



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 ARROZ (*Oryza sativa 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



TOMO I -2012



**ESTUDIO PARA DETERMINAR ZONAS DE ALTA
POTENCIALIDAD PARA EL CULTIVO DE ARROZ (*Oryza
sativa* 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.	ORIGEN DEL ARROZ.....	3
IV.	CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA DEL ARROZ	3
V.	DESCRIPCIÓN BOTÁNICA DEL ARROZ	3
5.1	Tallo.....	4
5.2	Panojas.....	4
5.3	Espiguillas	4
5.4	Grano.....	5
VI.	PAÍSES PRODUCTORES DE ARROZ	5
VII.	SUPERFICIE CULTIVADA Y RENDIMIENTOS DE ARROZ POR ESTADO Y A NIVEL NACIONAL	8
VIII.	REQUERIMIENTOS CLIMÁTICOS DEL CULTIVO DE ARROZ	12
IX.	REQUERIMIENTOS EDAFOLÓGICOS DEL CULTIVO DE ARROZ.....	13
X.	TECNOLOGÍA DE PRODUCCIÓN DEL CULTIVO DE ARROZ.....	14
10.1	Preparación del terreno en sistema de temporal	14
10.1.1	Barbecho	14
10.1.2	Rastreo	14
10.1.3	Nivelación del terreno	15
10.1.4	Bordeo	15



10.2	Método de siembra	15
10.2.1	Siembra al voleo	15
10.2.2	Siembra en líneas	15
10.3	Control de malezas	16
10.4	Control de enfermedades	17
10.5	Selección, adecuación y preparación del terreno	18
10.5.1	La selección del terreno	18
10.5.2	La adecuación del terreno	18
10.5.3	La preparación de suelo	18
10.6	Método de siembra	20
10.7	Riego	20
10.8	Cosecha	21
XI.	MATERIAL GENÉTICO Y VARIEDADES DE ARROZ	22
XII.	PRODUCTOS Y SUBPRODUCTOS DEL ARROZ	22
XIII.	MERCADO DEL ARROZ	24
XIV.	DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA METODOLOGÍA	31
XV.	REQUERIMIENTOS BIOCLIMÁTICOS DEL CULTIVO DE ARROZ	33
15.1	Inventario climático	34
15.1.1	División climática	34
15.1.2	Período de crecimiento	34
15.2	Inventario edafológico	34
15.2.1	División edafológica	34
15.3	Fuentes de información	35



15.3.1 Información climática	35
15.3.2 Información edafológica.....	35
15.3.3 Información cartográfica	36
XVI. ESTIMACIÓN DE RENDIMIENTO POTENCIAL PARA EL CULTIVO DE ARROZ (<i>Oryza sativa</i> L.).	36
XVII. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	40
XVIII. CONCLUSIONES.....	43
XIX. BIBLIOGRAFÍA.....	44
XX. ANEXOS	49

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Países que cultivan arroz a nivel mundial (producción en toneladas)	6
Cuadro 2. Rendimientos de arroz en países productores ($t\ ha^{-1}$).	7
Cuadro 3. Superficie cultivada de arroz (ha) por Estado y a nivel Nacional en la modalidad de temporal.....	9
Cuadro 4. Superficie cultivada de arroz (ha) por Estado y a nivel Nacional en la modalidad de riego	10
Cuadro 5. Rendimiento de arroz ($t\ ha^{-1}$) por Estado y a nivel Nacional en la modalidad de temporal.....	11
Cuadro 6. Rendimiento estatal y nacional de arroz ($t\ ha^{-1}$) en riego.....	11
Cuadro 7. Superficie sembrada (SS), producción (P) y rendimiento (R) del cultivo de arroz en los municipios de Campeche en 2010.	12



Cuadro 8. Temperaturas críticas de las etapas de crecimiento del cultivo de arroz.....	13
Cuadro 9. Calendario de riegos intermitentes de acuerdo al ciclo fenológico del cultivo de arroz	21
Cuadro 10. Usos del arroz.....	23
Cuadro 11. Países importadores de arroz con cáscara en 2008.....	24
Cuadro 12. Países importadores de arroz sin cáscara en 2008.....	25
Cuadro 13. Países exportadores de arroz con cáscara en 2008.....	26
Cuadro 14. Países exportadores de arroz sin cáscara en 2008.....	27
Cuadro 15. Compañías que importan arroz en México.....	28
Cuadro 16. Variables seleccionadas para definir áreas potenciales para el cultivo de arroz en el estado de Campeche.....	33
Cuadro 17. Superficies potenciales (ha y %) para el cultivo de arroz (<i>Oryza sativa</i> L.) en el estado de Campeche.....	40
Cuadro 18. Superficie (ha) de las subunidades de suelos aptos para el cultivo de arroz en el estado de Campeche.....	41
Cuadro 19. Superficie municipal con alto potencial edafoclimático para el cultivo de arroz (<i>Oryza sativa</i> L.) en el estado de Campeche.....	42
Cuadro 20. Rendimiento potencial (t ha ⁻¹) para el cultivo de arroz (<i>Oryza sativa</i> L) en los municipios del estado de Campeche.....	42



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Superficie cultivada de arroz en temporal y riego en México en el año 2010.....	10
Figura 2. Metodología simplificada de la zonificación agroecológica para el cultivo de arroz.....	32

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Ubicación geográfica de las estaciones meteorológicas en el estado de campeche.....	49
Anexo 2. Requerimientos agroclimáticos óptimos y absolutos para el desarrollo del cultivo de arroz (<i>Oryza sativa</i> L.)	51
Anexo 3. Requerimientos edafológicos óptimos y absolutos para el desarrollo arroz (<i>Oryza sativa</i> L.).....	51
Anexo 4. Zonas con alto potencial agroclimático para el cultivo de arroz (<i>Oryza sativa</i> L.) en el estado de campeche.....	52
Anexo 5. Zonas con alto potencial edafológico para el cultivo de arroz (<i>Oryza sativa</i> L.) en el estado decampeche.....	53
Anexo 6. Zonas con alto potencial edafoclimático para el cultivo de arroz (<i>Oryza sativa</i> L.) en el estado de campeche.....	54



I. INTRODUCCIÓN

El arroz (*Oryza sativa* L.) es uno de los cereales más importante en la alimentación humana, tanto a nivel mundial como en América Latina y el Caribe (LAC), según el USDA (2004) es uno de los tres cereales más cultivados en el mundo, cerca de la mitad de la población mundial lo consume. De acuerdo a cifras proporcionadas por la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y Alimentación (FAO), para 2009 se reportaron 115 países arroceros, siendo el continente Asiático el que concentra 89% de la superficie mundial cultivada de arroz y 90% de la producción de arroz en el mundo, mientras que América y África solo producen 6% y 4%, respectivamente. En este contexto, México ocupa el sexagésimo tercer lugar en área cosechada y el quincuagésimo primero en producción.

El arroz en México es uno de los productos que forma parte de la canasta básica, al igual que el frijol; sin embargo, el arroz presenta la ventaja de rendir 50 raciones por kilo y prepararse en 30 minutos, mientras que un kilo de frijol rinde 30 raciones y requiere de una a dos horas de cocción, esta ventaja ha hecho que el arroz sea una de las mejores alternativas para combatir el hambre.

El cultivo del arroz en nuestro país ocupa, en cuanto a superficie, producción y consumo, el tercer lugar de los cereales, después del maíz y el trigo; se siembra en dos regiones agroclimáticas que se diferencian fundamentalmente por sus regímenes termopluviométricos y las fuentes de suministro de agua para satisfacer sus necesidades, las cuales son muy altas dada la fisiología de la planta (CMA, 2009).

Estas dos regiones son el trópico seco que, por su baja precipitación requiere del suministro artificial de agua mediante riego durante todo el ciclo de cultivo; el trópico húmedo en cambio, se caracteriza por sus altas precipitaciones que son además irregulares durante el año, por lo que el cultivo se realiza en condiciones



de temporal, con excepción de algunas zonas en donde se cuenta con infraestructura para aplicar riegos de auxilio, sobre todo en la época de la canícula o sequía “intraestival” (CMA, 2009).

Pocos estudios se han realizado recientemente para determinar zonas con alta aptitud productiva o de zonificación agroecológica en México, que indiquen, además de las áreas óptimas, su rendimiento potencial.

Actualmente se ha demostrado que factores climáticos como la temperatura, radiación solar y viento tienen influencia sobre el rendimiento del arroz, ya que afectan el crecimiento de la planta y los procesos fisiológicos relacionados con la formación de grano. Estos factores están relacionados también, indirectamente, con el daño causado por plagas y enfermedades (Chaudhary *et al.*, 2003).

Ante tal escenario, el Gobierno del estado de Campeche, en conjunto con algunas instituciones de investigación, se propuso identificar las zonas de alto potencial para el cultivo del arroz, a través de la zonificación agroecológica, la cual brinda a los productores de arroz información confiable a través de la cual es factible generar estrategias para un mejor uso de la tierra y redditibilidad del cultivo.

II. OBJETIVOS

- Realizar la zonificación del cultivo de arroz (*Oryza sativa* L.) en el estado de Campeche mediante la determinación de zonas con alta potencialidad productiva.
- Elaborar un mapa donde se indiquen las zonas con alta potencialidad productiva para el cultivo de arroz (*Oryza sativa* L.) en el estado de Campeche.



III. ORIGEN DEL ARROZ

Se cree que el arroz es originario del sur de la India, donde se encuentra la mayor variabilidad genética y condiciones favorables para su desarrollo (Angladette, 1969). El género *Oryza* comprende 23 especies conocidas (Ge *et al.*, 1999) distribuidas en las regiones tropicales y subtropicales de todo el mundo, siendo *Oryza sativa* L., de origen asiático, y *Oryza glaberrima* Stend, de origen africano, las únicas cultivadas. La primera especie se ha distribuido en el mundo, mientras que la otra está circunscrita a África (Angladette, 1969).

IV. CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA DEL ARROZ

El arroz es una gramínea autógama, que crece con mayor facilidad en los climas tropicales (Gramene, 2007; González, 1985), cuya clasificación es:

Reino: Plantae

Subreino: Tracheobiontas

División: Magnoliophyta

Clase: Monocotiledónea

Orden: Cyperales

Familia: Poaceae (Gramineae)

Tribu: Oryzae

Género: *Oryza*

V. DESCRIPCIÓN BOTÁNICA DEL ARROZ

El arroz es una gramínea anual, de tallos redondos y huecos, hojas de lámina plana unidas al tallo por la vaina; su inflorescencia es una panícula. El tamaño de la planta varía de 0.4 m (enanas) hasta más de 1.2 m (flotantes) (González, 1985).



