



SECRETARÍA DE DESARROLLO RURAL

www.campeche.gob.mx @CAMPECHEPROGRESA

EN **CAMPECHE**
VAMOS POR NUESTRO
PROGRESO



ESTUDIO PARA DETERMINAR ZONAS DE ALTA POTENCIALIDAD PARA EL CULTIVO DE CAÑA DE AZÚCAR (*Saccharum* sp.) 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 II-2012

Saccharum sp.



**ESTUDIO PARA DETERMINAR ZONAS DE ALTA
POTENCIALIDAD PARA EL CULTIVO DE CAÑA DE
AZÚCAR (*Saccharum* sp) 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



CONTENIDO

I.	INTRODUCCIÓN.....	1
II.	OBJETIVOS	1
III.	ORIGEN DE LA CAÑA DE AZÚCAR	2
IV.	CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA DE LA CAÑA DE AZÚCAR	2
4.1	Descripción	3
4.2	Sistema radical	4
4.3	Constituyentes de la caña de azúcar.....	4
4.4	Propagación	5
4.5	Variedades	6
V.	PRODUCCIÓN MUNDIAL, NACIONAL Y ESTATAL DEL CULTIVO DE CAÑA DE AZÚCAR.....	6
VI.	CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA CAÑA DE AZÚCAR (<i>Saccharum</i> sp.).....	10
6.1	Trazo de la plantación y siembra.....	10
6.2	Manejo del cultivo	11
6.2.1	Control de malezas.....	11
6.2.2	Fertilización	11
6.2.3	Control de plagas.....	12
6.2.4	Control de enfermedades	15
6.3	Cosecha	16
6.4	Perspectiva agroindustrial	17



VII.	REQUERIMIENTOS AGROCLIMÁTICOS	17
VIII.	REQUERIMIENTOS EDAFOLÓGICOS	19
IX.	DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA METODOLOGÍA.....	20
X.	REQUERIMIENTOS BIOCLIMÁTICOS DEL CULTIVO DE CAÑA DE AZÚCAR	22
10.1	Inventario climático	23
10.1.1	División climática	23
10.1.2	Período de crecimiento	23
10.2	Inventario edafológico.....	24
10.2.1	División edafológica.....	24
10.3	Fuentes de información	24
10.3.1	Información climática	24
10.3.2	Información edafológica.....	25
10.3.3	Información cartográfica	25
XI.	ESTIMACIÓN DE RENDIMIENTO POTENCIAL PARA EL CULTIVO DE CAÑA DE AZÚCAR (<i>Saccharum</i> sp.).....	25
XII.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	29
XIII.	CONCLUSIONES.....	31
XIV.	BIBLIOGRAFIA.....	34
XV.	ANEXOS	38



ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Países con mayor superficie cosechada (ha) de caña de azúcar a nivel mundial.....	7
Cuadro 2. Países con mayor superficie cosechada (ha) de caña de azúcar en América.	7
Cuadro 3. Rendimiento anual promedio ($t\ ha^{-1}$) a nivel mundial, y países con rendimiento mínimo y máximo ($t\ ha^{-1}$) de caña de azúcar.	8
Cuadro 4. Países con mayores rendimientos ($t\ ha^{-1}$) de caña de azúcar en América.....	8
Cuadro 5. Producción mundial de azúcar (Miles de toneladas).	8
Cuadro 6. Cultivo, Producción y Rendimiento nacional de azúcar.....	9
Cuadro 7. Superficie sembrada y producción del cultivo de caña de azúcar en el estado de Campeche.....	10
Cuadro 8. Control de plagas de la caña de azúcar (<i>Saccharum</i> sp.).....	13
Cuadro 9. Requerimientos agroclimáticos del cultivo de caña de azúcar (<i>Saccharum</i> sp).....	18
Cuadro 10. Requerimientos edafológicos del cultivo de caña de azúcar (<i>Saccharum</i> sp).....	19
Cuadro 11. Variables seleccionadas para definir áreas de alta potencialidad para el cultivo de caña de azúcar en el estado de Campeche.....	22
Cuadro 12. Superficies potenciales (ha y %) para el cultivo de caña de azúcar (<i>Saccharum</i> sp) en el estado de Campeche.....	29
Cuadro 13. Superficie (ha) de las subunidades de suelos aptos para el cultivo de caña de azúcar en el estado de Campeche	30



Cuadro 14. Superficie municipal con alto potencial edafoclimático para el cultivo de caña de azúcar (<i>Saccharum</i> sp.) en el estado de Campeche.....	31
Cuadro 15. Rendimiento potencial (t ha ⁻¹) para el cultivo de caña de azúcar (<i>Saccharum</i> sp) en los municipios del estado de Campeche.....	31

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. <i>Saccharum</i> sp.....	3
Figura 2. Tallo de la caña de azúcar.	5
Figura 3. Metodología simplificada de la zonificación agroecológica para el cultivo de caña de azúcar.	21

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Ubicación geográfica de las estaciones meteorológicas en el estado de Campeche.	38
Anexo 2. Requerimientos bioclimáticos del cultivo de caña de azúcar (<i>Saccharum</i> sp.)	40
Anexo 3. Requerimientos edafológicos para el cultivo de caña de azúcar (<i>Saccharum</i> sp.)	40
Anexo 4. Zonas con alto potencial agroclimático para el cultivo de caña de azúcar (<i>Saccharum</i> sp.) en el estado de Campeche.....	41
Anexo 5. Zonas con alto potencial edafológico para el cultivo de caña de azúcar en el estado de Campeche.....	42
Anexo 6. Zonas con alto potencial edafoclimático para el cultivo de caña de azúcar en el estado de Campeche.....	43



I. INTRODUCCIÓN

La agroindustria cañera es de suma importancia para la economía mexicana; a pesar de la crisis presentada en los últimos años en México, la caña de azúcar ha sido una fuente importante de empleo, directo o indirecto, en las diferentes regiones cañeras.

Se emplea mano de obra para la ejecución de las labores de cosecha, transporte y siembra, lo que influye en las actividades propias del sector terciario (servicios), proporciona ingresos a la población que toma parte en la economía de esas regiones agroindustriales durante el tiempo que dura la zafra (cinco a seis meses).

En este sentido, el gobierno del estado de Campeche, en conjunto con algunas instituciones de investigación, tiene el claro propósito de transferir a los cañicult

ores, mediante la identificación de las zonas de alto potencial, una opción de uso de la tierra, aprovechando el conocimiento generado en dichos centros, con la finalidad de asegurar su inversión en el establecimiento del cultivo de caña de azúcar (*Saccharum* sp).

La metodología utilizada para zonificar agroecológicamente al cultivo de caña de azúcar en el estado de Campeche se basó en la información disponible en la zona de interés, sobre clima, suelo y cultivo en estudio.

II. OBJETIVOS

- ❖ Realizar la zonificación del cultivo de caña de azúcar (*Saccharum* sp) en el estado de Campeche mediante la determinación de zonas con alta potencialidad productiva.

Saccharum sp.



- ❖ Elaborar un mapa donde se indiquen las zonas con alta potencialidad productiva para el cultivo de caña de azúcar (*Saccharum* sp) en el estado de Campeche.

III. ORIGEN DE LA CAÑA DE AZÚCAR

La caña de azúcar es originaria de Nueva Guinea, de donde se distribuyó a toda Asia. Los árabes la trasladaron a Siria, Palestina, Arabia y Egipto, de donde se extendió por África. Colón la llevó a las islas del Caribe y de ahí pasó a América tropical en el siglo XV. A México llegó con la conquista, instalándose las primeras industrias azucareras en las partes cálidas del país.

IV. CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA DE LA CAÑA DE AZÚCAR

La caña de azúcar es una gramínea autógama de zonas tropicales o subtropicales del mundo, que asimila muy bien la radiación solar, teniendo una eficiencia cercana a 2% de conversión de la energía incidente, cuya clasificación es:

Reino: Plantae

Subreino: Tracheobiontas

División: Magnoliophyta

Clase: Monocotiledónea

Orden: Cyperales

Familia: Poaceae (Gramineae)

Tribu: Andropogoneae

Género: *Saccharum*



4.1 Descripción

La caña de azúcar es una planta C₄, que fijan grandes cantidades de carbono (C-CO₂) de la atmósfera para realizar su función fotosintética. Este carbono (C), después de ser fijado en la planta, puede ser almacenado como C orgánico por la conversión de los residuos agrícolas en materia orgánica del suelo, la que actúa como fuente y sumidero del CO₂ atmosférico, o por la acción de microorganismos, entre los que destacan los hongos micorrízico-arbusculares, que toman rápidamente el C de la planta y lo fijan al suelo (Cabrera, 2010)

Las variedades cultivadas de caña son híbridos (Figura 1) de cuatro especies entre las que destacan *S. officinarum* y *S. spontaneum*. Es un cultivo plurianual que se corta cada 12 meses, la plantación dura aproximadamente 5 años, tiene un tallo macizo de 2 a 5 metros de altura con 5 ó 6 cm de diámetro. El sistema radical lo compone un robusto rizoma subterráneo, mediante el cual se propaga después del primer corte. Su contenido de sacarosa es de aproximadamente 14%. Las hojas de la caña nacen en los entrenudos del tallo. A medida que crece la caña las hojas más bajas se secan, caen y son reemplazadas por las que aparecen en los entrenudos superiores. También nacen en los entrenudos las yemas que bajo ciertas condiciones pueden llegar a dar lugar al nacimiento de otra planta (SIAP, 2010).



