa of Euphorbiaceae. Ann. Missouri Bot. Garden 81: 33-144.

Weiss, E.A. 1983. Oilseed Crops. Longman, London. 660p.

Welzen, P.C. 1998. Revisions and phylogenies of Malesian Euphorbiaceae: Subtribe Lasiococcinae (Homonoia, Lasiococca, Spathiostemon) and Clonostylis, Ricinus, and Wetria. Blumea. 1998. Nationaal Herbarium Nederland. Disponible en [www.nationaalherbarium.nl/euphorbs/specR/Ricinus.htm](http://www.nationaalherbarium.nl/euphorbs/specR/Ricinus.htm)

Yépez, P. C. 2001. Selección de árboles para sombra en cafetales diversificados de Chiapas. Turrialba, Costa Rica. Tesis (Magister Scientiae). CATIE.

**Figura de portada:** Köhler, F. E. S/F.

<http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Koeh-257.jpg> [Consultado el 6 de Septiembre de 2011]



## XIV. ANEXOS

**Anexo 1.** Ubicación geográfica de las estaciones meteorológicas en el estado de Campeche.

ID	NÚMERO DE ESTACIÓN	NOMBRE	LONGITUD	LATITUD	ALTITUD
1	40001	Bolonchén, Hopelchén	-89.74	20.004	60
2	40004	Candelaria, Carmen	-91.046	18.183	50
3	40007	Ciudad del Carmen	-91.761	18.654	5
4	40008	Champotón, Champotón	-90.717	19.35	2
5	40009	Dzibalchen, Hopelchén	-89.73	19.45	80
6	40010	Escárcega, Escárcega	-90.741	18.6	80
7	40011	Hecelchakán (DGE)	-90.133	20.183	50
8	40012	Hool, Champotón	-90.411	19.513	25
9	40013	Hopelchén, Hopelchén	-89.843	19.758	60
10	40014	Islas Arenas, Calkiní	-90.452	20.69	1
11	40015	Isla de Aguada, Carmen	-91.494	18.78	1
12	40017	Iturbide, Hopelchén	-89.601	19.578	80
13	40018	La esperanza, Champotón	-90.083	18.167	2
14	40019	Nanzal, CD. Del Carmen	-91.333	18.3	--
15	40020	Miguel Hidalgo, Carmen	-90.867	17.867	100
16	40021	Monclova, Carmen	-90.82	18.057	100
17	40023	Nalchik, Campeche	-90.27	19.845	10
18	40024	Palizada, Palizada	-92.087	18.253	4
19	40027	Placeres, Champotón	-89.717	18.2	2
20	40028	Pustunich, Champotón	-90.479	19.145	30
21	40029	Sabancuy, Carmen	-91.176	18.973	5
22	40031	Silvituc, Champotón	-90.298	18.639	75
23	4034	Xcupil (A. Holcatzin)	-89.85	19.717	65
24	4037	Zoh Laguna, Hopelchén	-89,417	18,592	190
25	4038	Campeche, Campeche	-90,544	19,838	5
26	4041	Champotón, Champotón DGE	-90,720	19,362	2
27	4042	Escárcega, Escárcega (DGE)	-90,733	18,600	85
28	4043	Hecelchakán (SMN)	-90,122	20,197	50