5.1 Tallo

Se compone de nudos y entrenudos. Cada nudo lleva una hoja y un capullo que puede desarrollarse en un vástagos o retoño. El entrenudo maduro es hueco y estriado; tiene longitud variable, generalmente aumenta de los entrenudos más bajos a los más altos. Los retoños se desarrollan a partir del tallo principal en orden alterno, los primarios en los nudos más bajos, produciendo rebrotos secundarios y éstos, terciarios.

5.2 Panojas

La panoja es un grupo de espiguillas nacidas en el nudo superior del tallo, el nudo situado entre el entrenudo superior del tallo y el eje principal es su base. Esta última aparece con frecuencia como un anillo ciliado y se utiliza para medir la longitud del tallo y de la panoja.

La rama primaria de la panoja se divide en ramas secundarias y, a veces, terciarias, estas últimas sostienen las espiguillas. Las ramas pueden estar solitarias o en parejas. La panoja permanece erecta en el momento de la floración; pero, por lo común, en las espiguillas se llenan, maduran y forman los granos.

5.3 Espiguillas

La espiguilla individual está formada por dos "glumas externas" (lemas estériles) muy pequeñas, todas las demás partes florales se encuentran entre ellas o por encima de ellas. Crecen sobre el pedicelo, que las conecta con la rama de la panoja. Todas las partes de la planta que se encuentran por encima de las "glumas externas" que se denominan colectivamente flósculo. Este último consiste en la cubierta dura que se convierte en dos brácteas llamadas lema y pálea, la flor completa se encuentra entre ellas. Consta de seis estambres y un pistilo. Los estambres se componen de anteras bicelulares, nacidas sobre filamentos



delgados, mientras que el pistilo consiste de ovario, estilo y estigma. En la base de la flor se encuentran dos pequeñas estructuras transparentes que se conocen como lodículas.

5.4 Grano

El grano de arroz corresponde al ovario maduro, lema, palea y raquilla. La lema y la pálea, con sus estructuras asociadas, constituyen la cáscara, y pueden retirarse mediante la aplicación de una presión giratoria. El grano de arroz descascarado (cariópside) se conoce en el comercio como arroz café y debe su nombre al pericarpo de color marrón (o de otro color) que lo cubre.

El embrión se encuentra en el lado ventral de la espiguilla junto a la lema. El resto de la cariópside está ocupado por el endospermo amiláceo. Adyacente al embrión se encuentra un punto llamado ojo, que marca el punto de inserción de la cariópside a la pálea. Otra cicatriz situada en el extremo de la cariópside, indica la base del estílo.

VI. PAÍSES PRODUCTORES DE ARROZ

De acuerdo a cifras proporcionadas por la FAO, en 2009 se cultivaron en el mundo 158,300,068 hectáreas de arroz, con una producción de 685,240,469 toneladas (Cuadro 1) y un rendimiento mundial de 4.33 t ha^{-1} .

De los 115 países reportados como productores de arroz, India, China, Indonesia, Bangladesh y Tailandia concentran 68% de la superficie cultivada, y el 80% de la producción, junto con Vietnam y Myanmar; 29.6% de los países reportados tiene un rendimiento superior a 4.33 t ha^{-1} , destacando China e India con rendimientos de 10 y 9 t ha^{-1} , respectivamente.



Cuadro 1. Países que cultivan arroz a nivel mundial (producción en toneladas).

PAÍS	PROD.	PAÍS	PROD.	PAÍS	PROD.
China	196681170	Cuba	563600	Camerún	70000
India	133700000	Guyana	553500	Togo	69721
Indonesia	64398900	Rep. Dominicana	551365	Bhután	66393
Bangladesh	47724000	Senegal	502104	Honduras	44883
Vietnam	38895500	Bolivia	395651	Bulgaria	43441
Myanmar	32682000	Ghana	391440	Zambia	41929
Tailandia	31462900	Nicaragua	334516	El Salvador	40188
Filipinas	16266400	Rep. del Congo	320000	Centroáfrica	39110
Brasil	12651800	Kazajstán	307000	Kenia	37198
Japón	10592500	Liberia	292983	Marruecos	31302
Pakistán	10324500	Australia	270000	Etiopía	25000
E.U.A.	9972230	México	263028	Guatemala	23449
Camboya	7586000	Costa Rica	256460	Sudán	22500
Egipto	7500000	Panamá	241525	Kirguistán	20710
Corea	7023000	Paraguay	219800	Belice	20615
Nepal	4523690	Burkina Faso	213584	Comoras	20465
Madagascar	4005250	Grecia	205000	Níger	20117
Rep.Dem. Popular Lao	3144800	Uganda	181000	Angola	14291
Perú	2989590	Iraq	173074	Hungría	11722
Colombia	2985220	Portugal	159000	Fiji	11637
Malasia	2510000	Benin	150604	Guayana	9212
Rep.D.Corea	2336000	Guinea-Bissau	150000	Islas Salomón	4434
Irán	2253420	Ucrania	142900	Azerbaiyán	4353
Malí	1950810	Francia	138035	Sudáfrica	2848
Ecuador	1579410	Malawi	135988	Trinidad y Tobago	2456
Italia	1500000	Chad	130700	Congo	1612
Guinea	1499000	Haití	128250	Gabón	1437
Argentina	1334160	Chile	127311	B. Darussalam	1371
Tanzania	1334000	Turkmenistán	125000	Papua Nueva Guinea	800
Venezuela	1330000	Timor-Leste	120775	Zimbabве	415
Uruguay	1287200	Rwanda	111076	Argelia	277
Rusia	912970	Mozambique	104285	Reunión	174
Turquía	750000	Burundi	78432	Jamaica	2
TOTAL			158, 300,068 ha		

Fuente: FAOSTAT, 2011



Cuadro 2. Rendimientos de arroz en países productores ($t\ ha^{-1}$).

PAÍS	REND	PAÍS	REND	PAÍS	REND.
Egipto	10.00	Bangladesh	4.20	Burkina Faso	2.32
Australia	9.00	Rep. de Corea	4.11	Malí	2.31
EUA	7.94	Myanmar	4.09	Guayana francesa	2.27
Turquía	7.78	Costa Rica	4.06	Haití	2.23
Rwanda	7.70	Ecuador	4.00	Togo	2.22
Uruguay	7.63	Suriname	3.75	Bolivia	2.20
Rep. de Corea	7.60	Benín	3.74	Papua Nva Guinea	2.17
España	7.54	Sri Lanka	3.74	Panamá	2.16
Perú	7.40	Malasia	3.73	Malawi	2.13
Tayikistán	7.40	Uzbekistán	3.67	Trinidad y Tobago	2.12
El Salvador	6.90	Filipinas	3.59	Argelia	1.92
Argentina	6.88	Pakistán	3.58	Etiopía	1.90
China	6.58	Sudán	3.57	Nigeria	1.90
Japón	6.52	Kazajstán	3.54	Côte d'Ivoire	1.88
Italia	6.29	Afganistán	3.39	Guinea-Bissau	1.79
Ucrania	5.83	Kirguistán	3.30	Guinea	1.72
Francia	5.71	Burundi	3.27	Kenia	1.70
Portugal	5.70	Islas Salomón	3.27	Zambia	1.64
Yugoslava	5.58	India	3.19	Liberia	1.61
Colombia	5.50	Iraq	3.15	Centroafricana	1.50
Rumania	5.43	Timor-Leste	3.10	Sierra Leona	1.50
Chile	5.38	Swazilandia	3.06	Tanzania	1.47
Venezuela	5.32	Rep.Dominicana	3.03	Níger	1.43
Federación de Rusia	5.14	Fiji	2.87	Uganda	1.31
Indonesia	5.00	Tailandia	2.87	Brunei Darussalam	1.29
Honduras	4.94	Camboya	2.84	Gambia	1.08
México	4.85	Reunión	2.81	Camerún	1.00
Nicaragua	4.54	Bhután	2.80	Chad	0.98
Belice	4.50	Guatemala	2.80	Comoras	0.94
Brasil	4.41	Sudáfrica	2.72	Rep. del Congo	0.76
Hungría	4.32	Cuba	2.61	Mozambique	0.74
Mauritania	4.32	Guyana	2.58	Congo	0.71
Paraguay	4.25	Azerbaiyán	2.53	Angola	0.59
Somalia	4.24	Ghana	2.41		
Irán	4.21	Gabón	2.38		
RENDIMIENTO MUNDIAL		4.33 t ha⁻¹			

Fuente: FAOSTAT, 2011



Los países con mayor superficie y producción se encuentran en el continente Asiático, en donde se localiza 89% de la superficie mundial cultivada de arroz y que produce 90% del arroz del mundo, América y África sólo producen 6 y 4%, respectivamente. En este contexto, México ocupa el sexagésimo tercer lugar en área cosechada (54,230 ha), el quincuagésimo primero en producción (263,028 t) y el trigésimo primero en rendimiento (4.85 t ha^{-1}) (Cuadro 2).

En América, la FAO reporta 27 países dedicados al cultivo de arroz, con un rendimiento de 5.15 t ha^{-1} , el cual está por arriba del promedio mundial, figurando Brasil y Estados Unidos de América como los mayores productores en el continente, México ocupa el decimocuarto lugar (FAOSTAT, 2011).

VII. SUPERFICIE CULTIVADA Y RENDIMIENTOS DE ARROZ POR ESTADO Y A NIVEL NACIONAL

En México se cultivan 50,204 ha de arroz, de las cuales 57% se cultiva en temporal y 43% en riego (Figura 1); el rendimiento promedio obtenido es de 5.19 t ha^{-1} , obteniéndose los mayores rendimientos en riego (6.07 t ha^{-1}) y el menor en la de temporal (3.61 t ha^{-1}) (SIAP, 2011).

El SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera) reportó que en el año 2010, 14 estados cultivaron arroz, de éstos sólo dos lo realizaron completamente en temporal (Oaxaca y Tabasco) y cinco exclusivamente con riego (Jalisco, México, Morelos, Sinaloa y Tamaulipas), los restantes bajo las dos modalidades; Campeche es el estado con la mayor superficie destinada a este cultivo con 14,175 ha, seguido por los estados de Veracruz (8,611.15 ha), y Nayarit (8,481.07 ha); mientras que el estado con menor superficie cultivada de arroz es México (84 ha).



En México la superficie cultivada de arroz de temporal en los últimos años ha presentado alta variaciones, de 2005 a 2007 hubo un incremento de 39%. Sin embargo, en 2008, ésta disminuyó en 34% con respecto al año anterior, tendencia que continuó hasta 2010, año que, comparado con 2005 tuvo 38% menos de superficie cultivada y 55% menos que el año 2007, año con la mayor superficie sembrada de arroz dentro de este período (Cuadro 3).

Cuadro 3. Superficie cultivada de arroz (ha) por Estado y a nivel Nacional en la modalidad de temporal.