Figura 1. *Saccharum* sp.



4.2 Sistema radical

Constituye el anclaje de la planta y es el medio de absorción de nutrientes y agua del suelo. El sistema radical de la caña de azúcar está conformado por dos tipos de raíces:

- ❖ **Raíces primordiales o llamadas de esqueje:** son las primeras enemerger, son finas, muy ramificadas y sustentan a la planta en crecimiento durante las primeras semanas después de la germinación. Las raíces de esqueje pueden emerger pasadas 24 horas de la plantación, aunque pueden ocurrir diferencias en la emergencia de las raíces entre variedades. Estas continúan creciendo por un período de 6-15 días después de la plantación y la mayoría envejecen y desaparecen entre los 60 y 90 días, a medida que el sistema de raíces del tallo se desarrolla y abastece con agua y nutrientes al tallo en crecimiento. A los tres meses de edad, las raíces de esqueje representan menos del 2% de la masa radical total.
- ❖ **Raíces permanentes o del tallo:** emergen desde la base del nuevo tallo 5 a 7 días después de plantado. Son más gruesas y carnosas que las raíces de esqueje y se desarrollan hasta formar el principal sistema radical de la planta. Las raíces de tallo crecen más rápidamente, llegando a observarse tasas de elongación máxima de hasta 80 mm/día, aunque por períodos cortos. Para períodos de 10 días la tasa de crecimiento promedio de las raíces de tallo llega a 40 mm/día en suelos arenosos y 28 mm/día en suelos arcillosos.

4.3 Constituyentes de la caña de azúcar

El tallo de la caña de azúcar está compuesto por una parte sólida llamada fibra y una parte líquida, el jugo, que contiene agua y sacarosa. En ambas se encuentran otras sustancias en cantidades muy pequeñas. Las proporciones de los componentes dependen de la variedad (familia) de caña, edad, madurez, clima,



suelo, método de cultivo, abonos, lluvias, riegos, etc. Sin embargo, unos valores de referencia general pueden ser:

- ❖ Agua 73 - 76 %
- ❖ Sacarosa 8 - 15 %
- ❖ Fibra 11 - 16 %

La sacarosa del jugo es cristalizada en la industria azucarera, la fibra constituye el bagazo una vez molida la caña. Otros constituyentes de la caña presentes en el jugo son (Larrahondo, 1995):

- ❖ Glucosa 0,2 - 0,6 %
- ❖ Fructosa 0,2 - 0,6 %
- ❖ Sales 0,3 - 0,8 %
- ❖ Ácidos orgánicos 0,1 - 0,8 %
- ❖ Otros 0,3 - 0,8 %

4.4 Propagación

La caña de azúcar se propaga por trozos de tallo (Figura 2) con una o más yemas, los cuales varían de longitud desde una sola yema pre-germinada hasta el tallo picado de 40 cm de largo. Los trozos de la punta de la porción madura de los tallos germinan más pronto que los de las basales (Nieves *et al*, 2006).

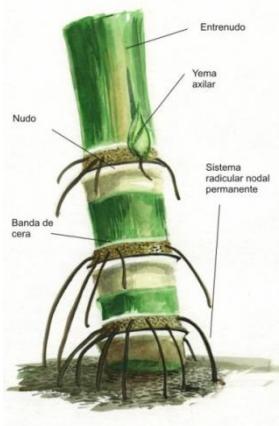


Figura 2. Tallo de la caña de azúcar.

Fuente: <http://cañadeazucaranahuac.blogspot.com/>



4.5 Variedades

Hay cientos de variedades en todo el mundo. En España, por ejemplo, más del 80% de la superficie plantada es de la variedad NC0310, que procede de África del Sur, aunque últimamente está en regresión por ser propensa al virus del mosaico. Otras variedades importantes son CP 44-101 y CP 65-357 procedentes de Florida. En México las variedades existentes son: MEX 69-290, MEX 79-431, MEX 68-P-23, MEX 57-473, MEX-55-32, MEX-68-1345, MEX 69-749, ITV 92-1424, ITV 92-373. Además existen variedades extranjeras como CP 72-2086, RD 75-11, CO 997, SP 70-1284, MY 5514 (Marcano et al., 2005; Gutiérrez et al., 2006).

V. PRODUCCIÓN MUNDIAL, NACIONAL Y ESTATAL DEL CULTIVO DE CAÑA DE AZÚCAR

El cultivo de caña de azúcar (*Saccharum* sp.), tiene relevancia mundial, nacional y local, principalmente por representar una fuente de captación económica, ya que suministra el 70% de la demanda internacional de azúcar, el porcentaje restante proviene de la remolacha. Para el año 2009, la FAO reporta 102 países productores de caña de azúcar, que sustentan una superficie cosechada de 23,752,892 ha, con una producción de 1,668,561,563 toneladas y un rendimiento mundial de 70.25 t ha⁻¹. México se ubica en el sexto lugar en cuanto al área cosechada de caña de azúcar y en segundo lugar entre los principales países productores de América, con una superficie de 710,585 ha (Cuadros 1 y 2) (FAOSTAT, 2011).



Cuadro 1. Países con mayor superficie cosechada (ha) de caña de azúcar a nivel mundial.

PAÍS	2005	2006	2007	2008	2009
Brasil	5,805,520	6,355,500	7,080,920	8,140,090	8,523,420
India	3,661,500	4,201,100	5,150,000	5,055,200	4,420,000
China	1,365,777	1,388,980	1,596,643	1,754,020	1,707,582
Pakistán	966,400	907,300	1,029,000	1,241,300	1,029,400
Tailandia	1,035,230	942,396	986,220	1,029,260	932,465
México	669,781	679,936	690,441	669,231	710,585
Cuba	517,200	397,100	329,500	380,300	434,700
Indonesia	382,083	396,441	404,653	415,578	420,000
Filipinas	368,944	392,280	382,956	397,991	404,000

Fuente: FAOSTAT, 2011

Cuadro 2. Países con mayor superficie cosechada (ha) de caña de azúcar en América.

País	2005	2006	2007	2008	2009
Brasil	5,805,520	6,355,500	7,080,920	8,140,090	8,523,420
México	669,781	679,936	690,441	669,231	710,585
Cuba	517,200	397,100	329,500	380,300	434,700
Colombia	406,060	410,060	410,201	383,388	379,505
Argentina	284,639	315,000	355,000	355,000	355,000
EE.UU.	373,084	363,290	355,965	351,271	353,659
Guatemala	271,554	233,334	190,194	188,575	213,446
Bolivia	108,309	115,862	127,592	159,950	163,704
Venezuela	139,878	123,470	128,314	122,615	125,000
Ecuador	93,930	91,236	96,817	97,165	106,825
Paraguay	74,000	75,000	82,000	81,830	100,000

Fuente: FAOSTAT, 2011

De 2005 a 2009, a nivel mundial se presentó un incremento en el rendimiento anual ($t\ ha^{-1}$) de caña, que pasó de 66.53 a 70.25 $t\ ha^{-1}$ (Cuadro 3), el mínimo reportado es de 1 $t\ ha^{-1}$ en Samoa Americana y los mayores se reportan para Etiopía, Perú y Egipto. En América los mayores rendimientos se obtuvieron en Perú y Colombia, donde los rendimientos en general superaron 100 $t\ ha^{-1}$ (Cuadro 4). En cuanto a producción, en el mundo destacan Brasil India y China (Cuadro 5).



Cuadro 3. Rendimiento anual promedio ($t\ ha^{-1}$) a nivel mundial, y países con rendimiento mínimo y máximo ($t\ ha^{-1}$) de caña de azúcar.

Año	2005	2006	2007	2008	2009
Rendimiento mundial	66.53	68.50	71.00	71.71	70.25
País	Samoa Americana				
Rendimiento mínimo	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90
País	Egipto	Egipto	Perú	Perú	Etiopía
Rendimiento máximo	120.89	121.35	121.09	135.92	141.01

Fuente: FAOSTAT, 2011

Cuadro 4. Países con mayores rendimientos ($t\ ha^{-1}$) de caña de azúcar en América.