**Continuación del Anexo 1.** Ubicación geográfica de las estaciones meteorológicas en el estado de Campeche.

<b>29</b>	<b>4053</b>	<b>Santa Cristina, Campeche</b>	<b>-90,381</b>	<b>19,815</b>	<b>10</b>
<b>30</b>	<b>4054</b>	Chicbul, Cd. Del Carmen	-90,923	18,778	25
<b>31</b>	<b>4056</b>	Chumpan, Cd. Del Carmen	-91,508	18,213	20
<b>32</b>	<b>4057</b>	Mamantel, Cd. Del Carmen	-91,089	18,525	12
<b>33</b>	<b>4058</b>	Noh-Yaxche, Campeche	-89,742	20,004	30
<b>34</b>	<b>4059</b>	Tinun, Tenabo	-90,228	19,961	50
<b>35</b>	<b>4060</b>	Xbonil, Champotón	-90,166	18,635	60
<b>36</b>	<b>4064</b>	Becal, Calkiní	-90,031	20,426	55
<b>37</b>	<b>4067</b>	Calkiní, Calkiní (DGE)	-90,033	20,367	--
<b>38</b>	<b>4068</b>	China I.N.I.P.,Campeche	-90,474	19,673	10
<b>39</b>	<b>4069</b>	Campeche Sur, Campeche	-90,550	19,817	--
<b>40</b>	<b>4070</b>	Dzitbalche, Calkiní	-90,059	20,321	30
<b>41</b>	<b>4071</b>	Pocyxum, Campeche	-90,351	19,730	20
<b>42</b>	<b>4072</b>	Sihó-Chac, Champotón	-90,584	19,506	15
<b>43</b>	<b>4073</b>	Tenabo, Tenabo (DGE)	-90,200	20,017	7
<b>44</b>	<b>4074</b>	Xbonil, Champotón (DGE)	-90,217	19,633	--
<b>45</b>	<b>4075</b>	Canki	-90,118	19,988	15
<b>46</b>	<b>4076</b>	Chinchintok	-89,581	19,359	150
<b>47</b>	<b>4077</b>	San Juan Bautista	-89,927	19,874	50
<b>48</b>	<b>4078</b>	Chaccheito	-90,407	19,051	40
<b>49</b>	<b>4079</b>	Vista Alegre	-91,658	18,043	10
<b>50</b>	<b>4080</b>	Alvarado	-89,270	18,017	170
<b>51</b>	<b>4081</b>	Cristóbal Colón	-90,776	17,888	110
<b>52</b>	<b>4082</b>	Pablo T. Burgos	-90,697	18,297	50
<b>53</b>	<b>4084</b>	Tixmucuy, Campeche	-90,650	19,550	--
<b>54</b>	<b>4085</b>	Pomuch, Hecelchacan	-90,133	20,117	--
<b>55</b>	<b>4086</b>	El Zapote	-91,802	18,217	10

# *Ricinus communis* L.



**Anexo 2.** Requerimientos bioclimáticos del cultivo de higuerilla (*Ricinus Communis* L.).

REQUERIMIENTO	OPTIMO		ABSOLUTO	
	MÍNIMO	MÁXIMO	MÍNIMO	MÁXIMO
Temperatura (°C)	20	30	15	39
Precipitación anual (mm)	600	1000	400	2000
Latitud	---		50	60
Intensidad de la luz	Muy brillante	Muy brillante	Muy brillante	Cielos despejados
Altitud (m)	---	---	---	2000