ESTADOS	AÑOS					
	2005	2006	2007	2008	2009	2010
CAMPECHE	13,123.00	20,537.00	18,392.00	10,374.00	12,891.00	4,944.00
CHIAPAS	516.00	520.00	789.50	1,368.00	711.00	539.00
COLIMA	185.00	1,388.00	1,400.00	1,670.00	1,348.00	1,455.00
GUERRERO	110.00	119.00	165.00	119.00	120.00	120.00
MICHOACÁN	95.00	120.00	0.00	0.00	-	-
NAYARIT	577.00	610.00	755.00	715.00	760.00	1.50
OAXACA	540.00	75.00	20.00	230.00	220.00	975.00
QUINTANA ROO	200.00	0.00	276.50	500.00	150.00	420.00
TABASCO	11,962.50	14,188.50	15,853.00	8,919.00	10,123.50	5,846.00
VERACRUZ	7,192.00	8,497.00	10,145.00	7,886.00	7,984.00	7,129.00
TOTAL	34,500.50	46,054.50	47,796.00	31,781.00	34,307.50	21,429.50

Fuente: SIAP, 2011

En el mismo cuadro se pude apreciar que tres de los estados del sur siembran 63% del arroz de temporal; en orden de importancia son: Veracruz (7,129 ha), Tabasco (5,846 ha) y Campeche (4,944 ha). La siembra con riego se lleva a cabo en doce entidades federativas, siendo Campeche (9,231 ha) el que destina la mayor superficie a su cultivo (Cuadro 4).

Los rendimientos promedio de arroz a nivel nacional en temporal se han mantenido constantes. Sin embargo, existen estados donde los rendimientos son superiores o bien duplican al promedio nacional, como Colima donde se reportan 7 t ha⁻¹ para 2008 (Cuadro 5). Bajo riego, el menor rendimiento se reportó en el año



2005. Los rendimientos más altos alcanzados son de 9.98 y 9.09 t ha⁻¹, para Morelos y Michoacán, respectivamente (Cuadro 6).

Cuadro 4. Superficie cultivada de arroz (ha) por Estado y a nivel Nacional en la modalidad de riego

ESTADOS	AÑOS					
	2005	2006	2007	2008	2009	2010
CAMPECHE	5,736.00	6,656.00	7,171.00	3,950.00	5,371.00	9,231.00
CHIAPAS	0.00	0.00	0.00	38.00	230.00	60.00
COLIMA	3,359.50	1,756.50	1,711.00	1,561.00	851.00	1,156.00
GUERRERO	392.71	426.00	70.00	156.00	516.00	466.00
JALISCO	1,703.00	1,036.00	1,043.00	1,010.00	2,187.00	2,637.00
MÉXICO	91.00	91.00	68.00	45.00	93.00	84.00
MICHOACÁN	5,329.75	4,521.75	3,165.50	4,108.50	5,658.00	3,470.00
MORELOS	1,471.60	2,061.90	1,031.70	1,330.10	1,419.40	1,436.00
NAYARIT	7,300.50	5,460.50	5,647.50	3,597.66	4,383.65	7,506.07
SINALOA	1,002.00	1,525.50	1,159.00	634.00	1,164.00	219.00
TABASCO	763.00	586.00	1,635.00	-	785.00	-
TAMAULIPAS	982.00	1,709.00	1,198.00	1,199.00	1,424.00	1,027.27
VERACRUZ	1,978.91	1,939.98	1,840.02	2,243.93	2,382.38	1,482.15
TOTAL	30,109.97	27,770.13	25,739.72	19,873.19	26,464.43	28,774.49

Fuente: SIAP, 2011

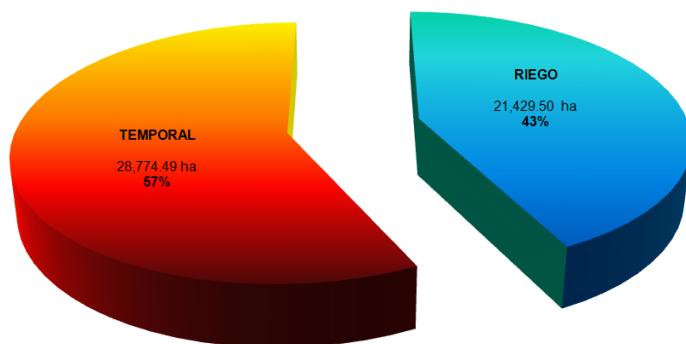


Figura 1. Superficie cultivada de arroz en temporal y riego en México en el año 2010.



En Campeche se cultivaron 14,175 ha en 2010, con una producción total de 40,674.5 toneladas y un rendimiento de 3.73 t ha⁻¹. 65% de la superficie cultivada se siembra con riego y 35% restante en temporal, con mayor rendimiento y producción en el primero (Cuadro 7).

Cuadro 5. Rendimiento de arroz (t ha⁻¹) por Estado y a nivel Nacional en la modalidad de temporal

ESTADOS	AÑOS					
	2005	2006	2007	2008	2009	2010
CAMPECHE	3.08	3.33	2.53	2.45	2.58	2.76
CHIAPAS	2.24	2.05	2.78	2.61	2.80	2.37
COLIMA	6.70	5.95	6.18	7.00	4.00	6.00
GUERRERO	2.91	2.55	4.60	2.6	2.58	1.95
MICHOACÁN	4.00	5.00	0.00	-	-	-
NAYARIT	5.46	6.06	5.40	5.72	5.24	5.69
OAXACA	4.84	4.40	3.50	4.74	5.39	4.46
QUINTANA ROO	0.00	0.00	3.60	1.96	3.69	-
TABASCO	3.39	3.43	3.26	2.39	3.38	2.82
VERACRUZ	4.44	4.37	3.68	4.17	4.25	3.72
TOTAL	3.56	3.66	3.18	3.19	3.34	3.61

Fuente: SIAP, 2011

Cuadro 6. Rendimiento estatal y nacional de arroz (t ha⁻¹) en riego.

ESTADOS	AÑOS					
	2005	2006	2007	2008	2009	2010
CAMPECHE	3.89	4.13	3.67	4.58	4.84	4.10
CHIAPAS	0.00	0.00	0.00	5.00	3.50	3.50
COLIMA	6.29	5.55	4.65	6.12	4.54	6.08
GUERRERO	7.69	7.58	8.00	7.81	7.61	6.98
JALISCO	4.94	5.33	4.78	5.23	5.12	5.83
MÉXICO	8.76	8.76	7.99	8.18	8.80	6.95
MICHOACÁN	9.22	9.20	9.22	7.29	8.58	9.09
MORELOS	10.24	10.31	9.84	10.18	9.99	9.98
NAYARIT	5.21	5.09	5.19	4.8	5.30	5.36
SINALOA	8.92	8.64	9.17	8.76	5.40	8.5
TABASCO	4.57	4.25	4.01	-	4.00	-
TAMAULIPAS	6.57	6.52	6.50	6.15	6.55	5.84
VERACRUZ	8.91	8.77	9.19	8.44	8.25	9.00
TOTAL	6.53	6.54	5.87	6.41	6.48	6.07



Cuadro 7. Superficie sembrada (SS), producción (P) y rendimiento (R) del cultivo de arroz en los municipios de Campeche en 2010.

MUNICIPIO	TEMPORAL			RIEGO		
	SS	P	R	SS	P	R
CAMPECHE	620.00	2,201.00	3.55	-	-	-
CHAMPOTÓN	1,424.00	97.00	1.08	1,925.00	4,268.50	3.10
ESCÁRCEGA	2,900.00	5,996.00	2.61	906.00	4,562.00	5.04
PALIZADA	-	-		6,400.00	23,550.00	4.19
	4,944.00	8,294.00	2.76	9,231.00	32,380.50	4.10

Fuente: SIAP, 2011.

VIII. REQUERIMIENTOS CLIMÁTICOS DEL CULTIVO DE ARROZ

El arroz es un cultivo de zonas tropicales y subtropicales, se concentra en las de clima húmedo. En territorios templados depende de las condiciones de temperatura y radiación solar. La temperatura óptima debe fluctuar entre 32 y 42°C (Ospina y Aldana, 2001)

Las temperaturas de germinación varían de 10 a 35°C, la óptima es de alrededor de 30°C; por encima de los 40°C la semilla no germina. En presencia de oxígeno en el suelo el sistema radical se desarrolla más rápidamente que el aéreo; lo contrario sucede cuando el terreno se encuentra cubierto de agua. El crecimiento del tallo, hojas y raíces requiere una temperatura mínima de 7°C, considerándose 23°C como óptima. A temperaturas superiores las plantas crecen más rápidamente pero los tejidos son demasiado susceptibles al ataque de enfermedades (Guerrero, 1990).

La temperatura mínima para la floración es de 15°C y la óptima de 30°C. Por encima de 50°C no hay floración. Las temperaturas críticas para el crecimiento y desarrollo del arroz se muestran en el Cuadro 8 (Yoshida, 1981).

**Cuadro 8.** Temperaturas críticas de las etapas de crecimiento del cultivo de arroz.

ETAPAS DE DESARROLLO	TEMPERATURAS CRÍTICAS (°C)		
	MÍNIMA	MÁXIMA	ÓPTIMA
Germinación	10	45	20-35
Emergencia y establecimiento de plántulas	12-13	35	25-30
Enraizamiento	16	35	25-28
Elongación de las hojas	7-12	45	31
Amacollamiento	9-16	33	25-31
Iniciación de la panícula	15		
Diferenciación de la panícula	15-20	38	
Floración	22	35	30-33
Maduración	12-18	30	20-22

Fuente: FAO-ECOCROP, 2010

En cuanto a la precipitación, lo más importante es la distribución de las lluvias; siendo adecuado un promedio diario de 10 mm hasta la etapa de llenado de grano. Requiere una radiación solar entre 250 a 350 cal/cm²/día. La época de siembra debe programarse de tal manera que se eviten vientos fuertes que puedan afectar las hojas y causar aborto en las flores. La humedad relativa adecuada debe ser superior a 80%.

IX. REQUERIMIENTOS EDAFOLÓGICOS DEL CULTIVO DE ARROZ

Las características de los suelos sobre los cuales el arroz crece son tan diversas como las variables climáticas a las que está expuesto. La textura varía desde suelos arenosos hasta arcillosos, el pH oscila entre 3 y 10, el contenido de materia orgánica de 1 a 50%, el contenido de sales de 0 a 1% (De Datt y Fever, citado por De La Garza, 1979).

En general, el arroz se adapta a muchas condiciones ambientales, excepto a los imperativos hídricos del cultivo (Angladette, 1975), no obstante, la fertilidad del suelo es de gran importancia, aun cuando con frecuencia se enriquece a los



suelos pobres utilizando agua para riego con gran cantidad de materia en suspensión; para un buen desarrollo radical del arroz se requiere aproximadamente 20 a 25 cm de profundidad. El arroz expresa sus mayores rendimientos en suelos ligeramente ácidos, con pH de 5 a 6 (Ochse *et al.*, 1982).