País	2005	2006	2007	2008	2009
Perú	110.55	110.12	121.09	135.92	131.88
Colombia	98.14	93.77	93.86	100.42	101.45
Honduras	74.16	73.29	80.45	80.45	99.56
Nicaragua	82.34	88.98	83.33	79.53	93.64
El Salvador	81.16	79.98	78.47	78.47	91.90

Fuente: FAOSTAT, 2011

En México la caña se encuentra en una faja transversal sobre el paralelo 19° de latitud norte (COAAZUCAR, 2002), la zona cañera está conformada por 15 estados (Cuadro 6), destacando Morelos y Puebla, por sus altos rendimientos de 119.15 y 109.6, $t\ ha^{-1}$, respectivamente. Los estados con mayor superficie cultivada son Veracruz y Jalisco con 273,006.67 y 68,072.00 ha, respectivamente.

Cuadro 5. Producción mundial de azúcar (Miles de toneladas).

PAÍS	2005	2006	2007	2008	2009
Brasil	422,957,000	477,411,000	549,707,000	645,300,000	672,157,000
India	237,088,000	281,172,000	355,520,000	348,188,000	285,029,000
China	87,578,212	93,306,257	113,731,917	124,917,502	116,251,272
Tailandia	49,586,400	47,658,100	64,365,500	73,501,600	66,816,400
Pakistán	47,244,100	44,665,500	54,741,600	63,920,000	50,045,400
México	51,645,500	50,675,800	52,089,400	51,106,900	49,492,700
Colombia	39,849,200	38,450,000	38,500,000	38,500,000	38,500,000
Filipinas	31,400,000	31,550,000	32,000,000	34,000,000	32,500,000
Australia	37,822,200	37,128,000	36,397,000	32,621,100	30,284,000



Continuación del Cuadro 5. Producción mundial de azúcar (Miles de toneladas).

PAÍS	2005	2006	2007	2008	2009
Argentina	24,400,000	26,450,000	29,950,000	30,000,000	29,000,000
EUA	26,606,000	29,564,000	27,750,600	25,041,000	27,607,500
Sudáfrica	21,265,000	20,275,400	19,724,000	19,255,400	18,655,100
Guatemala	23,454,000	18,721,400	16,548,200	16,226,400	18,391,700
Vietnam	14,948,700	16,719,500	17,396,700	16,145,500	15,608,300
Egipto	16,317,300	16,656,300	17,014,300	16,470,200	15,482,200
Cuba	11,600,000	11,060,000	11,900,000	15,700,000	14,900,000
Perú	6,804,130	7,251,260	8,228,620	9,395,960	9,936,950
OTROS	141,589,750	144,556,530	149,668,294	148,494,183	151,404,041
TOTAL	1,321,455,492	1,422,471,047	1,620,533,131	1,734,783,745	1,668,561,563

Fuente: FAOSTAT, 2011

Cuadro 6. Cultivo, Producción y Rendimiento nacional de azúcar

ESTADO	Sup. Sembrada (ha)	Producción (t)	Rendimiento (t ha ⁻¹)
Campeche	9,096.28	322,308.50	38.25
Chiapas	29,284.65	2,634,040.35	89.99
Colima	10,939.85	1,018,619.10	93.11
Jalisco	69,707.61	6,221,412.79	90.68
Michoacán	14,655.75	1,209,571.87	85.78
Morelos	17,047.70	1,862,102.25	119.15
Nayarit	33,364.19	2,746,019.69	82.44
Oaxaca	56,272.53	3,613,337.60	65.18
Puebla	16,185.51	1,773,849.45	109.6
Quintana Roo	21,784.00	1,354,162.00	62.16
San Luis Potosí	68,072.00	3,032,325.34	49.93
Sinaloa	24,424.00	1,561,380.00	79.31
Tabasco	31,340.00	1,664,111.00	60.15
Tamaulipas	59,638.00	2,779,645.00	53.32
Veracruz	273,006.67	18,628,734.59	68.99
TOTAL	734,818.74	50,421,619.53	71.63

Fuente: SIAP/SAGARPA, 2011.

Según el SIAP (2011), la caña de azúcar se cultiva en el estado de Campeche solo en el municipio de Champotón, con una superficie sembrada en 2010 de 9,096, la cual incrementó en 10% con respecto al año 2005; sin embargo, el rendimiento (t ha⁻¹) disminuyó 17% con respecto al mismo año (Cuadro 7).



Cuadro 7. Superficie sembrada y producción del cultivo de caña de azúcar en el estado de Campeche.

Año	Municipio	Sup. Sembrada (ha)	Producción (t)	Rendimiento (t ha ⁻¹)
2010	Champotón	9096	322308.5	38.25
2009	Champotón	10382	371273.0	40.35
2008	Champotón	9582	393258.0	41.04
2007	Champotón	8358	400935.0	47.97
2006	Champotón	8205	267489.5	37.01
2005	Champotón	8255	335758.5	46.19

Fuente: SIAP/SAGARPA, 2011.

En el estado de Campeche se localiza el Ingenio La Joya, ubicado en la Ex Hacienda Haltunchen, a 15 km de la ciudad de Champotón, sin competencia alguna en la península. La región donde se encuentra el área de abasto del Ingenio presenta un relieve topográfico plano con pequeñas ondulaciones, que forman una parte de los valles de Yohaltum y Edzná, abarcando el municipio de Champotón y extendiéndose hasta el municipio de Campeche (SAGARPA, 2009).

VI. CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA CAÑA DE AZÚCAR (*Saccharum sp.*).

6.1 Trazo de la plantación y siembra

Para lograr una mayor captación de luz solar se recomienda que el trazo de la siembra de caña de azúcar se realice de este a oeste. El material de siembra debe provenir de variedades sanas y de plantaciones de seis a nueve meses de edad, se recomienda sembrar los tallos a cordón doble (punta y cola). El tapado de la semilla se puede realizar manualmente utilizando azadón, con tracción animal ó mecánicamente. La profundidad de siembra oscila entre 20 a 25 cm, con una distancia entre surco de 1.30 a 1.50 m. La semilla debe de quedar cubierta con 5



cm de suelo, el espesor de la tierra que se aplica para tapar la semilla no sólo influencia la germinación y el establecimiento de la población, sino también el desarrollo temprano de las plantas (SIAP, 2010).

6.2 Manejo del cultivo

6.2.1 Control de malezas

Los herbicidas recomendados en caña de azúcar son los siguientes:

- a) **Asulam:** a razón de 2 L ha⁻¹. El gasto es de unos 400 litros de caldo por ha.
- b) **Atrazina:** para mono y dicotiledóneas.
- c) **Cianazina:** en preemergencia o con el cultivo antes de la brotación. La dosis es de 2.5 a 5 kg ha⁻¹ según sea el tipo de suelo (ligero o fuerte).
- d) **Metribucín:** después del aporcalo en preemergencia o postemergencia (750 g ha⁻¹)
- e) **Terbacilo:** se utiliza en preemergencia a razón de 1 a 3 kg ha⁻¹.
- f) **Terbutrina + Atrazina:** se emplea en caña de azúcar después de haber hecho el chapeo (desbroce) en preemergencia y postemergencia del cultivo a razón de 5 a 8 L ha⁻¹. Hay que cuidar no aporcar después del tratamiento (SIAP, 2010).

6.2.2 Fertilización

No se deben realizar fertilizaciones nitrogenadas tardías (después de cuatro meses) porque afectan la maduración al incrementarse el número de tallos no maduros en respuesta a la mencionada actividad.



6.2.3 Control de plagas

Entre los principales problemas fitosanitarios que afectan el desarrollo del cultivo se cuentan los roedores e insectos que, en conjunto y a falta de control, pueden causar pérdidas superiores al 50% de la producción. A continuación se presentan algunas de las plagas que pueden llegar a tener relevancia para el cultivo de la caña de azúcar:

Barrenador del tallo (*Diatraea* spp): se trata de un gusano que durante su crecimiento perfora huecos y galerías en el interior del tallo de la caña de azúcar, causando daños severos que debilitan a la planta, impidiendo su crecimiento o provocando su muerte. Estos gusanos llegan a medir 2 a 3 cm de longitud, son de color amarillo pálido o blanco con manchas cafés o castañas. Los adultos son palomillas de color gris claro o cremoso, miden 2 a 4 cm con las alas extendidas, en descanso tienen forma triangular y son de hábitos diurnos. Durante el año pueden llegar a existir cinco o más generaciones. Otros daños se relacionan con el incremento de enfermedades que penetran por los orificios del tallo, tales como la pudrición roja (SAGARPA, 2004, Campos *et al.*, 2006).