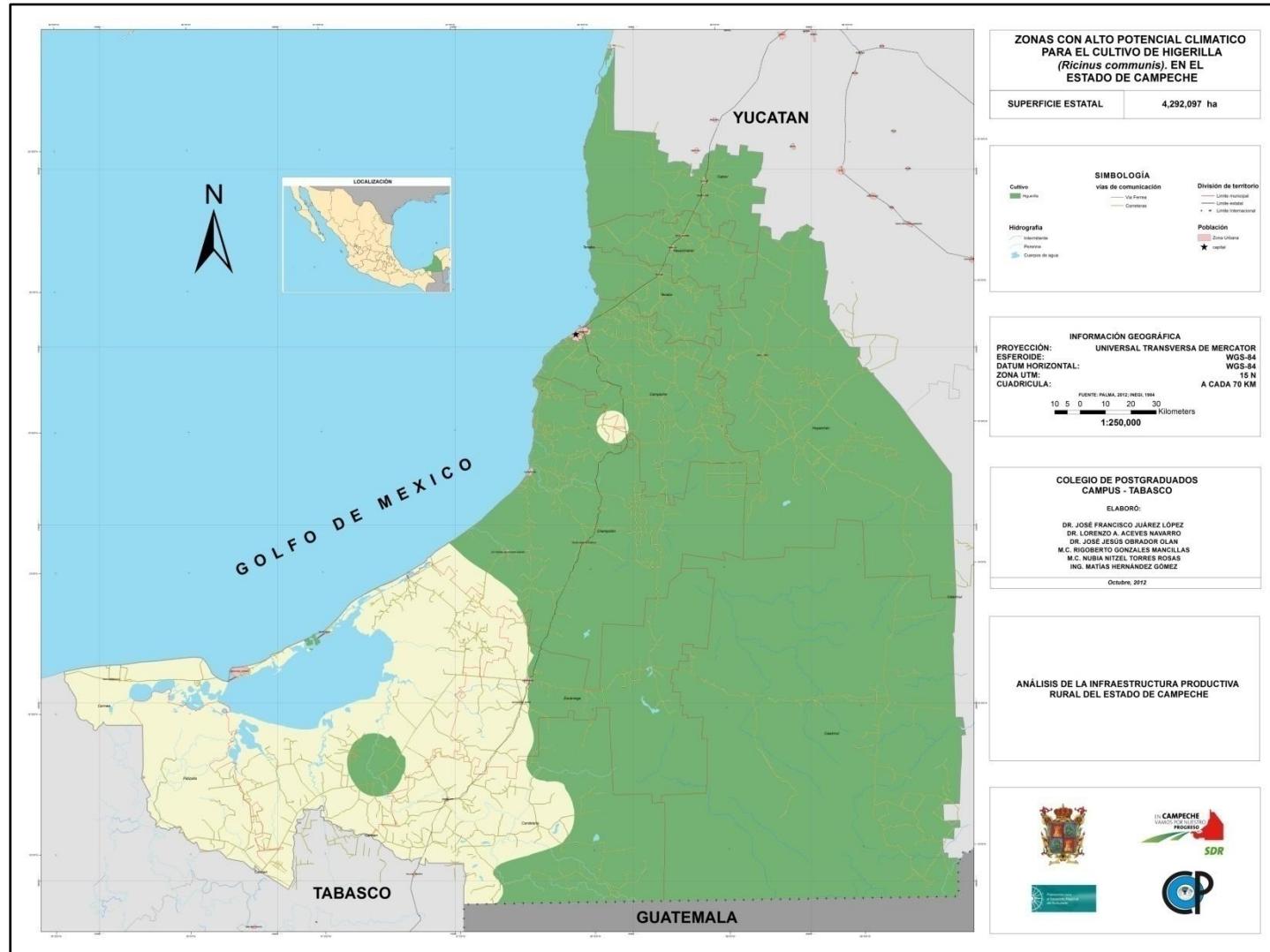
**Anexo 3.** Requerimientos edafológicos para el cultivo de higuerilla (*Ricinus Communis* L.).

REQUERIMIENTO	OPTIMO	ABSOLUTO
pH del suelo	5 a 6.5	4.5 a 8
Profundidad del suelo	Profundos (más de 150 cm)	Superficiales (20 a 50 cm)
Textura del suelo	Mediana	Pesada, Mediana, ligera
Fertilidad del suelo	Alta	Moderada
Salinidad del suelo	Baja (<4 dS/m)	Baja (<4 dS/m)
Drenaje del suelo	Bueno (periodos secos)	Bueno (periodos secos), excesivo (seco / moderadamente seco)

