



GOBIERNO DEL
ESTADO DE
TABASCO

SAGARPA



SECRETARÍA DE AGRICULTURA,
GANADERÍA, DESARROLLO RURAL,
PESCA Y ALIMENTACIÓN

ESTUDIO PARA DETERMINAR ZONAS DE ALTA POTENCIALIDAD DEL CULTIVO DE ARROZ (*Oryza sativa* L.) EN EL ESTADO DE TABASCO



SECRETARÍA DE
DESARROLLO AGROPECUARIO
FORESTAL Y PESCA



inifap
Instituto Nacional de Investigaciones
Forestales, Agrícolas y Pecuarias



Dr. Lorenzo Armando Aceves Navarro

Dr. José Francisco Juárez López

Dr. David Jesús Palma López

Dr. Rutilo López López

M.C. Benigno Rivera Hernández

Ing. Rigoberto González Mancillas

ÍNDICE DE CONTENIDO

I. INTRODUCCIÓN	1
II. OBJETIVOS	2
III. ORIGEN DEL ARROZ	2
IV. CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA DEL ARROZ	3
V. DESCRIPCIÓN BOTÁNICA DEL ARROZ	3
VI. RELACION DE PAÍSES QUE PRODUCEN ARROZ	5
VII. SUPERFICIE CULTIVADA Y RENDIMIENTOS DE ARROZ POR ESTADO Y A NIVEL NACIONAL	6
VIII. REQUERIMIENTOS CLIMÁTICOS DEL CULTIVO DE ARROZ	13
IX. REQUERIMIENTOS EDAFOLÓGICOS DEL CULTIVO DE ARROZ	14
X. TECNOLOGÍA DE PRODUCCIÓN DEL CULTIVO DE ARROZ	15
10.1. Preparación del terreno en sistema de temporal	15
10.2. Época de siembra	16
10.3. Método de siembra y densidad.....	16
10.4. Fertilización o abonado	16
10.5. Control de malezas	17
10.6. Control de plagas	19
10.7. Control de enfermedades	19
10.8. Sistema de producción de riego	20
10.9. Riego	24
10.9. Cosecha	25
XI. MATERIAL GENÉTICO Y VARIEDADES DE ARROZ	26
XII. PRODUCTOS Y SUBPRODUCTOS DEL ARROZ.....	27
XIII. MERCADO DEL ARROZ	28
XIV. DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA METODOLOGÍA	31
XV. SELECCIÓN Y REQUERIMIENTOS BIOCLIMÁTICOS DEL CULTIVO DE ARROZ	33
15.1. Inventario climático	34
15.2. División climática.....	34
15.1.2. Período de crecimiento	35

15.2.1. División edafológica.....	35
15.3. Fuentes de información	35
15.3.1. Información climática.....	35
15.3.2. Información edafológica	36
15.3.3. Información cartográfica	36
XVI. ESTIMACIÓN DEL RENDIMIENTO POTENCIAL PARA EL CULTIVO DE ARROZ	36
XVII. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	39
XVIII. CONCLUSIONES	42
XIX. BIBLIOGRAFÍA.....	44
XX. ANEXOS.....	50

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Países que se dedican al cultivo de arroz a nivel mundial y su producción en toneladas	5
Cuadro 2. Superficie cultivada de arroz por estado y a nivel nacional en la modalidad de temporal en hectáreas	7
Cuadro 3. Superficie cultivada de arroz por estado y a nivel nacional en la modalidad de riego en hectáreas	8
Cuadro 4. Rendimiento de arroz por estado y a nivel nacional en la modalidad de temporal (t ha ⁻¹)	9
Cuadro 5. Rendimiento de arroz por estado y a nivel nacional en la modalidad de riego (t ha ⁻¹)	10
Cuadro 6. Superficie cultivada de arroz por municipios y a nivel estatal en la modalidad de temporal en hectáreas	11
Cuadro 7. Superficie cultivada de arroz por municipios y a nivel estatal en la modalidad de riego en hectáreas	11
Cuadro 8. Rendimiento de arroz por municipio y a nivel estatal en la modalidad de temporal (t ha ⁻¹)	12
Cuadro 9. Rendimiento de arroz por municipio y a nivel estatal en la modalidad de riego (t ha ⁻¹)	12
Cuadro 10. Temperaturas críticas en diferentes etapas de crecimiento en el cultivo de arroz	13
Cuadro 11. Herbicidas, dosis por hectárea y época de aplicación sugerida para el control de maleza en el cultivo de arroz en Tabasco	19
Cuadro 12. Principales plagas que atacan al arroz, producto comercial para su control y dosis por hectárea de aplicación. INIFAP-Tabasco 1989	20
Cuadro 13. Calendario de riegos intermitentes de acuerdo al ciclo fenológico del cultivo de arroz	25
Cuadro 14. Variedades de arroz sugeridas para el cultivo en condiciones de riego en Tabasco y algunas características agronómicas	26

Cuadro 15. Comportamiento de las Importaciones de arroz por países del 2004 al 2010 en miles de toneladas	29
Cuadro 16. Compañías que importan arroz en México	30
Cuadro 17. Variables seleccionadas para definir áreas potenciales para el cultivo de arroz en el estado de Tabasco	33