Mosca pinta o salivazo (*Aeneolamia postica*, *Prosapia simulans*): es un insecto que se encuentra en pastos, maíz, arroz y caña de azúcar, en los cuales se alimenta, vive y se reproduce, causando daño a la planta. Puede encontrársele durante todo el año, pero en los meses de octubre y noviembre, cuando la hembra adulta inicia la postura de sus huevecillos en el suelo a unos dos centímetros de profundidad y cerca del tronco de la caña. Durante los meses de lluviosos se presentan las condiciones adecuadas para la eclosión de los huevecillos. A la mosca en estado joven (ninfá) se le llama salivazo debido a que se cubren con una sustancia espumosa que da la apariencia de saliva. **Daños:** los adultos perforan y chupan las partes verdes del cogollo causando secamiento de la hoja, lo que reduce el rendimiento del cultivo. Con poblaciones mayores de seis adultos por cepa pueden ocasionar una merma de tres a seis toneladas por ha (Bessin *et al.*, 1990; Meagher *et al.*, 1994, SAGARPA, 2004).



Rata de campo (*Sigmodon hispidus*): el adulto es de tamaño mediano, la longitud de su cuerpo varía de 20 a 30 cm y la de la cola de 15 a 20 cm, con un peso que oscila entre 100 y 200 g. Se reproducen en camadas de 5 a 12 crías, con aproximadamente nueve partos durante el año. **Daños:** construyen caminos y madrigueras superficiales por debajo de las plantas; su ataque provoca la reducción de 15 a 20% del rendimiento, las mayores pérdidas ocurren durante los meses de zafra (Bessin *et al*, 1990; Meagher *et al*, 1994, SAGARPA, 2004). Las recomendaciones para el control químico de esta y otras plagas se muestran en el Cuadro 8.

El manejo agronómico consiste además de:

- ❖ Buena preparación del terreno.
- ❖ Selección de semilla.
- ❖ Destrucción de la maleza.
- ❖ Mejoramiento del drenaje.
- ❖ Destronque de las cepas posterior al corte y cosecha de la caña (SAGARPA, 2004).

Cuadro 8. Control de plagas de la caña de azúcar (*Saccharum* sp.).

PLAGA	PLAGUICIDA Y DOSIS	APLICACIÓN
Mosca pinta (salivazo) (<i>Aeneolamia postica</i>)	Monocrotofós (Nuvacrón 50 LS) 1.2 a 1.8 L ha ⁻¹ . Diazinón (Basudín 25E, Diazinón 25) 1 a 1.5 L ha ⁻¹ .	Aplicar sobre el follaje
Pulgón amarillo de la caña (<i>Siphula flava</i>)	Monocrotofos (Nuvacrón 50 LS) 1.2 a 1.8 L ha ⁻¹ . Diazinón (Basudín 25E, Diazinón 25) 1 a 1.5 L ha ⁻¹ .	Aplicar sobre el follaje
Barrenadores (<i>Diatraea sacharalis</i>, <i>Zeadiatraea</i> sp., <i>Chilo suppressalis</i>)	Monocrotofos (Nuvacrón 50 LS) 1.2 a 1.8 L ha ⁻¹ . Diazinón (Basudín 25E, Diazinón 25) 1 a 1.5 L ha ⁻¹ .	Aplicar a la siembra y sobre el follaje.

Saccharum sp.



Continuación del Cuadro 8. Control de plagas de la caña de azúcar (*Saccharum sp*).

PLAGA	PLAGUICIDA Y DOSIS	APLICACION
Ratas	Cebos envenenados a base de maíz, sorgo, azúcar y fosfuro de zinc.	Quince días después de la primera aplicación se realiza un muestreo de campo y si la población se conserva por encima del 8%, se da un segundo tratamiento con cebos envenenados a base de maíz quebrado y sustancias anticoagulantes como la Warfarina.
Nemátodos (<i>Hoplolaimus</i> <i>spp</i> , <i>Meloidogyne</i> <i>spp</i> , <i>Pratylenchus</i> <i>spp</i>)	Carbofurán (Furadán 3G, 5G, Cufurán 5%G) 30 a 40 Kg ha ⁻¹ Terbufos (counter 5%G) 20 a 40 Kg ha ⁻¹	Aplicar al momento de la siembra o en las labores culturales.
Gallina ciega (<i>Phyllophaga</i> <i>spp</i>)	Carbofuran (Furadan 3G, 5G, Cufuran 5%G) 30 a 40 Kg ha ⁻¹ ; 40 a 50 Kg ha ⁻¹ . DIAZINON (diazinón 4G, Balazo 4%G) 40 a 50 Kg ha ⁻¹	Aplicar al momento de la siembra o en las labores culturales.
Gusano de alambre (<i>Pyrophorus</i> <i>spp</i>)	Carbofuran (Furadán 3G, 5G, Cufurán 5%G) 30 a 40 Kg ha ⁻¹ ; 40 a 50 Kg ha ⁻¹ . DIAZINON (diazinón 4G, Balazo 4%G) 40 a 50 Kg ha ⁻¹	Aplicar al momento de la siembra o en las labores culturales.
Nematodos (<i>Hoplolaimus</i> <i>spp</i> , <i>Meloidogyne</i> <i>spp</i> , <i>Pratylenchus</i> <i>spp.</i>)	Carbofuran (Furadán 3G, 5G, Cufuran 5%G) 30 a 40 Kg ha ⁻¹ Terbufos (counter 5%G) 20 a 40 Kg ha ⁻¹	Aplicar al momento de la siembra o en las labores culturales.
Chicharrita (<i>Dalbulus</i> <i>elimatus</i>)	Metamidofos (Tamarón 600, Biofos, Huracán, Hamivel 600) 1 a 1.5 L ha ⁻¹	Aplicar sobre el follaje
Chinche de encaje (<i>Leptodictya</i> <i>tabida</i>)	Metamidofos (Tamarón 600, Biofos, Huracán, Hamivel 600) 1 a 1.5 L/ha Monocrotofos (Nuvacrón 50 LS) 1.2 a 1.8 L ha ⁻¹	Aplicar sobre el follaje

Fuente: (Bessin *et al.*, 1990; Meagher *et al.*, 1994, SAGARPA, 2004).



El control etológico consiste en el uso de trampas con material atrayente. Para la mosca pinta se recomienda el uso de trampas de color verde, dado que atrae a menor cantidad de insectos benéficos. Este tipo de trampas ayudan a determinar el nivel de incidencia y época de mayor presencia. Son plásticos de 50x70 cm, calibre 300, impregnados con un adhesivo orgánico no soluble en agua y resistente a altas temperaturas (SAGARPA, 2004).

Otra alternativa es el control biológico, que se basa en el empleo de organismos vivos (depredadores o parasitoides) que se alimentan de insectos, hongos y malezas que afectan el desarrollo y producción de los cultivos. Para el control de la mosca pinta se recomienda la aplicación de un hongo denominado *Metarhizium anisopliae*, que infecta al insecto provocándole pérdida de movilidad. En el caso del barrenador de la caña, se utiliza un parasitoide que se desarrolla en el interior de diversos gusanos, se trata de la avispa *Trichogramma pretiosum*, la cual se distribuye en bolsas de papel, en cuyo interior se encuentra un cuadro de cartulina de una pulgada, al cual están adheridos los huevecillos parasitados con *Trichogramma* (SAGARPA, 2004).

6.2.4 Control de enfermedades

Entre las enfermedades de mayor importancia en el país y en el mundo se encuentran las royas: *Puccinia kuehnii* (Krüger) Butler y *Puccinia melanocephala* H. Sydow y P. Sydow, que ocasionan pérdidas diez veces mayores a las producidas por el carbón (*Sporisorium scitamineum* (Syd.). *P. kuehnii* es el causante de la roya anaranjada de la caña de azúcar en Asia, África, Australia, China, Guam, Indonesia, Japón, Península de Malasia, Myanmar, Nueva Caledonia, Pakistán, Papúa Nueva Guinea, Filipinas, Samoa, Islas Salomón, Sri Lanka, Taiwán, Tailandia, Vietnam y Fiji (Comstock *et al.*, 2007).

Este patógeno también apareció en la India en agosto de 1952, en la variedad Co 87; en el 2007 en Florida infectó diferentes cultivares de caña de azúcar, lo que constituye el primer informe verificado en este hemisferio. Posteriormente se ha



reportado para Nicaragua, Panamá, Costa Rica, Guatemala y Venezuela. De manera general, los síntomas iniciales de la roya en la caña de azúcar se manifiestan como lesiones diminutas y elongadas que forman un halo amarillento-verdoso (Infante *et al.*, 2009).

6.3 Cosecha

El contenido de humedad de la caña es de alto interés para la agroindustria azucarera en el momento de la cosecha, la calidad del jugo está asociada con el porcentaje de humedad. Una cosecha adecuada debe asegurar que:

La caña sea cosechada en su máximo estado de madurez, evitando cortar caña sobremadura o inmadura.