Para Ustimenko (1982) y Santos *et al.* (1982) la principal exigencia edáfica del arroz son los altos contenidos de materia orgánica y arcilla, ya que éstos poseen elevada capacidad de retención de agua.

X. TECNOLOGÍA DE PRODUCCIÓN DEL CULTIVO DE ARROZ

El manejo agronómico del cultivo de arroz descrito en el presente documento está basado en la guía para la asistencia agrícola en el cultivo del arroz en Tabasco, elaborado por Contreras *et al.* (1991).

10.1 Preparación del terreno en sistema de temporal

10.1.1 Barbecho

Se debe barbechar a una profundidad de 20 a 30 cm con la finalidad de incorporar los residuos de la cosecha anterior, así como exponer los huevecillos y las larvas de insectos a la acción del medio ambiente.

10.1.2 Rastreo

Dos semanas después del barbecho se dan dos pasos de rastra; el segundo en sentido perpendicular al primero; sin embargo, si el suelo está seco, posiblemente es necesario dar más de dos rastreos, con el fin de desmenuzar los terrones para facilitar la siembra.



10.1.3 Nivelación del terreno

Para evitar encharcamientos y acarreo de la semilla es conveniente nivelar el terreno, con lo cual se obtiene mejor distribución del agua de las lluvias y una germinación uniforme.

10.1.4 Bordo

Se sugiere que los bordos sean de 20 cm de alto y de 60 a 70 cm de ancho con un desnivel entre bordos no mayor de 10 cm, con lo que también se reduce la erosión de los suelos. En caso de que grandes volúmenes de agua se almacenen debido a lluvias constantes o posibles desbordamientos de los ríos aledaños, es importante desalojar el exceso de agua, por lo que conviene mantener los drenes limpios.

10.2 Método de siembra

Ya sea en seco o en húmedo, la siembra puede efectuarse en forma directa, al “voleo” o en líneas con sembradora terrestre.

10.2.1 Siembra al voleo

Consiste en esparcir la semilla sobre el terreno; en áreas pequeñas se puede hacer a mano; en áreas de mediana superficie se utiliza un tractor equipado con sembradora centrífuga tipo ciclón, para superficies extensas y compactas se puede usar avión. Para la siembra al “voleo” a mano o con equipo terrestre se utilizan 100 kg de semilla por hectárea, si se usa equipo aéreo se emplean de 110 a 120 kg. En los tres casos la semilla se tapa con un paso de rastra ligera.

10.2.2 Siembra en líneas

Esta labor se efectúa con máquinas sembradoras de cereales pequeños. Para este tipo de siembra es necesario que el suelo esté seco y mullido; la distancia adecuada de los chuzos es de 30 cm entre líneas, y la profundidad a que se deposita la semilla es de 3 cm, se sugieren 80 kg de semilla por hectárea para este tipo de siembra.



10.3 Control de malezas

Por su efectividad y facilidad de aplicación, el uso de los productos químicos es el método más utilizado para el control de malezas en el cultivo del arroz. El control químico, está basado en el empleo de herbicidas selectivos, que son sustancias que modifican o inhiben los procesos fisiológicos de las plantas susceptibles, occasionándoles trastornos como clorosis, necrosis, inhibición del crecimiento y, eventualmente, la muerte.

A nivel mundial existen por lo menos 40 productos químicos que pueden utilizarse en arroz; a las dosis y estado de desarrollo del arroz recomendados estos herbicidas no causan toxicidad al arroz, o bien esta es mínima y tolerada por el cultivo y no afecta el rendimiento del grano. En México, los herbicidas más conocidos y utilizados para el control de las malezas en el arroz son: Paraquat y Glifosato, en pre-siembra, Oxidazón y Pendimetalina en preemergencia, y Propanil, 2, 4-D, Bentazón y Fenoxaprop-etil en post-emergencia.

La etapa crítica de competencia del cultivo con las malezas se presenta los 30 días posteriores a la germinación de las semillas, etapa en la que es conveniente mantener el cultivo libre de malezas.

Para que estas aplicaciones sean efectivas, es necesario diluir los herbicidas en 400 litros de agua por hectárea si se hace con equipo terrestre, ya sea con bomba de mochila o con tractor, y en 80 litros si la aplicación se hace con avión. La mezcla de Propanil+2,4D-Amina+Atlox 3069, se puede aplicar en postemergencia; la época propicia es cuando las malas hierbas tienen de dos a cuatro hojas y menos de 10 cm de altura.

Ronstar 25-CE puede utilizarse en preemergencia o cuatro días después de la siembra, pero antes de la germinación del cultivo y de la maleza; o en post-emergencia temprana, seis a ocho días después de la siembra, cuando la maleza tiene una a dos hojas. Cabe aclarar que este herbicida no controla las ciperáceas.



Para una mejor efectividad de los herbicidas es indispensable que el terreno esté húmedo, pero sin encharcamiento; en el caso de la aplicación postemergente es aconsejable que las aplicaciones se hagan cuando se tenga la seguridad de que no lloverá aproximadamente en 6 horas para evitar que el producto sea “lavado” por la lluvia.

Las principales malezas que compiten con el arroz, en condiciones de temporal son el camalote (*Paspalum fasciculatum*), coquillo (*Cyperus strigosus* L.), zacate pinto o de agua (*Echinochloa colonum* (L) Link), zacate carrillo (*Panicum fasciculatum* Sw.) y bledo (*Amaranthus* sp)

En superficies comerciales el control manual de maleza no es práctico ni económico, el uso de herbicidas funciona con mayor rapidez y eficacia.

10.4 Control de enfermedades

Las enfermedades más frecuentes que dañan al cultivo del arroz son la “quema” del arroz (*Magnaporthe grisea*) y la mancha café (*Helminthosporium oryzae*). Algunas medidas de control y prevención de la “quema” son: utilizar variedades resistentes, evitar altas densidades de siembra y dosis excesivas de fertilizantes nitrogenados, así como trazar curvas y bordos de contención de humedad. Para el control químico se sugiere la aplicación de fungicida Promil en dosis de 350 g ha⁻¹, o un litro ha⁻¹ de Hinosán o Kasumin; si la aspersión se hace en forma terrestre con bomba de mochila o con tractor, la mezcla se hará en 400 litros de agua, o en 80 si la aplicación se realiza con avión.

Conviene efectuar las aspersiones cuando 5% de plantas presente manchas de 1 a 2 cm de largo con 1-5% de la superficie foliar dañada; como prevención de la enfermedad, se sugiere hacer una aplicación de la misma dosis de fungicida en las panículas, cuando se cuente con el 5% de la floración. No se deben hacer fertilizaciones con nitrógeno antes de diez días de haber aplicado fungicidas.



Para prevenir el ataque de la mancha café, conviene aplicar adecuadamente las dosis de fertilizante, sobre todo cuando el cultivo muestra deficiencias de nitrógeno y potasio.

10.5 Selección, adecuación y preparación del terreno

10.5.1 La selección del terreno

Es una etapa fundamental ya que determina el grado de dificultad en el manejo del cultivo, la cantidad de agua para riego y el monto de la inversión para adecuarlo, los criterios para la selección pueden ser los siguientes:

- Suelo de textura arcillosa (Gleysol o Vertisol)
- Topografía plana.
- Disposición suficiente de agua.

10.5.2 La adecuación del terreno

Consiste en la nivelación, hasta alcanzar una pendiente de 50 cm por km (0.05%) eliminando las irregularidades de la microtopografía, la construcción de bordos con curvas de nivel de 50 a 60 cm de altura por 180 cm de base, con desnivel de 10 cm entre bordos, o melgas de 40 a 50 m de ancho por 100 a 150 m de longitud. Además, se requiere infraestructura para el manejo del agua, que pueden ser cajas de riego para entrada y salida del agua a las melgas, compuertas para canales, o plásticos y lonas para la misma operación.

10.5.3 La preparación de suelo

La preparación del terreno para la siembra puede ser en seco, como el caso del sistema de temporal, bajo inundación (fangueo) es posible realizarla cuando se cuenta con infraestructura para manejar el agua, en suelos ya nivelados. El equipo mecánico y la metodología pueden ser los siguientes:



- Tractor

De mediano a grande con enganche de tres puntos y, si es posible, de doble tracción; los sistemas de frenos y embrague deber estar sellados para evitar la entrada de fango y agua. Para reducir peso y aumentar flotabilidad, deben retirarse las pesas traseras y dejar solo las delanteras, así como sacar el agua de las llantas y reducir la presión de aire hasta dejarla entre 3 y 5 libras por pulgada cuadrada. Si se desea aumentar la flotabilidad, las llantas traseras originales se pueden cambiar por otras más anchas y altas.

- La Cuchilla o niveladora de tierra

Es una hoja pesada que se monta sobre el enganche de tres puntos del tractor, por lo que la profundidad de corte es regulada con el sistema hidráulico.

- Rastrillo

Está formado por un marco con una serie de dientes dispuestos con un ángulo perpendicular al terreno, que se sujeta por medio de cadenas, a una barra que se monta en el enganche de tres puntos del tractor.

El campo se inunda de dos a siete días antes de empezar la arada, dependiendo de la dureza del suelo y la cantidad de residuos de la cosecha anterior. El terreno se mantiene con una lámina de agua de aproximadamente 10 cm al momento del arado para que el lodo no se adhiera. Después del primer arado el terreno se mantiene con una lámina de agua de 1 a 2 cm, durante siete días si es posible, a fin de que las malas hierbas germinen y se puedan eliminar con el segundo paso.

Algunas veces un arado bien realizado es suficiente, lo cual evita el gasto de otro paso. El segundo arado se justifica principalmente cuando el primero se hizo muy superficial debido a la dureza del terreno, o cuando no se incorporaron bien los residuos de maleza o del cultivo anterior.



En caso de terrenos muy profundos, conviene realizar el primer arado en seco, para profundizar menos en el suelo y evitar problemas de atascamiento de la maquinaria al momento del segundo arado, rastrellado o cosecha.

En algunas ocasiones el terreno presenta ciertas partes altas que no logran mojarse plenamente, en este caso se debe utilizar la cuchilla o pala trasera, la cual efectúa pequeños cortes llevando suelo de las partes altas del terreno a las bajas.

10.6 Método de siembra

Se sugiere sembrar semilla pregerminada al “voleo” sobre el suelo fangoso sin o con lámina de agua, si ésta se drena totalmente en las siguientes 24 horas.

La pre-germinación consiste en dos pasos: la hidratación y la incubación; para la hidratación se colocan las semillas en seco, dejando espacio suficiente para que los granos aumenten de volumen, se colocan luego estos sacos en agua, ya sea en un recipiente, canal, arroyo, etc., por 24 horas, humedeciéndolos periódicamente para evitar que se sequen por completo.