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Superficie cultivada de arroz en México en la modalidad de temporal más riego	8
Figura 2. Metodología simplificada de la zonificación agroecológica para el cultivo de arroz	32
Figura 3. Superficie por municipio con alto potencial para cultivar arroz en el estado de Tabasco	41
Figura 4. Distribución geográfica de la superficie con alto potencial productivo para el cultivo de arroz en el estado de Tabasco	41

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Ubicación geográfica de las estaciones meteorológicas en el estado de Tabasco	51
Anexo 2. Requerimientos bioclimáticos del cultivo de arroz (FAO, 1994)	52
Anexo 3. Zonas con alto potencial climático para cultivar arroz en el estado de Tabasco	53
Anexo 4. Zonas con alto potencial edafológico para cultivar arroz en el estado de Tabasco	54
Anexo 5. Zonas con alto potencial edafoclimático para cultivar arroz en el estado de Tabasco	55
Anexo 6. Análisis químico de los suelos	56

I. INTRODUCCIÓN

El arroz (*Oriza sativa L.*) es uno de los tres cereales más cultivados en el mundo y cerca de la mitad de la población mundial lo consume (USDA, 2004). En México el arroz es más económico kilo por kilo, que otros productos de la canasta básica como el frijol. Asimismo, este cereal produce por kilo 50 raciones y es preparado en 30 minutos, mientras que un kilo de frijol rinde 30 raciones y requiere mínimo de una a dos horas de cocción, esta ventaja ha hecho que este cereal, 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 en los cereales, después del maíz y el trigo y se siembra en dos regiones agroclimáticas que se diferencian fundamentalmente por sus regímenes termo pluviométricos y las fuentes de suministro de agua para satisfacer sus necesidades hídricas, 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 del agua mediante el riego durante todo el ciclo del cultivo, y el trópico húmedo, caracterizado por altas precipitaciones que en términos generales son abundantes pero irregulares en cuanto al volumen de precipitación y distribución, por lo que el cultivo se realiza en condiciones de temporal, el cual depende de la lluvia, a excepción de algunas zonas en donde se cuenta con algo de infraestructura y consecuentemente aplican riegos de auxilio, sobre todo en la época de la canícula o sequía “intraestival” (CMA, 2009).

Sin embargo, hay que agregar, que existen muy pocos estudios recientes para determinar zonas con alta aptitud productiva o bien de zonificación agroecológica en México, que indiquen las áreas óptimas, con su respectivo rendimiento potencial.

Estudios recientes han demostrado que los factores climáticos tales como: 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 también afectan indirectamente el rendimiento, aumentando el daño causado por plagas y enfermedades (Chaudhary *et al.*, 2003).

Es por ello, que ante tal escenario el gobierno del estado, a través de las instituciones mencionadas en la hoja de presentación, realiza el presente estudio de zonificación agroecológica, con la finalidad de identificar las áreas con el mayor potencial productivo para el establecimiento del cultivo del arroz, por lo que se plantearon los siguientes objetivos.

II. OBJETIVOS

- ✚ Realizar la zonificación del cultivo de arroz (*Oriza sativa* L.) mediante la determinación de zonas con alta potencialidad productiva.
- ✚ Elaborar un mapa del estado de Tabasco donde se indiquen la(s) zonas con alta potencialidad productiva para el cultivo de arroz (*Oriza sativa* L.).

III. ORIGEN DEL ARROZ

El arroz se cree que es originario del sur de la India donde se encuentra la mayor variabilidad genética y las condiciones favorable para el desarrollo de esta especie (Angladette, 1969).

El género *Oriza* comprende 23 especies conocidas con diez tipos de genomas entre diploides y tetraploides (A, B, BC, C, CD, E, F, G, HJ, HK) (Ge *et al.*, 1999) distribuidas en la regiones tropicales y subtropicales de todo el mundo, siendo *Oriza sativa* L. de origen asiático y *Oriza glaberrima* Stend de origen africano las únicas cultivadas, la primera especie se ha distribuido en el mundo mientras que la otra solo está circunscrita en 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). Es una fanerógama del:

Reino: Plantae-plantas

Subreino: *Tracheobiontas*-plantas vasculares

Divison: *Magnoliophyta*-plantas de floración

Classe: *Liliopsida* o *Monocotiledóneas*

Orden: *Cyperales* o *glumiflora*

Familia: *Poaceae* o *Gramineae*

Género: *Oryza* L

Tribu: *Oryzae*

V. DESCRIPCIÓN BOTÁNICA DEL ARROZ

El arroz es una gramínea anual, de tallos redondos y huecos, compuesto de nudos y entrenudos, hojas de lámina plana unidas al tallo por la vaina y su inflorescencia es en panícula. El tamaño de la planta varía de 0.4 m (enanás) hasta más de 0.7 m (flotante) (González, 1985).

Tallo.