El corte de la caña debe ser a ras del suelo para cosechar los entrenudos inferiores ricos en azúcar, lo que aumenta la producción y el rendimiento de azúcar.

El despunte debe hacerse a una altura adecuada para eliminar los entrenudos superiores inmaduros.

La caña debe estar limpia, sin presencia de cuerpos extraños, tales como hojas, basura, raíces, etc.

La cosecha se realiza cuando la caña alcanza el máximo peso y el óptimo contenido de azúcar. Se puede realizar de manera manual o mecanizada, en el primer caso se quema antes y los tallos se cortan con machete a ras del suelo, eliminando el cogollo. Se hacen montones que posteriormente serán cargados por la alzadora a los remolques o camiones. La segunda se hace mediante una máquina que, casi simultáneamente, va despuntando (eliminando el cogollo), cortando a ras de suelo, picando los tallos y cargándola a los camiones (SIAP,



2010). Después del corte, la caña no debe tardar más de 36 horas en ser molida ya que la sacarosa se reduce a fructuosa, la cual no se cristaliza.

6.4 Perspectiva agroindustrial

El azúcar es uno de los productos básicos de consumo, su producción se realiza en los ingenios, a partir de los jugos de caña de azúcar, dando origen a una agroindustria que genera gran cantidad de empleos y que participa directamente en la economía nacional. El azúcar se obtiene del jugo fresco y dulce de la caña, sus hojas y tallos se utilizan como forraje para el ganado (Larrahondo, 1995).

Hay diferentes tipos de azúcar, desde el piloncillo o panela hasta la azúcar refinada, los cuales se usan como alimento básico del hombre o como materia prima para la industria. Ésta lo transforma en alcohol etílico, ácido láctico, dextrosa y glicerina. Otros productos, como la melaza, se emplean para la fabricación de bebidas alcohólicas como el ron. Las fibras de bagazo que resultan de la molienda se utilizan para la fabricación de papel y madera prensada. La caña de azúcar suministra, en primer lugar, sacarosa para azúcar blanco o moreno. También tiene aproximadamente 40 Kg t^{-1} de melaza. También se producen alrededor de 150 Kg t^{-1} de bagazo. Hay otros aprovechamientos de mucha menor importancia como los compost agrícolas, vinazas, ceras, fibra absorbente, etc. (Larrahondo, 1995).

VII. REQUERIMIENTOS AGROCLIMÁTICOS

El cultivo se desarrolla en un amplio margen de condiciones de humedad, desde zonas con precipitación pluvial de 10 000 mm anuales hasta otras que experimentan extrema sequía. En la época de zafra se presentan nortes (lluvias de baja intensidad) en la costa del Golfo de México, y huracanes y ciclones en las costas del Golfo de México y del Océano Pacífico. Climatológicamente las temperaturas en los ámbitos cañeros se definen como cálidas, semi-cálidas y

Saccharum sp.



templado-cálidas. En algunas zonas se presentan bajas temperaturas con efecto de heladas (FAO-ECOCROP, 2010; Rath *et al*, 2010).

La temperatura, la humedad y la luminosidad son los principales factores del clima que condicionan el crecimiento y desarrollo de la caña, crece mejor en lugares calientes y soleados. Cuando prevalecen temperaturas altas la caña de azúcar alcanza un gran crecimiento vegetativo y bajo estas condiciones la fotosíntesis se desplaza hacia la producción de carbohidratos de alto peso molecular, como la celulosa y otras materias que constituyen el follaje y el soporte fibroso del tallo. Es indispensable proporcionar también una adecuada cantidad de agua a la caña durante su desarrollo, que permita la absorción, transporte y asimilación de nutrientes (SIAP, 2010). La caña de azúcar no soporta temperaturas inferiores a 0°C, aunque alguna vez puede llegar a soportar hasta 1°C, dependiendo de la duración de la helada. Para crecer exige un mínimo de temperaturas de 14°C. La temperatura óptima de crecimiento se sitúa en torno a los 30°C, con humedad relativa alta y buen aporte de agua (Cuadro 9) (Ruiz *et al.*, 1999; FAO-ECOCROP, 2010).

Cuadro 9. Requerimientos agroclimáticos del cultivo de caña de azúcar (*Saccharum* sp).

Requerimiento	Optimo		Absoluto	
	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo
Temperatura (°C)	24	37	15	41
Temperatura crítica (durante el reposo)			-2	
Precipitación anual (mm)	1500	2000	1000	5000
Zona climática (clasificación de Köppen)	Tropical húmedo y seco (Aw), Tropical húmedo (Ar), Subtropical húmedo (Cf), Subtropical con verano lluvioso (Cs), Subtropical con invierno seco (Cw)			
Latitud	---		30	33
Fotoperiodo	Días cortos (menos de 12 horas), Días neutrales (12 a 14 horas).			
Intensidad de la luz	Muy brillante	Muy brillante	Muy brillante	Cielos despejados
Altitud (m)	---	---	---	1600

Fuente: FAO-ECOCROP, 2010.



VIII. REQUERIMIENTOS EDAFOLÓGICOS

Las zonas cañeras de México se encuentran en cuatro unidades de suelos predominantes según la clasificación de FAO-UNESCO: Cambisol (55%), Vertisol (15%), Fluvisol (15%) y Luvisol (15%). En términos generales son suelos con pH ácidos o ligeramente ácidos, con baja fertilidad y contenido de materia orgánica. Generalmente el drenaje superficial es bueno, pero en el trópico húmedo se presentan problemas de inundaciones (Ruiz *et al.*, 1999; FAO-ECOCROP, 2010). La caña de azúcar se cultiva con éxito en la mayoría de suelos, pero su producción es mayor en aquéllos que tienen buenos contenidos de materia orgánica y presentan buen drenaje tanto externo como interno, su pH se encuentra entre 5.5 y 7.8. Se reportan buenos rendimientos de caña y azúcar en suelo de textura franco limosa y franco arenosa (Cuadro 10) (SIAP, 2010).

Cuadro 10. Requerimientos edafológicos del cultivo de caña de azúcar (*Saccharum* sp).

Requerimiento	Óptimo	Absolute
pH del suelo	5 a 8	4.5 a 9
Profundidad del suelo	Profundos (más de 150 cm)	Medianos (50 a 150 cm)
Textura del suelo	Mediana	Pesada
Fertilidad del suelo	Alta	Moderada
Salinidad del suelo	Baja (<4 dS/m)	Media (4 a 10 dS/m)
Drenaje del suelo	Moderado	Bueno (periodos secos)

Fuente: FAO-ECOCROP, 2010.



IX. DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA METODOLOGÍA

Para la identificación de las zonas potenciales para el cultivo de caña de azúcar (*Saccharum* sp.) en el estado de Campeche se empleo 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 caña de azúcar (*Saccharum* sp) 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).

En la Figura 3, se esquematiza de manera sucinta la metodología de la zonificación agroecológica (FAO, 1981) para el cultivo de caña de azúcar (*Saccharum* sp) en el estado de Campeche.

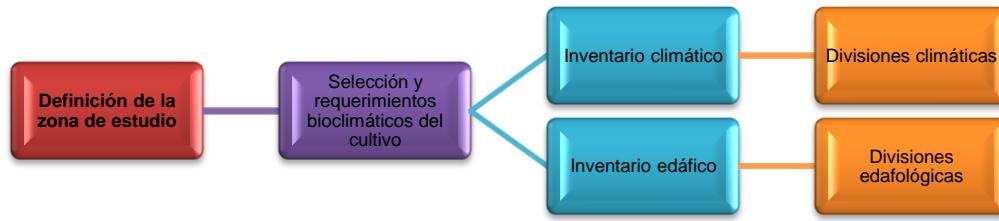


Figura 3. Metodología simplificada de la zonificación agroecológica para el cultivo de caña de azúcar.

El esquema de la Figura 3 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 ¿Cuándo es la época propicia para sembrarlo o establecerlo? y ¿Qué 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).



X. REQUERIMIENTOS BIOCLIMÁTICOS DEL CULTIVO DE CAÑA DE AZÚCAR

Las variables principales que se consideraron para determinar las zonas con alto potencial productivo en el cultivo de caña de azúcar 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 11). Estos requerimientos bioclimáticos se tomaron de los reportados por la FAO en su sitio de Internet:
<http://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).

Cuadro 11. Variables seleccionadas para definir áreas de alta potencialidad para el cultivo de caña de azúcar en el estado de Campeche.

CLIMA	SUELO
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.

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 caña de azúcar (*Saccharum* sp.).

10.1 Inventario climático

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

10.1.1 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 $0.5^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$ 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.