La hidratación inicial y la incubación apresuran la germinación de las semillas, las cuales empiezan su desarrollo con la aparición del coleoptilo y la coleorriza. La semilla pre-germinada puede sembrarse cuando el coleoptilo tiene un tamaño aproximado de 3 a 5 mm.

10.7 Riego

El INIFAP ha determinado un calendario de riegos intermitentes de acuerdo con el ciclo fenológico del cultivo de arroz, el cual se presenta en el Cuadro 9.

Cuando la preparación del suelo es por fangueo tendrá que aumentarse lo correspondiente a una lámina de 20 cm aproximadamente que será utilizada en la preparación.



Cuadro 9. Calendario de riegos intermitentes de acuerdo al ciclo fenológico del cultivo de arroz.

NUMERO DE RIEGOS Y ENTABLES	DÍAS TRANSCURRIDOS	INTERVALO DE RIEGO	LÁMINA DE RIEGO (CM)	ETAPA FENOLÓGICA DEL CULTIVO
Riego de germinación			20	Siembra
Primer riego	5	5	12	Germinación
Segundo riego	11	6	12	
Tercer riego	19	8	12	
Cuarto riego	30-35	11-15	12	Amacollamiento
Quinto riego	95-55	15-20	12	
Primer entable	60-75	7-7	17	Inicio de formación de panícula
Segundo entable	74-89	7-7	17	Embuche
Sexto riego	84-99	10-10	12	Floración
Séptimo riego	94-120	10-10	12	Llenado del grano
Total			138	1380 mm

Fuente: Contreras, (1991).

10.8 Cosecha

La cosecha se debe realizar cuando el grano contenga 20 al 25% de humedad; un indicativo de madurez es cuando los granos de la mitad superior de la panícula adquieren una consistencia dura y clara al descascararse con la mano, y las de la base están en la etapa inicial de endurecimiento. Se sugiere cosechar cuando el rocío de la mañana en el grano y hojas haya desaparecido.

Antes de realizar la cosecha, conviene revisar al cultivo cada tercer día para confirmar la maduración de los granos, ya que si la cosecha se retrasa puede mermar su calidad.



XI. MATERIAL GENÉTICO Y VARIEDADES DE ARROZ

Actualmente en México se ofrecen 12 variedades de arroz para cultivo a nivel comercial liberadas por el INIFAP, con excepción de Milagro Filipino, la cual fue formada y liberada en 1966 por el Instituto Internacional de Investigaciones del Arroz (IRRI).

Los programas de mejoramiento genético de arroz del INIFAP trabajan de manera permanente buscando genotipos que superen a los actualmente cultivados en una o más características, como el mayor rendimiento de grano en campo o en la industria, mayor resistencia a plagas y enfermedades, o mayor adaptación a nuevos sistemas de establecimiento, entre otros.

XII. PRODUCTOS Y SUBPRODUCTOS DEL ARROZ

El principal producto de la cadena agroalimentaria es el arroz tradicional, que según el nivel económico del consumidor es utilizado para la alimentación como sopa o guarnición de guisados más elaborados, en sus diferentes presentaciones de calidad.

El arroz integral, que es el primer producto después del descascarillado, se usa en la alimentación naturista, por no haber sido pulido contiene mayor proporción de proteína, toda la grasa, fibra y vitaminas del complejo “B”.

La cascarilla del arroz se utiliza, junto con el pulido, para la elaboración de alimentos balanceados que se proporcionan al ganado. El granillo se utiliza para la elaboración de grits como fuente de fermentación para la producción de cerveza; también para la preparación del licor de arroz conocido como Sake. Además se le dan otros usos como son la fabricación de cosméticos, almidón y talcos medicinales (Cuadro 10).

**Cuadro 10.** Usos del arroz.

Tradicional con sumo en fresco	Sopas
Arroz Integral	Paella
Harinas de Arroz	Grits para Cervecería
Postres	Cereales para el Desayuno
Aceite de Arroz	Polvos faciales
Almidón	Licor (Sake)
Bebidas (concentrados líquidos y Polvos)	Horchatas
Pasteles fermentados	Arroz inflado "golosina"
Papel de arroz	Panes, galletas,
Vinagre	

Con el granillo o grano quebrado se pueden elaborar harinas y concentrados líquidos o en polvo para la fabricación de horchatas. Mediante procesos industriales se obtiene aceite de arroz.

La industria de alimentos elabora productos que facilitan, a las amas de casa, la preparación del arroz que utilizan como sopa en diferentes presentaciones, tales como, arroz impegable y arroz precocido que requieren poco tiempo de cocción; arroz de cocción rápida, que prácticamente solo se calienta en microondas y arroz con leche.

Todos los productos mencionados tienen, por la aplicación de ciertas acciones, ya sea de presentación como de transformación, un valor agregado que le deja al industrial excelentes ganancias.

Por otra parte, en México el arroz llega al consumidor mediante la participación de 1001 proveedores que están dados de alta en el Sistema de Información Empresarial (SIEM), disponible en: www.siem.gob.mx.



XIII. MERCADO DEL ARROZ

En el Cuadro 11 se enlistan los principales países importadores de arroz, con y sin cáscara. A nivel internacional México destacó en 2008 por ser el primer país importador de arroz con cáscara con 716, 491 t. Mientras que Corea y Reino Unido figuran como los principales importadores de arroz sin cáscara (Cuadro 11).

Cuadro 11. Países importadores de arroz con cáscara en 2008.

PAÍS	CANTIDAD (Toneladas)	VALOR (1000\$)	VALOR UNITARIO (\$/t)
MÉXICO	716491	312900	437
NICARAGUA	137969	72951	529
HONDURAS	103999	46914	451
COSTA RICA	102594	47376	462
PANAMÁ	96535	38513	399
BANGLADESH	84290	17602	209
GUATEMALA	76388	36423	477
EL SALVADOR	71098	31132	438
ITALIA	46766	35710	764
TURQUÍA	45307	19823	438
BRASIL	44411	16988	383
ARABIA SAUDITA	40300	36306	901
VENEZUELA	36969	22472	608
JAMAICA	28907	16141	558
TIMOR-LESTE	27000	5300	196
GAMBIA	19521	4617	237
PAÍSES BAJOS	19471	13413	689
FILIPINAS	13000	11000	846
CUBA	12621	7726	612
YEMEN	11919	11811	991

Fuente: FAOSTAT, 2011



Cuadro 12. Países importadores de arroz sin cáscara en 2008.

PAÍS	CANTIDAD (Toneladas)	VALOR (1000\$)	VALOR UNITARIO (\$/t)
REPÚBLICA DE COREA	261414	162384	621
REINO UNIDO	243053	265564	1093
BÉLGICA	181952	163287	897
PAÍSES BAJOS	170170	154418	907
FRANCIA	130870	123054	940
MALASIA	128962	74612	579
ALEMANIA	128606	114825	893
BRASIL	117954	53298	452
ITALIA	103254	91030	882
PORTUGAL	98104	60594	618
TERRITORIO PALESTINO	88000	52945	602
ESPAÑA	66092	52126	789
CANADÁ	63182	43045	681
JAMAICA	55220	46731	846
GAMBIA	31653	6533	206
ESTADOS UNIDOS DE AMÉRICA	28087	39219	1396
HAITÍ	27843	21101	758
CHINA	23196	12612	544
FIJI	22373	13329	596
POLONIA	21795	16931	777

Fuente: FAOSTAT, 2011



Cuadro 13. Países exportadores de arroz con cáscara en 2008.

PAÍS	CANTIDAD (Toneladas)	VALOR (1000\$)	VALOR UNITARIO (\$/t)
ESTADOS UNIDOS DE AMÉRICA	1801030	744440	413
PARAGUAY	28735	9705	338
FRANCIA	23397	12977	555
CHINA	22438	39643	1767
BRASIL	17595	8060	458
GRECIA	12678	7491	591
INDIA	11473	4447	388
ITALIA	11353	8466	746
ESPAÑA	10437	6749	647
URUGUAY	8505	3171	373
EGIPTO	7878	2173	276
ARGENTINA	7353	5418	737
BULGARIA	6079	3378	556
FEDERACIÓN DE RUSIA	5015	1922	383
MYANMAR	2888	567	196
PAÍSES BAJOS	2451	2081	849
INDONESIA	1801	345	192
YEMEN	1713	1353	790
COLOMBIA	1479	1842	1245
PORTUGAL	1185	529	446

Fuente: FAOSTAT, 2011



Cuadro 14. Países exportadores de arroz sin cáscara en 2008.

PAÍS	CANTIDAD (Toneladas)	VALOR (1000\$)	VALOR UNITARIO (\$/t)
ESTADOS UNIDOS DE AMÉRICA	338943	207282	612
TAILANDIA	293649	181566	618
URUGUAY	163837	91003	555
CHINA	145486	70615	485
ITALIA	106073	97053	915
ARGENTINA	100312	46662	465
GUYANA	68201	50315	738
ESPAÑA	46456	43532	937
SURINAME	22663	14004	618
NÍGER	22265	7984	359
ALEMANIA	15175	14409	950
BRASIL	13955	11261	807
FRANCIA	13530	13761	1017
BÉLGICA	12747	18739	1470
BULGARIA	9837	7588	771
GRECIA	9495	7496	789
AUSTRALIA	6939	4038	582
PAÍSES BAJOS	5261	7647	1454
YEMEN	3775	1967	521
BANGLADESH	3352	2523	753

Fuente: FAOSTAT, 2011



Cuadro 15. Compañías que importan arroz en México.