Se compone de nudos y entrenudos, en orden alterno. Lleva una hoja y un capullo que pueden desarrollarse para constituir un vástago o retoño. El entrenudo maduro es hueco y estriado. Tiene longitud variable, generalmente aumenta de los entrenudos más bajos a los más altos. Los entrenudos más bajos, en la base del tallo, son cortos y se van haciendo gruesos hasta formar una sección sólida; varían también en cuanto al grosor, los más bajos tienen mayor diámetro y espesor que los altos. Los retoños se desarrollan a partir del tallo principal en orden alterno. Los primarios se desarrollan en los nudos más bajos, produciendo rebrotes secundarios, a su vez, éstos producen los retoños terciarios.

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 de la panoja es la base de la panoja. Esta última aparece con frecuencia como un anillo ciliado y se utiliza para medir la longitud del tallo y de panoja.

La rama primaria de la panoja se divide en otras ramas secundarias y, a veces, terciarias. Estas últimas son las que llevan las espiguillas. Las ramas pueden estar dispuestas solas o por parejas. La panoja permanece erecta en el momento de la floración; pero, por lo común, se caen las espiguillas cuando se llenan, maduran y forman los granos.

Espiguillas.

La espiguilla individual, está formada por dos "glumas externas" (lemas estériles) muy pequeñas, y todas las demás partes florales se encuentran entre ellas o por encima de ellas. Crecen sobre el pedicelo, que las conectan con la rama de la panoja. Todas las partes de la planta que se encuentran por encima de las "glumas externas" se denominan colectivamente flósculo. Este último consiste en la cubierta dura que se convierte en lema y pálea (las "glumas") y la flor completa que se encuentra entre ellas.

La flor consta de seis estambres y un pistilo. Los estambres se componen de anteras bicelulares, nacidas sobre filamentos delgados, mientras que el pistilo consiste en el ovario, el estilo y el estigma. El estigma es una estructura plumosa nacida en el estilo que, a su vez, es una extensión del ovario. En la base de la flor se encuentran dos estructuras transparentes que se conocen como lodículos.

Grano.

El grano de arroz se compone del ovario maduro, lema, pálea 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 pericarpio 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 un punto de inserción de la cariópside a la pálea. Otra cicatriz situada en el extremo de la cariópside, indica la base del estilo.

VI. RELACIÓN DE PAÍSES QUE PRODUCEN ARROZ

FAO, (2009) en su portal <http://faostat.fao.org/site/636/default.aspx#ancor> de información menciona, que a nivel mundial el cultivo de arroz se práctica en 115 países, donde India, Indonesia y Bangladesh ocupan los primeros lugares con: 144,570,000 t; 57,157,436 t y 43,057,000 t respectivamente (Cuadro 1).

Cuadro 1. Países que se dedican al cultivo de arroz a nivel mundial y su producción en toneladas.

Países	Producción	Países	Producción	Países	Producción	Países	Producción
Afganistán	552,000	Costa de Marfil	606,310	Italia	1,493,200	Reunión	80
Angola	9,300	Cuba	439,600	Jamaica	2	Rumania	27,518
Argelia	300	Rep. Dominicana	748,986	Japón	10,893,000	Ruanda	60,000
Argentina	1,080,070	Ecuador	1,734,135	Kazajstán	294,350	Salomón, Is	5,700
Australia	163,000	Egipto	6,876,830	Kenia	47,256	Senegal	193,379
Azerbaiyán	3,575	El Salvador	31,540	Kirguistán	17,269	Sierra Leona	800,000
Bangladesh	43,057,000	España	737,600	Laos	2,710,050	Somalia	16,000
Belice	17,775	Estad Unidos	8,999,230	Liberia	231,800	Sri Lanka	3,131,000
Benín	72,960	Etiopía	11,244	Macedonia	15,355	Sudáfrica	3,200
Bután	74,438	Fed. Rusa	708,630	Madagascar	3,596,000	Sudán	23,000
Bolivia	369,141	Fiji, Islas	14,849	Malasia	2,197,700	Surinam	179,012
Brasil	11,060,700	Filipinas	16,240,194	Malawi	113,166	Suazilandia	170
Brunei Darism	1,200	Francia	87,700	Malí	1,082,384	Tailandia	32,099,401
Bulgaria	30,576	Gabón	1,100	Marruecos	33,150	Tanzania	1,341,835
Burkina Faso	123,000	Gambia	11,395	Mauritania	77,000	Tayikistán	52,109
Burundi	70,911	Ghana	242,000	México	294,697	Timor Oriental	41,386
Camboya	6,727,000	Grecia	184,243	Micronesia	100	Togo	74,843
Camerún	52,000	Guatemala	35,000	Mozambique	104,655	Trinidad y Tobago	2,450

Fuente: FAO, (2009)

Continuación del cuadro 1.