10.1.2 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 caña de azúcar. 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.



10.2 Inventario edafológico

10.2.1 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 caña de azúcar. 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.

10.3 Fuentes de información

10.3.1 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).



10.3.2 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.

10.3.3 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 caña de azúcar, las cuales se denominan áreas con alto potencial productivo.

XI. ESTIMACIÓN DE RENDIMIENTO POTENCIAL PARA EL CULTIVO DE CAÑA DE AZÚCAR (*Saccharum* sp.).

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 caña de azúcar 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 la ecuación (1)

$$Y = Bn \cdot Hi$$

(1)

Saccharum sp.



Donde:

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

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

H_i = Índice de cosecha (adimensional)

La biomasa neta (B_n) 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 (H_i) por lo tanto, una parte proporcional de la biomasa neta. La biomasa neta (B_n) para un cultivo se calcula mediante la ecuación (2).

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

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

Donde:

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

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

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 ≥ 5)



$$F = (A_c - 0.5 \cdot Rg) / (0.80 \cdot Rg) \quad (4)$$

Donde:

A_c =Radiación fotosintéticamente activa en un día totalmente despejado (cal cm⁻² d⁻¹) (Tablas para Pm = 20 kg ha⁻¹ h⁻¹)

Rg = Radiación global medida (cal cm⁻² 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 (Pm) de 20 kg ha⁻¹ 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 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 (A_c) 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_{foto}), la cual se obtiene con la ecuación (5)

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

Donde:

T_{foto} = Temperatura diurna (°C).

T_{max} = Temperatura máxima (°C)

T_{min} = Temperatura mínima (°C)

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



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

(6)

Donde:

IAF = Índice de área foliar. Cuyo valor fue de 1.80 (Gutierrez., 2006).

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

C_t= Coeficiente de respiración (R_m). Este coeficiente se calcula con la ecuación

(7).

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

(7)

Donde:

C₃₀= 0.0108 para un cultivo como la caña de azúcar.

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).

Obtenida la biomasa neta se procede a calcular el rendimiento potencial; el cual se obtiene al multiplicar la biomasa neta total obtenida por el índice de cosecha (H_i) del cultivo de caña de azúcar el cual fue de 0.7. El valor de H_i fue calculado con los datos reportados por Pinto *et al.* (2005).

Finalmente se desarrollan los mapas para zonas con potencial climático, zonas con potencial edafológico y zonas con potencial edafoclimático para el cultivo de caña de azúcar en el estado de Campeche.



XII. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El estado de Campeche cuenta con una superficie total de 2, 257,793 hectáreas con potencial agroclimático para el cultivo de caña de azúcar (*Saccharum* sp), es decir, el cultivo se puede establecer en 41% de la superficie total del estado (Cuadro 12). Los municipios que presentan aptitud agroclimática son Palizada, Carmen, Candelaria y, parcialmente, Calakmul, Escárcega, Champotón y Campeche (Anexo 4).

Cuadro 12. Superficies potenciales (ha y %) para el cultivo de caña de azúcar (*Saccharum* sp) en el estado de Campeche.

CULTIVOS	SUPERFICIE CON POTENCIAL AGROCLIMÁTICO		SUPERFICIE CON POTENCIAL EDAFOLÓGICO		SUPERFICIE CON POTENCIAL EDAFOCLIMÁTICO	
	ha	(%)	ha	(%)	ha	(%)
Caña de azúcar	2,257,793	*41	1,576,729	*28	680,833	*12

*Porcentaje de superficie con respecto a la superficie total.

En cuanto a los requerimientos de suelo para el establecimiento de este cultivo, el estado de Campeche cuenta con una superficie de alto potencial de 1,576,729 hectáreas (Anexo 5), es decir, 28% de la superficie del estado cuenta con suelos aptos para el cultivo de caña de azúcar (*Saccharum* sp). En el Cuadro 13 se enlistan las 16 subunidades de suelo aptas para este cultivo, de las cuales, las subunidades Gleysol Mólico (Calcárico, Arcílico), Vertisol Gléyico (Calcárico), Vertisol Gléyico (Éutrico), Gleysol Mólico (Calcárico, Húmico, Arcílico) y Vertisol Gléyico (Húmico) representan 74% de la superficie mencionada con 40, 14, 7, 7 y 7%, respectivamente.

Saccharum sp.



Cuadro 13. Superficie (ha) de las subunidades de suelos aptos para el cultivo de caña de azúcar en el estado de Campeche.

Subunidad	Superficie (ha)
Cambisol Gléyico (Húmico, Arcílico)	39,201.72
Gleysol Háplico (Húmico, Arcílico, Nóxico)	19,059.29
Gleysol Háplico (Calcárico, Húmico, Arcílico)	13,004.00
Gleysol Hístico (Calcárico, Sódico)	3,389.15
Gleysol Mólico (Calcárico, Arcílico)	624,854.48
Gleysol Mólico (Calcárico, Arcílico, Nóxico)	40,982.10
Gleysol Mólico (Calcárico, Húmico, Arcílico)	107,223.02
Gleysol Mólico (Calcárico, Sódico)	43,064.10
Gleysol Mólico (Calcárico, Sódico, Arcílico)	20,846.64
Gleysol Mólico (Éutrico, Arcílico)	51,351.10
Regosol Endogléyico (Calcárico, Sódico)	12,752.17
Vertisol Gléyico (Calcárico)	216,001.44
Vertisol Gléyico (Calcárico, Húmico)	81,860.56
Vertisol Gléyico (Calcárico, Pélico)	91,579.14
Vertisol Gléyico (Éutrico)	107,809.87
Vertisol Gléyico (Húmico)	103,750.05

El análisis edafoclimático mostró que el estado de Campeche cuenta con una superficie potencial 680,832 hectáreas para cultivar caña de azúcar, es decir, el estado de Campeche presenta condiciones de alta potencialidad para este cultivo en 12% de su superficie, en el anexo 6 se observan tales áreas en color naranja.

Las superficies con alto potencial edafoclimático para el cultivo de caña de azúcar en el estado de Campeche se distribuyen en siete municipios, 12% de las cuales se concentran en los municipios de Carmen, Candelaria y Champotón (Cuadro 14).



Cuadro 14. Superficie municipal con alto potencial edafoclimático para el cultivo de caña de azúcar (*Saccharum sp.*) en el estado de Campeche.

MUNICIPIO	SUPERFICIE EDAFOCLIMÁTICA POTENCIAL PARA EL CULTIVO DE CAÑA DE AZÚCAR (ha)
Calakmul	41,821.74
Campeche	26,823.83
Candelaria	190,181.16
Carmen	205,999.81
Champotón	96,337.38
Escárcega	72,795.83
Palizada	46,873.12

El cálculo del rendimiento potencial para el cultivo de caña de azúcar en los distintos municipios del estado de Campeche se muestra en el Cuadro 15; en general en los 11 municipios es posible alcanzar un rendimiento potencial alto en el cultivo de caña de azúcar, es decir, muy superior al reportado por el SIAP, destacando el municipio de Escárcega con 169 t ha^{-1} , que supera al rendimiento promedio potencial del estado de (36.9 t ha^{-1}).

Cuadro 15. Rendimiento potencial (t ha^{-1}) para el cultivo de caña de azúcar (*Saccharum sp.*) en los municipios del estado de Campeche.

MUNICIPIO	RENDIMIENTO POTENCIAL (t ha^{-1})
Calakmul	162.33
Calkiní	157.73
Campeche	165.76
Candelaria	166.32
Carmen	165.45
Champotón	158.10
Escárcega	169.01
Hecelchakán	166.57
Hopelchén	163.19
Palizada	160.27
Tenabo	167.51

Elaboración propia con resultados del estudio realizado en esta obra



XIII. CONCLUSIONES

Del presente estudio realizado se desprenden las siguientes conclusiones.

- ❖ El estado de Campeche cuenta con una superficie con alto potencial agroclimático de 2,257,793 hectáreas para cultivar caña de azúcar (*Saccharum* sp).
- ❖ El estado de Campeche cuenta con una superficie de 1,576,729 hectáreas con alto potencial edafológico para el cultivo de caña de azúcar (*Saccharum* sp).
- ❖ El estado de Campeche cuenta con una superficie 680,833 hectáreas para el cultivo caña de azúcar (*Saccharum* sp), cuya superficie satisface tanto los requerimientos de clima y edafológicos para el desarrollo del cultivo.
- ❖ El cultivo de caña de azúcar (*Saccharum* sp) se puede establecer bajo temporal en al menos el 12% de la superficie del estado de Campeche.
- ❖ Si se introduce riego de auxilio, las condiciones edafológicas favorables son el 28% de la superficie del estado. Este porcentaje sería la superficie potencial que Campeche tiene para cultivar con caña de azúcar (*Saccharum* sp) con un alto potencial productivo.
- ❖ Los principales cinco municipios con áreas potenciales para el cultivo de caña de azúcar (*Saccharum* sp) son: Carmen, Candelaria, Champotón, Escárcega y Palizada.
- ❖ En el estado de Campeche para el cultivo de caña de azúcar (*Saccharum* sp) se espera un rendimiento potencial promedio de 163.84 t ha⁻¹ el área cañera está integrada principalmente por 11 municipios.