## *Ricinus communis* L.



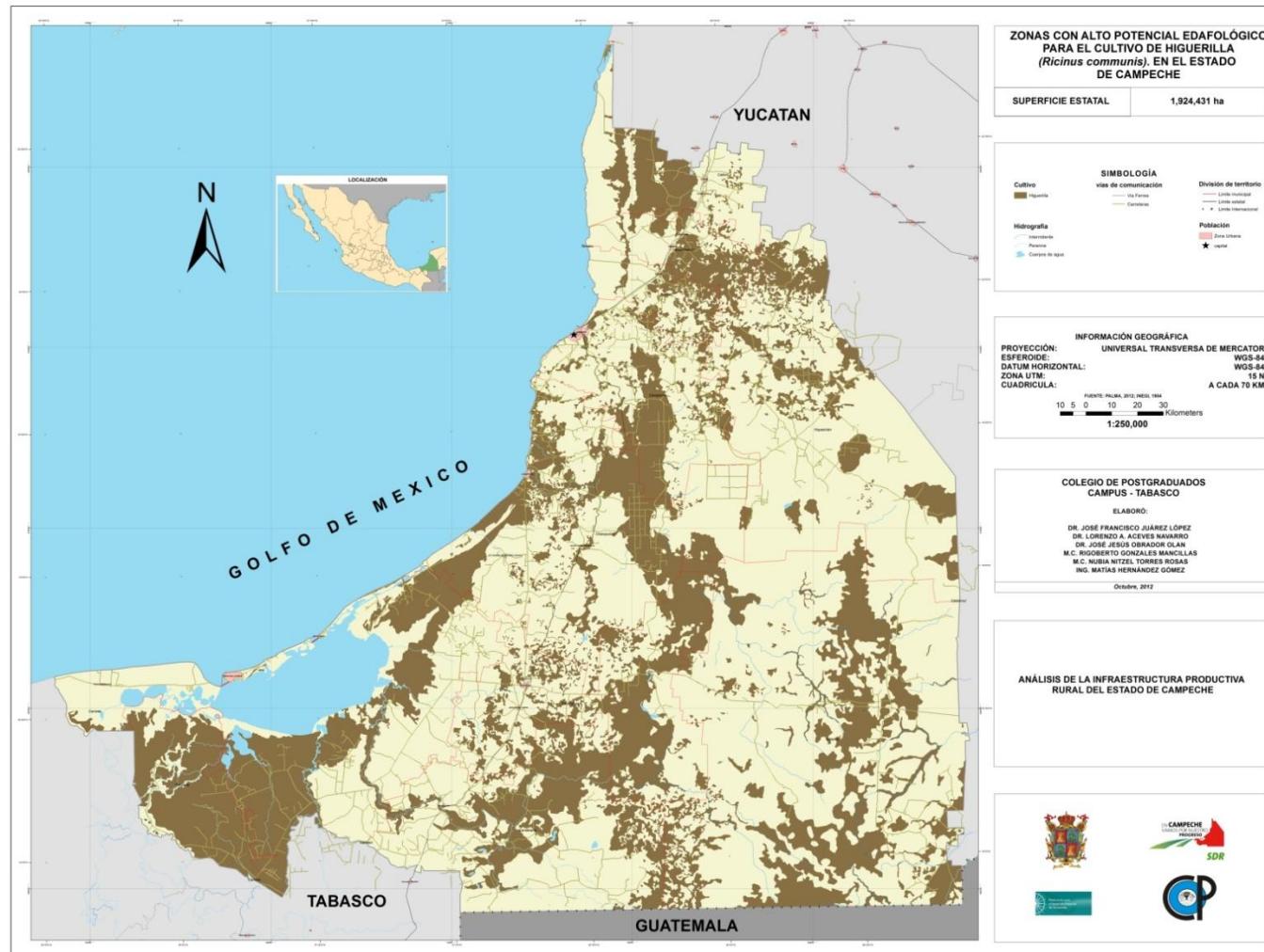
Anexo 4. Zonas con alto potencial agroclimático para el cultivo de higuerilla (*Ricinus Communis* L.) en el estado de Campeche.



## *Ricinus communis* L.



Anexo 5. Zonas con alto potencial edafológico para el cultivo de higuerilla (*Ricinus Communis* L.) en el estado de Campeche.



## *Ricinus communis* L.



Anexo 6. Zonas con alto potencial edafoclimático para el cultivo de higuerilla (*Ricinus communis* L.) en el estado de Campeche.