CentroAf, Rep.	33,000	Guayana Fr	8671	Myanmar	32,610,000	Turkmenistán	110,900
Chad	106,379	Guinea	1,401,592	Nepal	3,680,839	Turquía	648,000
Chile	109,569	Guinea Bissau	127,250	Nicaragua	269,858	Ucrania	108,000
China	18,739,7460	Guyana	458,700	Níger	70,000	Uganda	162,000
Colombia	2,471,545	Haití	100,000	Nigeria	3,186,000	Uruguay	1,145,700
Comoras	17,000	Honduras	23,632	Pakistán	8,303,000	Uzbekistán	197,700
Congo, R. Dem.	316,180	Hungría	9,700	Panamá	236,979	Venezuela	1,054,857
Congo, Rep.	1,400	India	144,570,000	Papúa N Gui	800	Vietnam	35,867,500
Corea, Rep.	6,038,000	Indonesia	57,157,436	Paraguay	132,000	Zambia	18,317
Corea, RPD	2,350,000	Irán	3,500,000	Perú	2,435,134	Zimbabue	600
Costa Rica	179,577	Iraq	393,000	Portugal	154,600		

Fuente: FAO, (2009)

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

En México la superficie cultivada de arroz en la modalidad de temporal en los últimos seis años presenta variaciones. Si se observa el Cuadro 2, del 2003 al 2004 hay un incremento de 5.6% en la superficie cultivada. Sin embargo en el 2005 se observa una disminución en la superficie cultivada de 14% y 18.5% con respecto al 2003.

No obstante, en el 2006 y 2007 se observa nuevamente un incremento en la superficie cultivada de 33.5% y 38.5% con respecto al año 2005. Sin embargo, en el 2008 la superficie cultivada a nivel nacional en dicha modalidad presenta la mayor disminución en los últimos seis años (Cuadro 2).

Por otra parte, en el mismo Cuadro 2 se puede apreciar que tres de los estados del sur en conjunto siembran el 85.5% de este cultivo en la modalidad de temporal, que en orden de importancia son: Campeche (10,374 ha), Tabasco (8,919 ha) y Veracruz (7,886 ha) respectivamente.

Cuadro 2. Superficie cultivada de arroz por estado y a nivel nacional en la modalidad de temporal en hectáreas.

ESTADOS	AÑOS					
	2003	2004	2005	2006	2007	2008
CAMPECHE	16,110.00	18,597.00	13,123.00	20,537.00	18,392.00	10,374.00
CHIAPAS	446.00	540.00	516.00	520.00	789.50	1,368.00
COLIMA	212.00	29.00	185.00	1,388.00	1,400.00	1,670.00
GUERRERO	168.00	138.00	110.00	119.00	165.00	119.00
MICHOACAN	40.00	0.00	95.00	120.00	0.00	0.00
NAYARIT	519.75	526.50	577.00	610.00	755.00	715.00
OAXACA	650.00	295.00	540.00	75.00	20.00	230.00
QUINTANA ROO	680.00	400.00	200.00	0.00	276.50	500.00
TABASCO	10,915.00	12,469.50	11,962.50	14,188.50	15,853.00	8,919.00
VERACRUZ	10,350.00	9,330.00	7,192.00	8,497.00	10,145.00	7,886.00
TOTAL	40,090.75	42,325.00	34,500.50	46,054.50	47,796.00	31,781.00

Fuente: SIAP-SAGARPA (2009)

La superficie cultivada de arroz en la modalidad de riego, al igual que en la de temporal en los últimos seis años presenta variación. Si se observa en el Cuadro 3, se aprecia que del 2003 al 2005 hubo un crecimiento importante en la superficie cultivada de 26.3%. Asimismo, también es importante resaltar que desde el 2006 al 2008, la superficie de riego fue disminuyendo a un ritmo constante. La disminución de la superficie en el 2008 fue de 34% con respecto al año 2005 (SIAP-SAGARPA, 2009).

El cultivo de este cereal a nivel nacional en dicha modalidad de riego es llevado a cabo en doce entidades federativas, de ellas en cuatro estados se concentra el 70% que en orden de importancia son: Michoacán (4,108.50 ha) Campeche (3,950 ha), Nayarit (3,597.66 ha) y Veracruz (2,243.93 ha).

Cuadro 3. Superficie cultivada de arroz por estado y a nivel nacional en la modalidad de riego en hectáreas.

ESTADOS	AÑOS					
	2003	2004	2005	2006	2007	2008
CAMPECHE	5,530.00	6,160.00	5,736.00	6,656.00	7,171.00	3,950.00
CHIAPAS	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	38.00
COLIMA	1,844.00	2,363.50	3,359.50	1,756.50	1,711.00	1,561.00
GUERRERO	0.00	62.00	392.71	426.00	70.00	156.00
JALISCO	997.00	1,346.00	1,703.00	1,036.00	1,043.00	1,010.00
MEXICO	71.00	81.00	91.00	91.00	68.00	45.00
MICHOACAN	4,568.00	4,148.50	5,329.75	4,521.75	3,165.50	4,108.50
MORELOS	1,739.70	1,292.10	1,471.60	2,061.90	1,031.70	1,330.10
NAYARIT	4,330.00	6,031.54	7,300.50	5,460.50	5,647.50	3,597.66
QUINTANA ROO	200.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
SINALOA	350.00	575.00	1,002.00	1,525.50	1,159.00	634.00
TABASCO	606.00	0.00	763.00	586.00	1,635.00	0.00
TAMAULIPAS	1,453.00	897.00	982.00	1,709.00	1,198.00	1,199.00
VERACRUZ	2,149.71	1,794.00	1,978.91	1,939.98	1,840.02	2,243.93
TOTAL	23,838.41	24,750.64	30,109.97	27,770.13	25,739.72	19,873.19