Saccharum sp.



- ❖ En general los rendimientos potenciales del cultivo de caña de azúcar (*Saccharum* sp) en los 11 municipios del Estado de Campeche se encuentran por arriba del rendimiento promedio actual (36.9 t ha^{-1}).
- ❖ De los rendimientos potenciales calculados destaca el obtenido para el municipio de Escárcega (169.01 t ha^{-1}).



XIV. BIBLIOGRAFIA

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

Bessin, R. T., E. B. Moser & T. E. Reagan. 1990. Integration of control tactics for management of the sugarcane borer (Lepidoptera: Pyralidae) in Louisiana sugarcane. *J. Econ. Entomol.* 83: 1563-1569.

Blanco, M.A.; J. Borreto; J. L. Golles; Y. Capdesuñer; A. Cervantes; S. Rodríguez; M. Rivas y H. Peralta. 2003. Dinámica del crecimiento de caña de azúcar (*Saccharum*sp.): aspectos fisiológicos y azucareros. En cultivos tropicales, vol. 24, núm. 1 INCA, La Habana, Cuba, pp. 47-54

Cabrera, J. A. y R. Zuaznábar. 2010. Impacto sobre el ambiente del monocultivo de la caña de azúcar con el uso de la quema para la cosecha y la fertilización nitrogenada I, Balance del Carbono. En Cultivos tropicales, vol. 31, núm. 1 INCA. La Habana, Cuba. pp. 5-13,

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

Campos, H.A.; J. Patricio R.; R. Ambriz C. y L. Díaz C. 2006. Manejo fitosanitario para el control de gusano barrenador en caña de azúcar en el estado de Morelos. Folleto para productor núm.44. Fundación Produce Morelos. 20p.

Comstock J, Sood S, Glynn N, McKemy J, Castlebury Lisa. First report of *Puccinia kuehnii*, causal agent of Orange Rust of Sugarcane, in the United States and Western Hemisphere. 15 October 2007. (Consultado: 18 julio de 2011). Disponible en:



http://www.ars.usda.gov/research/publications/publications.htm?seq_no_115=214496

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.

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

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

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.

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. Version 1.0. AGLS. FAO. Rome, Italy.

FAO-ECOCROP. 2010. Food and Agriculture Organization. Crops Statistical Database. Electronic version available in:

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

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.

Saccharum sp.



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

Gutiérrez, M. F. A.; M. A. Oliva L.; R. Rincón R. y L. Dendooven. 2006. Selección de genotipos de caña de azúcar usando características de cultivo de callos. Revista Agrociencia, septiembre-octubre, año/vol. 40, núm. 005. Colegio de Postgraduados, Texcoco, México, pp. 605-611.

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

Infante, D.; B. Martínez; E. González y N. González. 2009. *Puccinia Kuehnii* (KRÜGER) Butler y *Puccinia melanocephala* H. Sydow y P. Sydow en el cultivo de la caña de azúcar. Revista Protección vegetal, vol. 24, núm. 1, pp. 22-28.

Larrahondo, J. E. 1995. Calidad de la caña de azúcar. CENICAÑA. Colombia, pp. 3337-354.

Marcano, M.; E. Rivas; U. Manrique; M. García; F. Salcedo y D. Mark. 2005. Prueba de ocho variedades de caña de azúcar (*Saccharum* sp.) bajo condiciones de secano en un suelo de sabana del estado de Monagas, Venezuela. Revista UDO Agrícola 5 (1): 54-61.

Meagher, R. L., Jr., J. W. Smith, Jr. & K.J.R. Johnson. 1994. Insecticidal management of *Eoreumaloftini* (Lepidoptera: Pyralidae) on Texas sugarcane: a critical review. *J. Econ. Entomol.* 87: 1332-1344.

Nieves, N.: A. Poblete; M. Cid; Y. Lezcano; J. L. González O. y J. C. Cabrera. 2006. Evaluación del Pectimorf como complemento del 2, 4-D en el proceso de la embriogénesis somática de caña de azúcar (*Saccharum*

Saccharum sp.



spp.) En cultivos tropicales, vol. 27, núm. 1. INCA, La Habana, Cuba, pp. 25-30.

Rath, P., Pradhan, G. y Mishra, M. K. 2010. Effect of sugar factory distillery spent wash (DSW) on the growth pattern of sugarcane (*Saccharum officinarum* L) crop. Journal of Phytology 2(5): 33-39.

Ruiz-Corral, J. A., Medina-González, González, I. J., Ortiz, C., Flores, H. E., Martínez, R. y Byerly, K. F. 1999. Requerimientos Agroecológicos de Cultivos. Libro Técnico Núm. 3. INIFAP-CIRPAC. Guadalajara, Jalisco, México. 362p.

SAGARPA. 2009. Digitalización del campo cañero en México para alcanzar la agricultura de precisión de la caña de azúcar.

SIAP. 2010. Monografía de la caña de azúcar. Consultado el 20 de julio de 2011.
Disponible en:

http://www_siap_gob_mx/index.php?option=com_content&view=article&id=117&Itemid=83

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

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.

Figura de portada:Blanco,F. M. (O.S.A.). S/F. En línea:

http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Saccharum_officinarum_Blanco1.18.jpg[Consultada el 22 de julio de 2011]



XV. ANEXOS

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

ID	NUM ESTACION	NOMBRE	LONGITUD	LATITUD	ALT
1	40001	Bolonchen, 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	Nilchi, 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
29	4053	Santa Cristina, Campeche	-90,381	19,815	10
30	4054	Chicbul, Cd. Del Carmen	-90,923	18,778	25
31	4056	Chumpan, Cd. Del Carmen	-91,508	18,213	20
32	4057	Mamantel, Cd. Del Carmen	-91,089	18,525	12
33	4058	Noh-Yaxche, Campeche	-89,742	20,004	30
34	4059	Tinun, Tenabo	-90,228	19,961	50
35	4060	Xbonil, Champotón.	-90,166	18,635	60



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

ID	NUM ESTACION	NOMBRE	LONGITUD	LATITUD	ALT
36	4064	Becal, Calkiní	-90,031	20,426	55
37	4067	Calkiní, Calkiní (DGE)	-90,033	20,367	--
38	4068	China I.N.I.P., Campeche	-90,474	19,673	10
39	4069	Campeche Sur, Campeche	-90,550	19,817	--
40	4070	Dzitbalche, Calkiní	-90,059	20,321	30
41	4071	Pocyxum, Campeche	-90,351	19,730	20
42	4072	Sihó-Chac, Champotón.	-90,584	19,506	15
43	4073	Tenabo, Tenabo (DGE)	-90,200	20,017	7
44	4074	Xbonil, Champotón. (DGE)	-90,217	19,633	--
45	4075	Canki	-90,118	19,988	15
46	4076	Chinchintok	-89,581	19,359	150
47	4077	San Juan Bautista	-89,927	19,874	50
48	4078	Chaccheito	-90,407	19,051	40
49	4079	Vista Alegre	-91,658	18,043	10
50	4080	Alvarado	-89,270	18,017	170
51	4081	Cristóbal Colón	-90,776	17,888	110
52	4082	Pablo T. Burgos	-90,697	18,297	50
53	4084	Tixmucuy, Campeche	-90,650	19,550	--
54	4085	Pomuch, Hecelchakán	-90,133	20,117	--
55	4086	El Zapote	-91,802	18,217	10

Saccharum sp.



Anexo 2. Requerimientos bioclimáticos del cultivo de caña de azúcar (*Saccharum* sp.)

Requerimiento	Optimo		Absoluto	
	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo
Temperatura (°C)	24	37	15	41
Temperatura critica (durante el reposo)			-2	
Precipitación anual (mm)	1500	2000	1000	5000
Zona climática (clasificación de Köppen)	Tropical húmedo y seco (Aw), Subtropical húmedo (Cf), Subtropical con verano lluvioso (Cs), Subtropical con invierno seco (Cw)			
Latitud	---		30	33
Fotoperiodo	Días cortos (menos de 12 horas), Días neutrales (12 a 14 horas).			
Intensidad de la luz	Muy brillante	Muy brillante	Muy brillante	Cielos despejados
Altitud (m)	---	---	---	1600

Fuente: FAO-ECOCROP, 2010.