COMPAÑÍA	CONTACTO	DIRECCIÓN	TELÉFONO
Comercial Sámano SA de CV	Celestino Sámano	Bodega H-14, Central de abastos, Iztapalapa, 09040 México D.F.	5694-2121 5694-1232
Compañía General de Víveres SA de CV	Gilberto Montemayor	Av. La Juventud #200, Frac. Futuro Nogalar, San Nicolás de La Garza, Nuevo León, 66480, México.	(8)3-53-83-11 3-53-89-91
Empacadora de Semillas Zaragoza SA de CV	Gustavo Canime	Calz. Ignacio Zaragoza 1166 Local B, Col. Pantitlán, 08100, México DF	5756-7500 5558-0024
Empacadora La Merced SA de CV	José Francisco del Cojo	Av. Central 162, Fracc. Esfuerzo Nacional, 55320 Xalostoc, Edo. de México	5788-2088 5569-1952
Empacados SA de CV	Pedro A. Chapa	Av. Los Ángeles 2200-C Ote. Col. Mariano Escobedo, 64510 Monterrey, Nvo. León	(8)3-51-00-33 3-51-92-45 3-51-52-69
Empacamex SA de CV	Armando Rodríguez	Av. Centro Industrial 11, Col. San Francisco Chilpa, 54946 Tultitlan, Edo. de México	5311-5705 5311-5790
Arrocera de Occidente SA de CV	Sr. Carlos Alfonso Cuan Gil	Prol. Vallarta 7475, Km 10 Carr. a Nogales, 45010 Zapopan , Jalisco	(3)6-82-00-83 6-82-02-39 6-82-05-38
Casa Guemes SA de CV	Ángel Guemes	Bodega H-32A, Central de abastos, Iztapalapa, 09040 México DF	5694-0343 5694-4603
Casa Castillo	Sr. Salvador Castillo	Bodega H-44A, Central de abastos, Iztapalapa, 09040 México DF	5694-1199 5694-2278
Comercial Bojorge	Sr. José Antonio Bojorge Ruiz	Bodega D-18, Central de abastos, Iztapalapa, 09040 México DF	5694-0583 5694-4693
Comercial San Francisco SA de CV	Sr. Rafael Bojorge Ruiz	Bodega E-47, Central de abastos, Iztapalapa, 09040 México DF	5694-4474 5694-3018 5694-0740
Granos y Semillas de México SA de CV	Sr. Luis Fernández	Bodega B-14, Central de abastos, Iztapalapa, 09040 México DF	5694-0103



Continuación del cuadro 15. Compañías que importan arroz en México.

COMPAÑÍA	CONTACTO	DIRECCIÓN	TELÉFONO
Granos Selectos SA de CV	Sr. Luis Montemayor	Pedro C. Negrete 1313, Col. Industrial, 64440 Monterrey Nvo. León	(8)3-75-46-56 3-75-56-97
Matanzo SA	Sr. Agustín Matanzo	4 Poniente No. 1504, 7200 Puebla, Puebla	(2)2-46-21-66 2-46-20-40
Industrial y Comercial de Sinaloa SA de CV	Sr. Sergio Esquer	Km. 3.5 Carretera a Navolato Culiacán, Sinaloa México	(67)14-24-20 14-31-73
Industrial de Valle del Fuerte SA de CV	Sr. Francisco Echavarría	Km. 164.5 Carretera Internacional Guasave Sinaloa. México	(681)7-00-03 7-01-08 7-02-09
Industrias Corerepe SA de CV	Sr. Alfonso Penunuri	Ignacio López Rayón y 10 de Mayo, Los Mochis Sinaloa, México	(682)2-17-28 2-19-30 2-10-53
Arrocera del Noreste de los Mochis SA de CV	Sr. Mario Esquer	Km. 911 Ferr. Chich al Pacífico, Los Mochis Sinaloa, México	(681)2-94-40 2-08-56
Arrocera de Córdoba	Sr. Luis Torre	Av. 1 No. 2701, Córdoba Veracruz, México	(271)2-11-09
Arrocera del Trópico SA de CV	Sr. José Javier Salazar	Km. 340 Carretera a Veracruz, Córdoba Veracruz, México	(271)2-60-22 4-43-87
Grupo Empresas Veracruzanas SA de CV	Sr. Eulogio Espinoza	Calle 11 No. 930 Córdoba Veracruz, México	(271)2-10-95 2-64-74
Ignacio Amieva y Cia., S de RL y CV	Sr. Ignacio Amiev	Calle 21 No. 512 Córdoba Veracruz, México	(271)2-00-09 4-23-09
Industrializadora de Productos Agrícolas	Sr. Manuel Rodríguez	Km. 51 Carretera La Tinaja, Cd. Alemán la Granja, Veracruz, México	(274)3-01-96 3-18-50
Arrocera de Morelos SA de C	Sr. Eduardo Morales	Hidalgo No. 6 Centro, Puente de Ixtla, Morelos México	(734)4-00-10 4-01-55

Fuente: http://www.usarice.com.mx/interes_importadores.htm



Continuación del Cuadro 15. Compañías que importan arroz en México.

COMPAÑÍA	CONTACTO	DIRECCIÓN	TELÉFONO
Arromex SA de CV	Sr. José Sotero Ruiz	Carretera Palenque la Libertad Km. 4 Palenque Chiapas, México	(934)5-04-77 05/04/1994
Arroceros Asociados de Tamaulipas SA de CV	Sr. Luis Bueno Cuan	Km. 553 Carretera Nacional México-Laredo, Ciudad Mante, Tamaulipas, México	(123)2-15-07 2-55-04
Industrial Arrocera y Comercial El Progreso SA de CV	Sr. Héctor Cuan	Mojonera No. 1380, Col. Morelos 44910, Guadalajara Jalisco, México	(36)12-02-32 12/08/2012 11-42-57
Mercantil Covadonga SA de CV (MERCובה)	Sr. Antonio González	Av. Tomas Alva Edison 10, Col. Santa Clara, 55540 Ecatepec, Edo. de México	5776-2122 5776-2184 5776-1777
Operadora Comercial La Morelense SA de CV	Sr. Patricio Garcia	Zona 1 Sector 2 Nave 2 Bodega 11-44B, Central de abastos, Iztapalapa, 09040 México DF	5694-1714 5694-3306
Semillas La central SA de CV	Sr. Roberto Gladin	Bodega D-2 y D-4, Central de abastos, Iztapalapa, 09040 México DF	5694-3248 5694-7481
Semillas Selectas la Barata SA de CV	Sr. Francisco Buenrostro	Bodega C-17 y C-29, Central de abastos, Iztapalapa, 09040 México DF	5694-0518 5694-2844
Víveres Abascal SA de CV	Sr. Javier Abascal	Bodega E-29, Central de abastos, Iztapalapa, 09040 México DF	5694-0795 5694-0715

Fuente: http://www.usarice.com.mx/interes_importadores.htm



XIV. DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA METODOLOGÍA

Para la identificación de las zonas potenciales para el cultivo de arroz (*Oryza sativa* 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 arroz (*Oryza sativa* 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).

En la Figura 2 se esquematiza de manera sucinta la metodología de la zonificación agroecológica (FAO, 1981) para el cultivo de arroz (*Oryza sativa* L.) en el estado de Campeche.

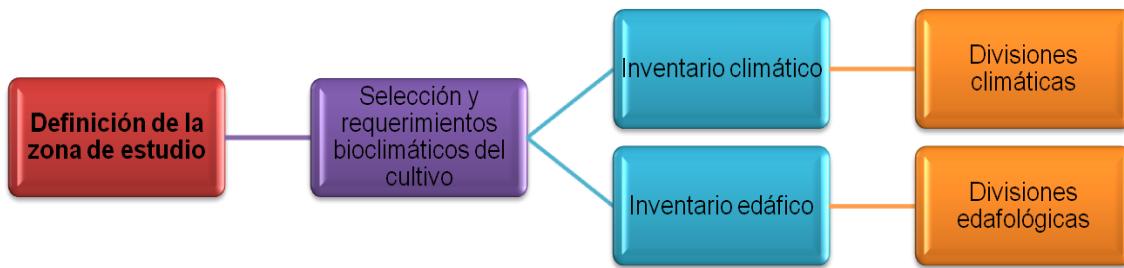


Figura 2. Metodología simplificada de la zonificación agroecológica para el cultivo de arroz.

El esquema de la Figura 2 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 físicoedáfico 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).



XV. REQUERIMIENTOS BIOCLIMÁTICOS DEL CULTIVO DE ARROZ

Las variables principales que se consideraron para determinar las zonas con alto potencial productivo en el cultivo de arroz 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 16). 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 16. Variables seleccionadas para definir áreas potenciales para el cultivo de arroz en el estado de Campeche.

VARIABLE CLIMÁTICAS	VARIABLE 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.

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 arroz (*Oryza sativa* L.).



15.1 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.

15.1.1 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.

15.1.2 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 arroz. 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.

15.2 Inventario edafológico

15.2.1 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 arroz. Se seleccionaron estas variables por considerar que son las 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.

15.3 Fuentes de información

15.3.1 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).

15.3.2 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.



15.3.3 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 arroz, las cuales se denominan áreas con alto potencial productivo.

XVI. ESTIMACIÓN DE RENDIMIENTO POTENCIAL PARA EL CULTIVO DE ARROZ (*Oryza sativa* 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 arroz 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)

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

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).

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

Donde:

Expresada en (kg ha⁻¹).

bgm = Tasa máxima de producción de biomasa bruta para un IAF ≥ 5 (kg ha⁻¹ d⁻¹) se calcula mediante la ecuación (3)

$$bgm = F \cdot b_0 + (1 - F) \cdot b_c$$

Expresada en (kg ha⁻¹ d⁻¹)

(3)

Donde:

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

b₀= Tasa de fotosíntesis bruta en días completamente nublados (kg ha⁻¹ d⁻¹) (P_m = 20 kg ha⁻¹ 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 (kg ha⁻¹ d⁻¹) (P_m = 20 kg ha⁻¹ h⁻¹). Se obtiene de Tablas, entrando con el valor de la latitud de la localidad en cuestión.

b₀ y **b_c** son valores diarios y en cultivos cerrados (IAF ≥ 5)

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



Donde:

Ac= 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 (**Ac**), (**b₀**) y (**b_c**) para diferentes latitudes que reporta de manera tabulada FAO, (1978), para una fotosíntesis máxima (Pm) de 20 kg ha⁻¹ h⁻¹, fueron ajustados a modelos de regresión por Campos (1996). Utilizando éhos modelos, se desarrolló un macro de Excel por los autores del presente trabajo, que calcula dichos valores a nivel diario, con 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 de 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_{foto}**), la cual se obtiene con la ecuación (5).

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

(5)

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)



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

Donde:

IAF = Índice de área foliar utilizado fue 3.1 (Jing *et al.*, 2007)

N= Duración del ciclo del cultivo (130 días).

C_t = Coeficiente de respiración (R_m). Este coeficiente se calcula con la ecuación (7).

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

C₃₀= 0.0108 para el cultivo de arroz.

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 (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 (HI=0.54) del cultivo de arroz. El valor de Hi fue calculado con los datos reportados por Ying *et al* (1998).

Finalmente se desarrollan los mapas para zonas con potencial climático, zonas con potencial edafológico y zonas con potencial edafoclimático para el cultivo de arroz (*Oryza sativa* L.) en el estado de Campeche.



XVII. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Con base en el estudio realizado, se encontró que el estado de Campeche cuenta con una superficie total de 496,086 hectáreas con alto potencial agroclimático para el cultivo de arroz (*Oryza sativa* L.). Es decir, el cultivo se puede establecer en un 9% de la superficie total del estado. La zona con mayor potencial agroclimático se localiza en los municipios de Palizada y Carmen (Anexo 4, zonas coloreadas de verde).

Cuadro 17. Superficies potenciales (ha y %) para el cultivo de arroz (*Oryza sativa* L.) en el estado de Campeche.