Fuente: SIAP-SAGARPA (2009)

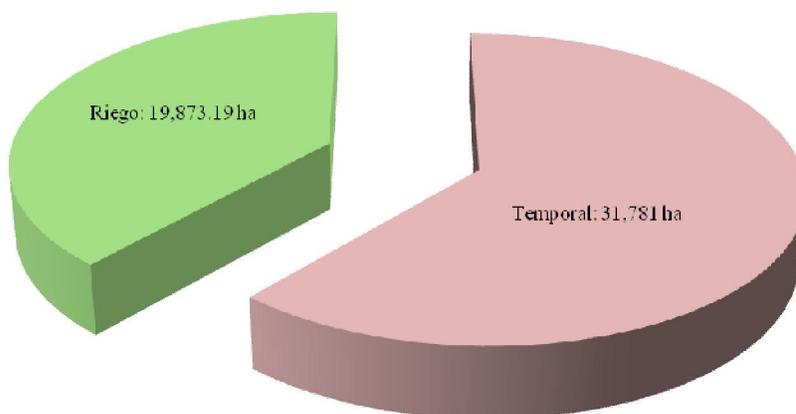


Figura 1. Superficie cultivada de arroz en México en la modalidad de temporal más riego.

Los rendimientos promedio de arroz a nivel nacional en la modalidad de temporal se han mantenido constantes entre 3.07 y 3.66 t ha⁻¹. Sin embargo, existen estados donde los rendimientos son superiores o bien duplican al promedio nacional, como el estado de Colima quien reporta 7 t ha⁻¹ en el 2008 (Cuadro 4).

Cuadro 4. Rendimiento de arroz por estado y a nivel nacional en la modalidad de temporal (t ha⁻¹).

ESTADOS	AÑOS					
	2003	2004	2005	2006	2007	2008
CAMPECHE	2.96	3.07	3.08	3.33	2.53	2.45
CHIAPAS	2.18	2.10	2.24	2.05	2.78	2.61
COLIMA	5.66	3.50	6.70	5.95	6.18	7.00
GUERRERO	2.62	2.46	2.91	2.55	4.60	2.60
MICHOACAN	4.00	0.00	4.00	5.00	0.00	0.00
NAYARIT	5.67	4.68	5.46	6.06	5.40	5.72
OAXACA	5.00	5.00	4.84	4.40	3.50	4.74
QUINTANA ROO	4.15	3.50	0.00	0.00	3.60	1.96
TABASCO	2.94	2.77	3.39	3.43	3.26	2.39
VERACRUZ	3.97	3.34	4.44	4.37	3.68	4.17
TOTAL	3.33	3.07	3.56	3.66	3.18	3.19

Fuente: SIAP-SAGARPA (2009)

Los rendimientos promedio de arroz a nivel nacional en la modalidad de riego se han mantenido constantes, a excepción del 2007 año en el que se reportaron los rendimientos más bajos. Sin embargo, existen estados donde los rendimientos son superiores al promedio nacional, como Morelos y Sinaloa quienes reportaron 10.18 t ha⁻¹ y 8.76 t ha⁻¹ en el 2008 (Cuadro 5).

Cuadro 5. Rendimiento de arroz por estado y a nivel nacional en la modalidad de riego (t ha⁻¹).

ESTADOS	AÑOS					
	2003	2004	2005	2006	2007	2008
CAMPECHE	3.78	3.96	3.89	4.13	3.67	4.58
CHIAPAS	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	5.00
COLIMA	6.04	6.41	6.29	5.55	4.65	6.12
GUERRERO	0.00	5.87	7.69	7.58	8.00	7.81
JALISCO	6.4	6.18	4.94	5.33	4.78	5.23
MEXICO	8.69	8.73	8.76	8.76	7.99	8.18
MICHOACAN	8.18	8.56	9.22	9.20	9.22	7.29
MORELOS	9.96	10.01	10.24	10.31	9.84	10.18
NAYARIT	5.73	6.20	5.21	5.09	5.19	4.80
QUINTANA ROO	3.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
SINALOA	9.53	8.90	8.92	8.64	9.17	8.76
TABASCO	3.93	0.00	4.57	4.25	4.01	0.00
TAMAULIPAS	6.34	7.41	6.57	6.52	6.50	6.15
VERACRUZ	9.08	9.25	8.91	8.77	9.19	8.44
TOTAL	6.45	6.59	6.53	6.54	5.87	6.41

Fuente: SIAP-SAGARPA (2009)

La superficie cultivada de arroz en el estado de Tabasco del 2003 al 2007 se incrementó en un 276%. Esto es debido principalmente a que los municipios de Cárdenas y Huimanguillo incrementaron su superficie (Cuadro 6). Sin embargo, en el 2008 la superficie estatal presento un disminución del 43.73% con respecto al 2007.