Anexo 3. Requerimientos edafológicos para el cultivo de caña de azúcar (*Saccharum* sp.)

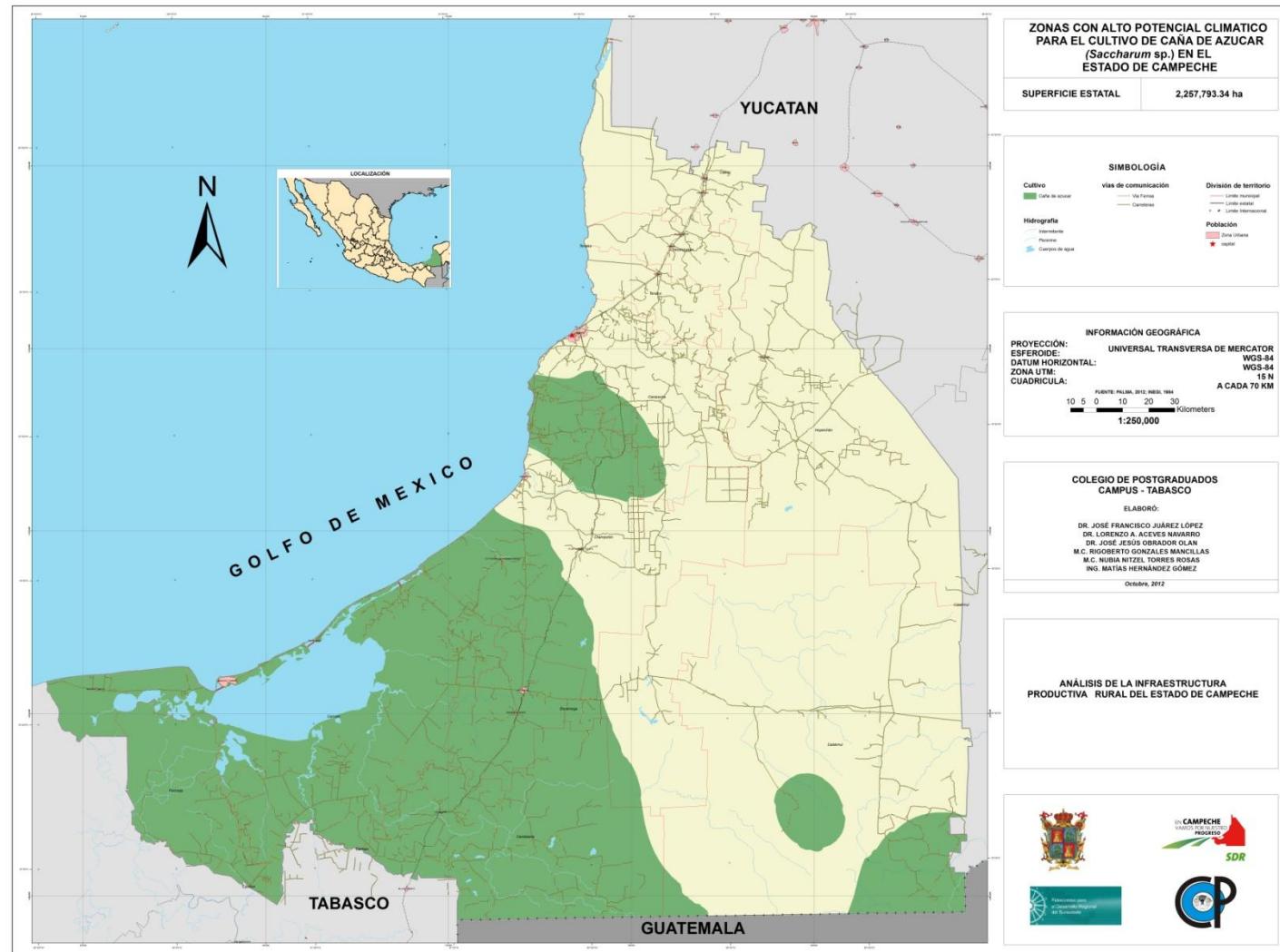
Requerimiento	Optimo	Absoluto
pH del suelo	5 a 8	4.5 a 9
Profundidad del suelo	Profundos (más de 150 cm)	Medianos (50 a 150 cm)
Textura del suelo	Mediana	Pesada
Fertilidad del suelo	Alta	Moderada
Salinidad del suelo	Baja (<4 dS/m)	Media(4 a 10 dS/m)
Drenaje del suelo	Moderado	Bueno (periodos secos)

Fuente: FAO-ECOCROP, 2010.

Saccharum sp.

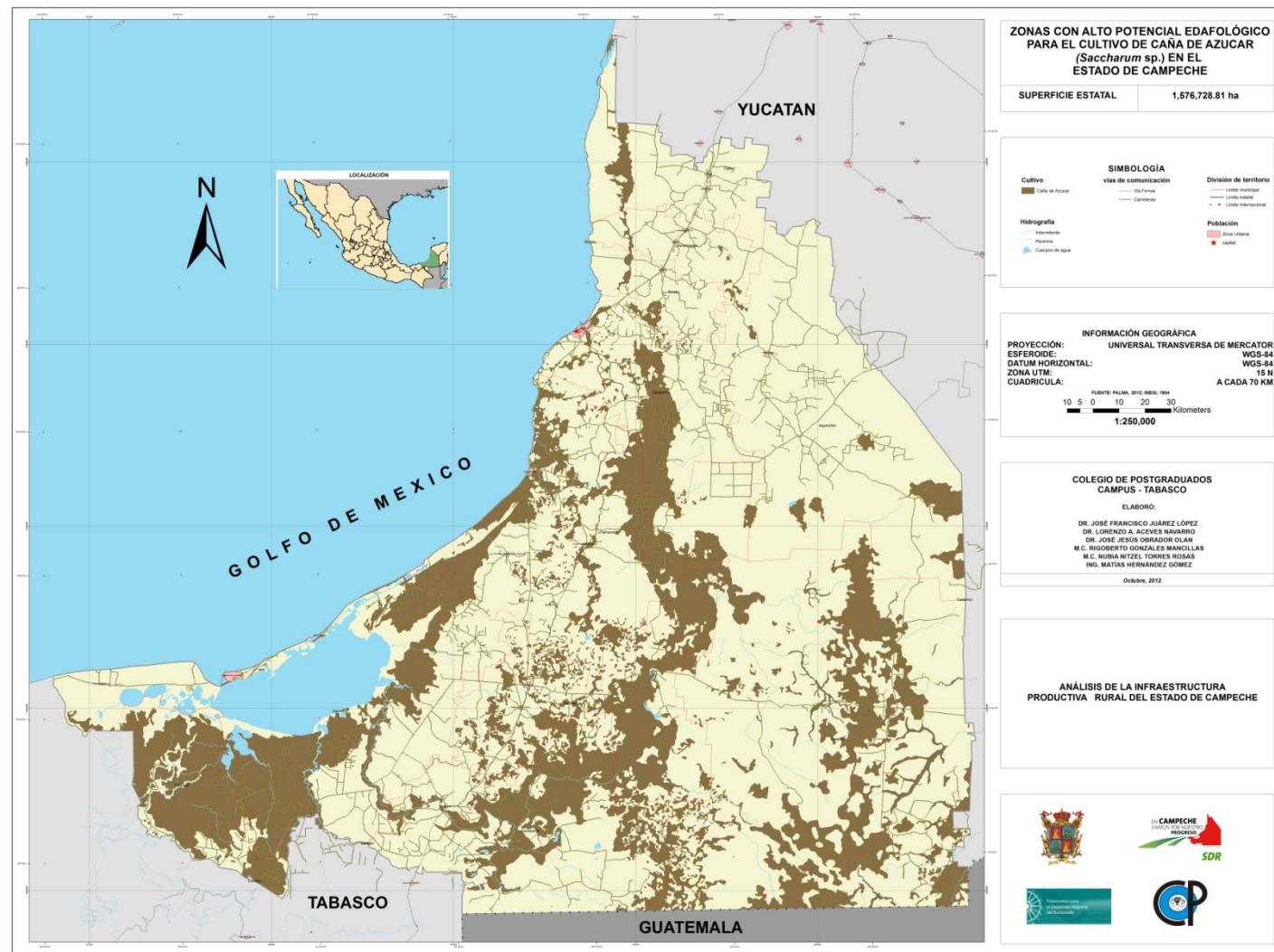


Anexo 4. Zonas con alto potencial agroclimático para el cultivo de caña de azúcar (*Saccharum* sp.) en el estado de Campeche.





Anexo 5. Zonas con alto potencial edafológico para el cultivo de caña de azúcar en el estado de Campeche.





Anexo 6. Zonas con alto potencial edafoclimático para el cultivo de caña de azúcar en el estado de Campeche.