CULTIVO	SUPERFICIE CON POTENCIAL AGROCLIMÁTICO		SUPERFICIE CON POTENCIAL EDAFOLÓGICO		SUPERFICIE CON POTENCIAL EDAFOCLIMÁTICO	
	ha	(%)*	ha	(%)*	ha	(%)*
Arroz	496,086	9	1, 596,027	29	157,317	3

*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, 596,027 hectáreas (Anexo 5), es decir, 29% de la superficie del estado cuenta con suelos aptos para el cultivo de arroz. En el Cuadro 18 se enlistan las 17 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) tienen la mayor superficie, al representar conjuntamente el 73% del total del suelo apto.



Cuadro 18. Superficie (ha) de las subunidades de suelos aptos para el cultivo de arroz en el estado de Campeche.

Subunidad	Superficie (ha)
Cambisol Gléyico (Húmico, Arcílico)	39,201.72
Fluvisol Gléyico (Éutrico)	19,298.21
Gleysol Háplico (Húmico, Arcílico, Nóvico)	19,059.29
Gleysol Háplico (Calcárico, Húmico, Arcílico)	13,004.00
Gleysol Hístico (Calcárico, Sódico)	3,389.15
Gleysol Mólico (Calcárico, Sódico)	43,064.10
Gleysol Mólico (Calcárico, Arcílico)	624,854.48
Gleysol Mólico (Calcárico, Arcílico, Nóvico)	40,982.10
Gleysol Mólico (Calcárico, Húmico, Arcílico)	107,223.02
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 (Húmico)	103,750.05
Vertisol Gléyico (Éutrico)	107,809.87

Al considerar tanto los requerimientos agroclimáticos como edafológicos para el cultivo de arroz se identificó una superficie con alto potencial para este cultivo de 157,317 hectáreas, es decir un 3% de la superficie total (Anexo 6, superficie en color naranja). Esta superficie se encuentra ubicada entre los municipios de Carmen y Palizada (Cuadro 19).

Aunque también es importante mencionar que el manejo del cultivo también representa un factor que contribuye al rendimiento óptimo del cultivo, y a la sustentabilidad ambiental.



Cuadro 19. Superficie municipal con alto potencial edafoclimático para el cultivo de arroz (*Oryza sativa* L.) en el estado de Campeche.

MUNICIPIO	SUPERFICIE EDAFOCLIMÁTICA POTENCIAL PARA EL CULTIVO DE ARROZ (ha)
Carmen	108,746
Palizada	48,571
TOTAL	157,317

El cálculo del rendimiento potencial para el cultivo de arroz (expresado en materia seca) en los distintos municipios del estado de Campeche se muestra en el Cuadro 20. En los 11 municipios pertenecientes al estado es posible alcanzar un buen rendimiento potencial en el cultivo de arroz, de estas cifras destacan los de los municipio de Tenabo con 8.81 t ha^{-1} , Escárcega y Palizada con 8.73 t ha^{-1} , valores que superan al rendimiento potencial promedio del estado 8.55 t ha^{-1} . También las cifras de otros municipios como Carmen, Hecelchakán y Candelaria superan al rendimiento promedio estatal. Los menores rendimientos potenciales corresponden a los municipios de Champotón y Calkiní con 8.28 t ha^{-1} , además de Calakmul con 8.34 t ha^{-1} .

Cuadro 20. Rendimiento potencial (t ha^{-1}) para el cultivo de arroz (*Oryza sativa* L) en los municipios del estado de Campeche.

MUNICIPIO	RENDIMIENTO POTENCIAL (materia seca) (t ha^{-1})
Calakmul	8.34
Calkiní	8.28
Campeche	8.52
Candelaria	8.58
Carmen	8.65
Champotón	8.28
Escárcega	8.73
Hecelchakán	8.63
Hopelchén	8.54
Palizada	8.73
Tenabo	8.81
Rendimiento promedio	8.55

Elaboración propia con resultados del estudio realizado en esta obra



XVIII. CONCLUSIONES

Del presente este estudio se desprende las siguientes conclusiones:

- El estado de Campeche cuenta con una superficie con alto potencial agroclimático de 496,086 hectáreas para el cultivo de arroz (*Oryza sativa* L.).
- El estado de Campeche cuenta con una superficie de 1, 596,027 hectáreas con alto potencial edafológico para el cultivo de arroz (*Oryza sativa* L.).
- El estado de Campeche cuenta con una superficie de 157,317 hectáreas para el cultivo de arroz (*Oryza sativa* L.), la cual satisface los requerimientos de clima y suelo para el desarrollo del cultivo.
- El cultivo de arroz se puede establecer en temporal en al menos 3% de la superficie del estado de Campeche. Si se introduce riego de auxilio, las condiciones edafológicas favorables corresponden a casi 29% de la superficie del estado. Este porcentaje es casi la superficie potencial que Campeche tiene para cultivar arroz con un alto potencial productivo.
- Los principales municipios con áreas potenciales para el cultivo de arroz (*Oryza sativa* L.) son Carmen y Palizada.
- En el estado de Campeche el cultivo de arroz tiene un rendimiento potencial promedio de 8.55 t ha^{-1} .
- En general, los valores de los rendimientos potenciales del cultivo de arroz en seis municipios del Estado de Campeche se encuentran por arriba del rendimiento promedio potencial (8.55 t ha^{-1}).
- De los rendimientos potenciales calculados destaca el obtenido para el municipio de Tenabo (8.81 t ha^{-1}).



XIX. BIBLIOGRAFÍA

Aceves-Navarro, L.A.; A. Arrieta-Rivera y J.L. Barbosa-Olán. 2008. Manual de AGROCLIM 1.0. Colegio de Postgraduados. H. Cárdenas, Tabasco, México. 28p.

Angladette, A. 1969. El Arroz. Editorial Blume. Barcelona, España. pp. 45-76.

Angladette, A. 1975. El Arroz. Editorial Blume. Barcelona, España. pp. 258-310.

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

CMA (Consejo Mexicano del Arroz). 2009. Arroz en México. Disponible en:http://www.consejomexicanodelarroz.com/CMA/HISTORIA_DL_ARROZ.htm

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.

Contreras, L. A.; F . Márquez C. y A. Hernández L. 1991. Guía para la asistencia agrícola en el cultivo de arroz en Tabasco. Instituto Nacional de Investigación Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). Centro de Investigaciones Forestales y Agropecuarias de Tabasco. Campo Experimental Huimanguillo. Folleto para productores No. 3. 21p.

Chaudhary, R. C.; J. Nanda S. y D. Tran V. 2003. Guía para Identificar las Limitaciones de Campo en la Producción de Arroz. Comisión Internacional del Arroz. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación Roma.73p.



De La Garza, G.R. 1979. Respuesta del arroz (*Oryza sativa* L) bajo condiciones de temporal a los fertilizantes y densidad de siembra en la cuenca baja del río Papaloapan. Tesis de Maestría en Ciencias. Colegio de Postgraduados. Chapingo México. 78p.

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).1977. Zonificación Agro-ecológica. Boletín de Suelos de la FAO 73.

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 No. 48. Rome, Italia.

FAO. 1994. ECOCROP 1. The adaptability level of the FAO crop environmental requirements data base. Version 1.0 .AGLS. FAO. Rome, Italy. Disponible en: www.ecocrop.fao.org/ecocrop/srv/en/cropFindForm.

FAOSTAT. 2011. Food and Agriculture Organization of the United Nations. En línea: <http://faostat.fao.org>.[Consultado el 12 de agosto de 2011].

Fischer, G.; J. Granat, y M. Makowski. 1998. AEZWIN An interactive multiple-criteria analysis tool for land resources appraisal. World Soil Resources Reports 87. Food and Agriculture Organization of the United Nations. International Institute for Applied Systems Analysis .91p.



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

Ge, S.; T. Sang; B.LuyD. Hong. 1999. Phylogeny of rice genomes with emphasis on origins of allotetraploid species. J.ProcNatlAcadSci (96): 14400-14405.

González, F. J. 1985. El arroz: Origen, Taxonomía y Anatomía de la planta de arroz (*Oryza sativa* L.). Investigación y producción. Referencias de los cursos de capacitación sobre arroz dictados por el centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) Editado Por Tascón J. E; García, D. E (1985). pp. 47-62.

Gramene, 2007. http://www.gramene.org/species/oryza/rice_taxonomy.html.

http://www.consejomexicanodelarroz.com/CMA/ARROZ_EN_MEXICO.html

Guerrero, G. A. 1990. El suelo, los abonos y la fertilización de los cultivos. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid, España. 206p.

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

Jing, Q.; J. Dai; D.Jiang; Y. Zhu y and W. Cao. 2007. Spacial distribution of leaf area index and leaf N content in relation to grain yield and nitrogen uptake in rice. PlantProductionScience. Vol. 10.(1). 136-145

Ochse, J. J.; M. J. Soule; M. J. Dijkman y C. Wehlburg. 1982. Cultivos y Mejoramientos de Plantas Tropicales y Subtropicales. Vol. II. Limusa. México. pp.1348-1349.



Ospina, J. y H. Aldana. 2001. Enciclopedia Agropecuaria, Producción Agrícola. Tomo 1. Terranova. 45p.

Osuna, C.F.J. 2001. Fundamento de la producción de arroz. Instituto Nacional de Investigación Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). Centro de Investigación Regional del Centro. Campo Experimental Zacatepec. Folleto científico No. 1. 46p.

Santos G.; G. Flores y D. Colorado. 1982. Manual de producción de arroz en el estado de Tabasco. Folleto para productores No. 2. SARH-INIA-CIAGOC. Campo Agrícola Experimental Huimanguillo Tabasco. 43p.

SIAP. 2011. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. Anuario Estadístico de la Producción Agrícola. Disponible In: http://www_siap.gob.mx.

SIEM, (Sistema de Información Empresarial Mexicano). 2009. Disponible en: www_siem.gob.mx

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

Tijerina-Chávez L.; C.Ortiz-Solorio; D. Pájaro-Huertas ;E. Ojeda-Trejo. ; L. A. Aceves-Navarro y O.Villalpando-Barriga. 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.

USDA. 2004. National Nutrient Database for Standard Reference, Release 16-1. Disponible en: http://www.nal.usda.gov/fnic/cgi-bin/nut_search.pl.



Ustimenko, B. G. 1982. El Cultivo de Plantas Tropicales y Subtropicales. MIR. Moscú. pp. 35-48.

Ying, Y.; S.Peng; Q.He; H. Yang; Ch. Yang; R.M. Visperas and K. G Cassman. 1998. Comparison of high-yield rice in tropical and subtropical environments. I. Determinants of grain and dry matter yields. Field crops Research.(57)71-84.

Yoshida, S. 1981. Fundamentals of rice cropscience. Los Baños. Laguna. Filipinas. IRRI. 163p.