Es importante resaltar que en el 2004 el cultivo de arroz se practicaba en nueve municipios. Actualmente este cereal es cultivado en solo cuatro municipios, de ellos Cárdenas en el 2008 sembró el 47.6% de la superficie estatal.

Cuadro 6. Superficie cultivada de arroz por municipios y a nivel estatal en la modalidad de temporal en hectáreas.

MUNICIPIOS	AÑOS					
	2003	2004	2005	2006	2007	2008
BALANCAN	2,843.00	4,224.00	3,640.00	5,382.00	5,255.00	240.00
CARDENAS	436.00	462.00	4,129.50	4,277.00	4,442.00	4,243.00
COMALCALCO	0.00	20.00	0.00	0.00	0.00	0.00
EMILIANO ZAPATA	1,778.00	1,855.00	2,217.00	2,525.00	2,334.00	2,334.00
HUIMANGUILLO	94.00	224.00	1,712.00	1,207.50	2,977.00	2,102.00
JALAPA	8.00	100.00	40.00	9.00	0.00	0.00
JONUTA	420.00	354.00	220.00	785.00	845.00	0.00
MACUSPANA	0.00	3.00	4.00	3.00	0.00	0.00
TACOTALPA	160.00	168.00	0.00	0.00	0.00	0.00
TOTAL	5,739.00	7,410.00	11,962.50	14,188.50	15,853.00	8,919.00

Fuente: SIAP-SAGARPA (2009)

La superficie cultivada de arroz en el estado de Tabasco en la modalidad de riego es muy variable. En el 2003 se cultivaron 606 ha y en el 2004 no se reportó superficie. Posteriormente, del 2005 al 2007 se volvió a reportar superficie cultivada, alcanzando en este último año el mayor número de hectáreas cultivadas. Sin embargo, como se puede observar en el Cuadro 7 en el 2008 se dejó de sembrar nuevamente este cereal.

Cuadro 7. Superficie cultivada de arroz por municipios y a nivel estatal en la modalidad de riego en hectáreas.

MUNICIPIOS	AÑOS					
	2003	2004	2005	2006	2007	2008
BALANCAN	416.00	0.00	743.00	496.00	1,435.00	0.00
EMILIANO ZAPATA	0.00	0.00	0.00	90.00	170.00	0.00
HUIMANGUILLO	0.00	0.00	20.00	0.00	30.00	0.00
JONUTA	190.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
TOTAL	606.00	0.00	763.00	586.00	1,635.00	0.00

Fuente: SIAP-SAGARPA (2009)

Los rendimientos promedio a nivel estatal en la modalidad de temporal son de 2.39 t ha⁻¹ a 3.04 t ha⁻¹. Aunque el municipios de Emiliano Zapata reporta rendimiento de 3.83 t ha⁻¹ en el 2008, asimismo el municipio de Jonuta reportó rendimientos de 4 t ha⁻¹ en el 2007 (Cuadro 8.) Mientras que los rendimientos en la modalidad de riego son de 3.93 a 4.57 t ha⁻¹ (Cuadro 9).

Cuadro 8. Rendimiento de arroz por municipio y a nivel estatal en la modalidad de temporal (t ha⁻¹).

MUNICIPIOS	AÑOS					
	2003	2004	2005	2006	2007	2008
BALANCAN	2.93	2.94	3.52	3.85	3.90	3.50
CARDENAS	2.58	2.56	2.90	2.60	1.90	1.59
COMALCALCO	0.00	2.40	0.00	0.00	0.00	0.00
EMILIANO ZAPATA	3.58	2.82	3.90	3.71	4.94	3.83
HUIMANGUILLO	3.12	3.98	3.62	3.44	1.71	2.34
JALAPA	1.62	2.41	1.80	1.89	0.00	0.00
JONUTA	2.80	2.50	3.59	3.89	4.00	0.00
MACUSPANA	0.00	1.67	1.25	1.33	0.00	0.00
TACOTALPA	0.70	1.20	0.00	0.00	0.00	0.00
TOTAL	3.04	2.83	3.39	3.43	3.26	2.39

Fuente: SIAP-SAGARPA (2009)

Cuadro 9. Rendimiento de arroz por municipio y a nivel estatal en la modalidad de riego (t ha⁻¹).

MUNICIPIOS	AÑOS					
	2003	2004	2005	2006	2007	2008
BALANCAN	3.90	0.00	4.61	4.20	4.00	0.00
EMILIANO ZAPATA	0.00	0.00	0.00	4.50	4.07	0.00
HUIMANGUILLO	0.00	0.00	1.50	0.00	0.00	0.00
JONUTA	4.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
TOTAL	3.93	0.00	4.57	4.25	4.01	0.00

Fuente: SIAP-SAGARPA (2009)

VIII. REQUERIMIENTOS CLIMÁTICOS DEL CULTIVO DE ARROZ

El arroz es un cultivo de zonas tropicales o subtropicales y 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 un mínimo de 32 y 34 °C y un máximo de 40 y 42 °C (Ospina y Aldana, 2001)

Las temperaturas de germinación son, mínimas de 10 a 13 °C; óptima de 30 a 35 °C y; por encima de los 40 °C, no se produce la germinación (Guerrero, 1990). En presencia de oxígeno se desarrolla más rápidamente el sistema radicular que el aéreo; lo contrario sucede cuando el terreno se encuentra cubierto de agua. El crecimiento del tallo, hojas y raíces requieren un mínimo de temperatura de 7 °C, considerándose óptimo los 23 °C. Con temperaturas superiores a ésta, las plantas crecen más rápidamente, pero los tejidos se hacen demasiado blandos, siendo más susceptibles a los ataques de enfermedades (Guerrero, 1990).