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

http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Oryza_sativa_Blanco1.10_2-cropped.jpg[21 de noviembre de 2011].



XX. 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	Dzibalchén, 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	Nilchí, 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.

ID	NÚMERO DE ESTACIÓN	NOMBRE	LONGITUD	LATITUD	ALTITUD
29	4053	Santa Cristina, Campeche	-90,381	19,815	10
30	4054	Chicbul, Cd. Del Carmen	-90,923	18,778	25
31	4056	Chumpán, Cd. Del Carmen	-91,508	18,213	20
32	4057	Mamantel, Cd. Del Carmen	-91,089	18,525	12
33	4058	Noh-Yaxché, Campeche	-89,742	20,004	30
34	4059	Tinún, Tenabo	-90,228	19,961	50
35	4060	Xbonil, Champotón	-90,166	18,635	60
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	Dzitbalché, Calkiní	-90,059	20,321	30
41	4071	Pocyaxum, 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	Kankí	-90,118	19,988	15
46	4076	Chunchintok	-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



Anexo 2. Requerimientos agroclimáticos óptimos y absolutos para el desarrollo del cultivo de arroz (*Oryza sativa* L.)

REQUERIMIENTO	OPTIMO		ABSOLUTO	
	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo
Temperatura (°C)	20	30	10	36
Precipitación anual (mm)	1500	2000	1000	4000
Temperatura critica (durante el reposo)			Sin registro	
Temperatura critica (durante el crecimiento temprano)			Sin registro	
Zona climática (clasificación de Köppen)	Tropical seco y húmedo (Aw), tropical muy húmedo (Ar), subtropical húmedo (Cf), subtropical con verano seco (Cs), subtropical con invierno seco (CW)			
Latitud	---	---	36	55
Fotoperiodo	Días neutrales (12 a 14 horas)			
Intensidad de la luz	Muy brillante	Muy brillante	Cielos nublados	Muy brillante
Altitud (m)	---	---	---	2500

Fuente: FAO-ECOCROP, 2011.

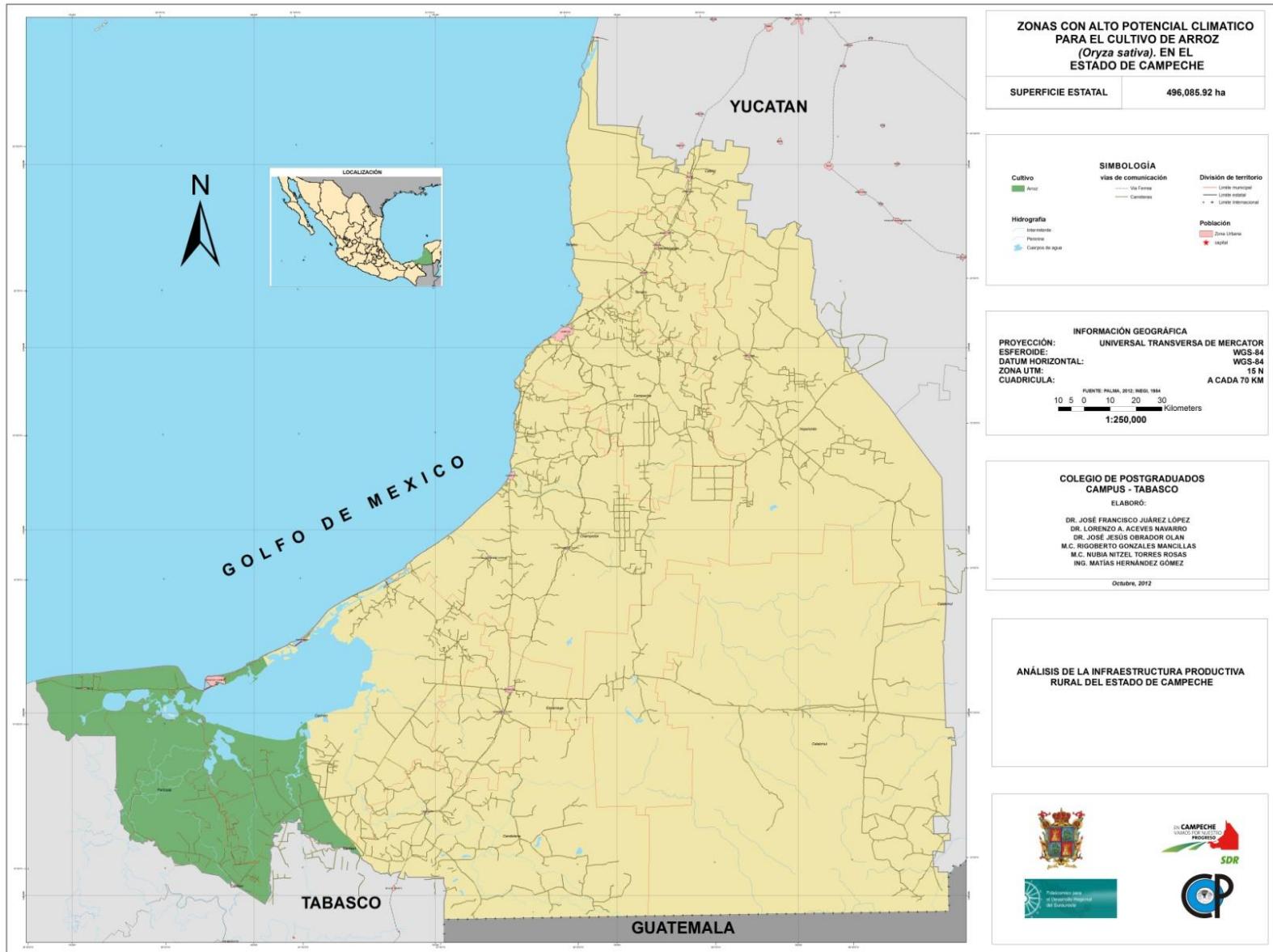
Anexo 3. Requerimientos edafológicos óptimos y absolutos para el desarrollo arroz (*Oryza sativa* L.).

REQUERIMIENTO	OPTIMO	ABSOLUTO
pH del suelo	5.5 a 7	4.5 a 9
Profundidad del suelo	Medianos (50 a 150 cm)	Poco profundos (20 a 50 cm)
Textura del suelo	Pesada	Pesada
Fertilidad del suelo	Alta	Moderada
Salinidad del suelo	Baja (<4 dS/m)	Baja (<4 dS/m)
Drenaje del suelo	Malo (saturado a más de 50% al año)	Malo (saturado a más de 50% al año)

Fuente: FAO-ECOCROP, 2011.

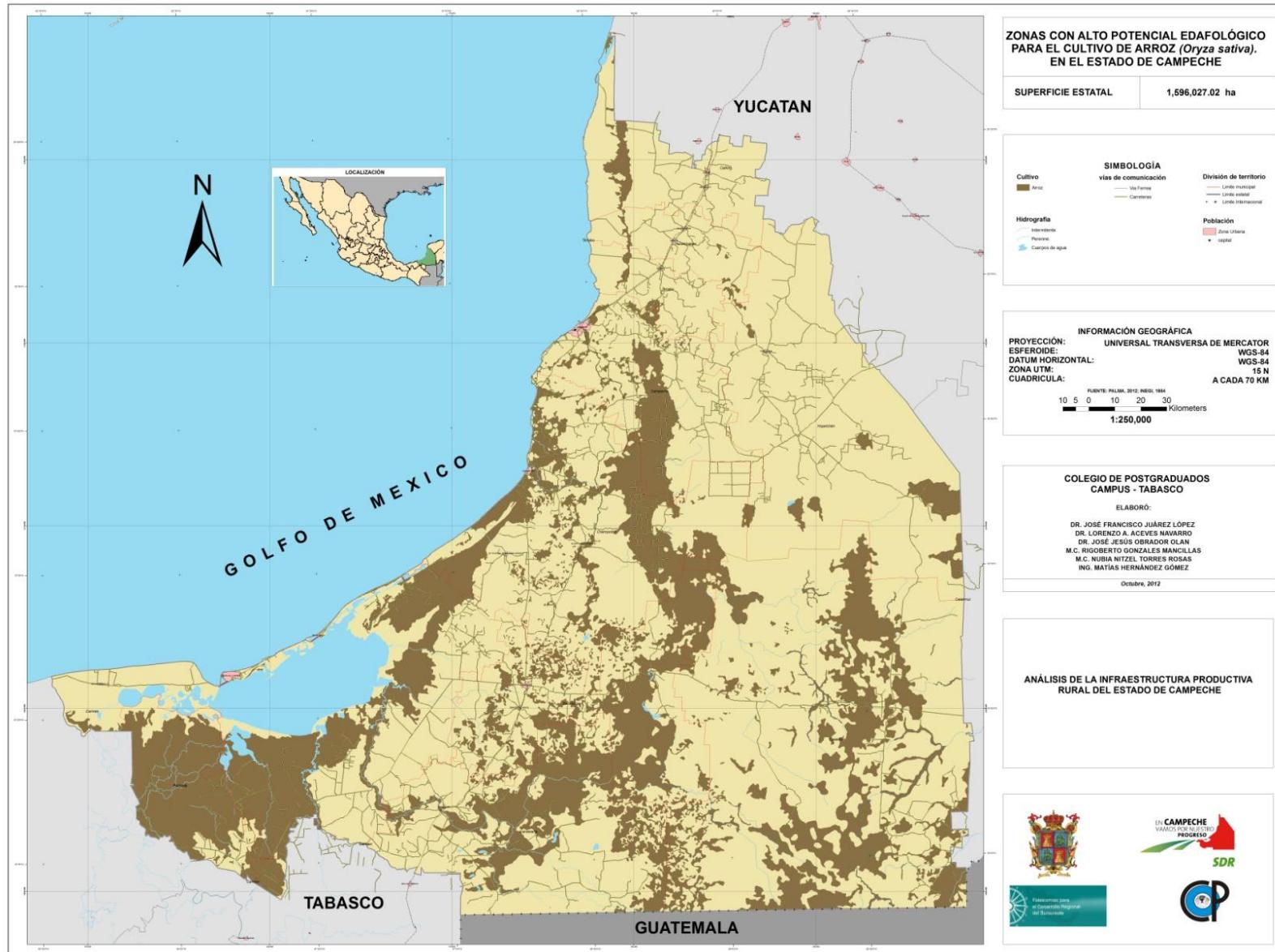


Anexo 4. Zonas con alto potencial agroclimático para el cultivo de arroz (*Oryza sativa* L.) en el estado de Campeche.





Anexo 5. Zonas con alto potencial edafológico para el cultivo de arroz (*Oryza sativa* L.) en el estado de Campeche.





Anexo 6. Zonas con alto potencial edafoclimático para el cultivo de arroz (*Oryza sativa* L.) en el estado de Campeche.