El mínimo de temperatura para la floración es de 15 °C, el óptimo es de 30 °C. Por encima de 50 °C no se produce la floración. Las temperaturas críticas del arroz según Yoshida, (1981) se muestran en el Cuadro 10.

Cuadro 10. Temperaturas críticas en diferentes etapas de crecimiento en el 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

En cuanto a la precipitación, lo más importante es la distribución de las lluvias; un promedio diario de 10 mm durante todo el período del cultivo hasta el de llenado de grano es adecuado.

Requiere una radiación solar entre 250 a 350 cal/cm²/día. La época de siembra debe ubicarse de tal manera que se eviten vientos fuertes que puedan afectar las hojas y causar aborto en las flores. Son adecuadas humedades relativas superiores a 80%.

IX. REQUERIMIENTOS EDAFOLÓGICOS DEL CULTIVO DE ARROZ

La característica de los suelos sobre los cuales el arroz crece, son tan diversas como las climáticas a la que esté expuesto. La textura varía desde arena hasta arcilla, el pH oscila entre 3 y 10, el contenido de materia orgánica de 1 a 50%, el contenido de sales de cerca de 0 a 1% (De Datt y Fever citado por De La Garza, 1979).

En general el arroz es poco exigente en cuanto a propiedades físicas y químicas del suelo, y las exigencias reales resultan de los imperativos hidráulicos del cultivo (Angladette, 1975). Sin embargo Ochse *et al.*, (1982) afirman que 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 y añade, que para un buen desarrollo radicular del arroz, se requieren aproximadamente de 20 a 25 cm de profundidad, asimismo consignan que la mayor parte de los suelos para arroz son ligeramente ácidos con pH de 5 a 6.

Para Ustimenko (1982), la principal exigencia a los suelos es el alto contenido de materia orgánica, lo que concuerda con Santos *et al.*, (1982) en que por sus textura los suelos más apropiados son los pesados ya que poseen elevada capacidad de retención de agua.

X. TECNOLOGÍA DE PRODUCCIÓN DEL CULTIVO DE ARROZ

La tecnología de producción del cultivo de arroz descrito en el presente documento, está basado en el folleto para productores elaborado por Contreras *et al.*, (1991) del INIFAP Tabasco, titulado: Guía Para la Asistencia Agrícola en el Cultivo del Arroz en Tabasco.

10.1. Preparación del terreno en sistema de temporal

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. En suelos típicos de sabanas de los municipios de Huimanguillo y Balancán, se sugiere substituir esta labor por un rastreo pesado, ya que la capa arable es menor de 30 cm.

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 sea necesario dar más de dos rastreos, con el fin de desmenuzar los terrones para facilitar la siembra.

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 nacencia uniforme.

Bordeo.

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 esto también se reduce la erosión de los suelos. En casos de almacenarse grandes volúmenes de agua, por constantes lluvias o posibles desbordamientos de los ríos aledaños, es importante

desalojar el exceso de agua, por lo que conviene mantener los drenes bien cuidados.

10.2. Época de siembra

De acuerdo con la topografía del terreno, la siembra debe realizarse del 30 de mayo al 15 de junio en terrenos bajos inundables; del 15 de junio al 15 de julio en terrenos intermedios semi-inundables; y del 15 de julio al 10 de agosto en terrenos que no se inundan.

10.3. Método de siembra y densidad

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

Siembra al voleo.

Consiste en espaciar la semilla sobre el terreno; en áreas pequeñas esto se puede hacer a mano; en áreas de mediana superficie, con tractor equipado con sembradora centrífuga tipo ciclón y para superficies extensas y compactas con avión. Para la siembra al “voleo” ya sea 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.

Siembra en líneas.

Esta labor se efectúa con máquinas sembradores 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 sugiere 80 kg de semilla por hectárea para este tipo de siembra.

10.4. Fertilización o abonado

La fórmula de fertilización en suelos del Plan Chontalpa es 80-40-0 y en suelos de sabana 80-80-0.

El momento más adecuado, para aplicar el fósforo es después del último rastreo, antes de la siembra, o bien cuando está se efectúa, y se realiza con sembradora terrestre en líneas. El nitrógeno debe dividirse en dos cantidades iguales: la primera parte se suministra entre los 30 y 35 días después de la nacencia del arroz, y la segunda a los 30 días después de la primera.

El nitrógeno se debe aplicar cuando el suelo está húmedo y libre de malas hierbas, para que el cultivo lo aproveche mejor. Es conveniente no excederse en la aplicación del nitrógeno, ya que éste predispone a las plantas al ataque de la quema del arroz (*Magnaporthe grisea*).

10.5. 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, ocasionándoles 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 recomendado, estos herbicidas no causan toxicidad al arroz, o bien esta es mínima o 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 durante los primeros 30 días después de la germinación de las semillas, por lo que es conveniente mantener el cultivo libre durante este periodo.

Para que estas aplicaciones sean efectivas, es necesario diluir los herbicidas en 400 litros de agua 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, ambas son dosis por hectárea. La mezcla de Propanil + 2,4 D-Amina + Atlox 3069, se aplica en postemergencia; la época propicia para la aplicación es cuando las malas hierbas tienen de dos a cuatro hojas.

La aplicación de Ronstar 25-CE, se puede realizar en preemergencia, o bien, de uno a cuatro días después de la siembra, pero antes de la nacencia del cultivo y de la maleza; o en post-emergencia temprana, de seis a ocho días después de la siembra cuando la maleza tiene de una a dos hojas. Cabe aclarar que este herbicida no controla los coquillos perennes.

Para una buena efectividad de los herbicidas es indispensable que el terreno este húmedo, pero sin encharcamiento; en el caso de la aplicación postemergente es aconsejable efectuar las aplicaciones cuando exista la posibilidad de que no va llover 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 zacate camalote *Paspalum fasciculaum*, coquillo *Cyperus strigosus* L, zacate pinto o de agua *Echinochloa colonum* (L) Link, zacate carrillo *Panicum fasciculaum* Sw. y bleo *Amaranthus sp.*

En superficies comerciales el control de la maleza en forma manual, no es práctico ni económico por lo que conviene utilizar herbicidas, que son más rápidos y eficaces. Los productos, dosis y épocas de aplicación se indican el Cuadro 11.

Cuadro 11. Herbicidas, dosis por hectárea y época de aplicación sugerida para el control de maleza en el cultivo de arroz en Tabasco.

Producto comercial	Dosis/ ha (L)	Época de aplicación
Propanil (*)+ 2, 4 D-Amina (*)+ Atlox 3069 (**)	5.0 1.0 0.1	Diez días después de la emergencia del arroz.
Propanil + 2, 4 D-Amina + Atlox 3069	7.0 1.250 0.2	
Propanil + 2, 4 D-Amina + Atlox 3069	9.0 1.5	
Ronstar 25-CE	4.0	Preemergencia o postemergencia temprana.

Fuente: Contreras, (1991).

(*) = Existen varios productos a base de 2,4 D-Amina como: Amina 4, Amina 6, Hierbamina, y a base de Propanil, como: Stan LV-10 y Surcopur. (**) = Si no dispone de atlox 3069, se sugiere utilizar algún detergente en polvo; se diluye de 2 a 5 gramos por producto por cada litro de agua

10.6. Control de plagas

Un adecuado control de plagas es requisito importante para poder obtener altos rendimientos. Las principales plagas que atacan al arroz en el estado de Tabasco y las sugerencias para su control son las que se indican en el Cuadro 12.

10.7. Control de enfermedades

Las enfermedades más frecuentes que dañan el cultivo del arroz son; “quema” del arroz (*Magnaporthe grisea*) y mancha café (*Helminthosporion oryzae*).

Como medida de control y prevención de la “quema” se debe procurar sembrar variedades resistentes; evitar altas densidades de siembra y fertilizantes nitrogenados, trazar curvas y bordos de contención de humedad. Para el control químico se sugiere la aplicación del fungicida Promil, en dosis de 350 g ha⁻¹, Hinosán un litro ha⁻¹ o Kasumin un litro ha⁻¹; si la aspersion 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.

Cuadro 12. Principales plagas que atacan al arroz, producto comercial para su control y dosis por hectárea de aplicación. INIFAP-Tabasco 1989.

Control	Producto comercial	Dosis ha ⁻¹	Época de aplicación
Chinche café	Paratión Metílico. 5%	1 L ha ⁻¹	Al momento de la floración o durante el llenado del grano y cuando se encuentre de 2 a 4 chinches por m ² .
Mayate negro del arroz	Sevín 5% Granulado.	25 kg ha ⁻¹	Cuando se encuentren de 2 a 3 insectos por metro cuadrado.
	Furadán 5% Granulado	30 kg ha ⁻¹	
Picudo acuático	Carbofurán 5 % Gran.	20 kg ha ⁻¹	Cuando se encuentren de 1 a 2 larvas por metro cuadrado.
Barrenador del tallo	Destrucción de los residuos de la cosecha anterior		
Aves (pájaros)	Vigilancia constante		Durante la siembra y emergencia y en la maduración.

Fuente: Contreras, (1991).

Nota: Los insecticidas deben diluirse en 400 litros de agua por hectárea si la aplicación es terrestre y en 80 si es aérea

Conviene efectuar las aspersiones cuando se encuentre el 5% de plantas con manchas de 1 a 2 cm de largo con uno a cinco por ciento de la superficie foliar dañada; como prevención de la enfermedad en las panículas se sugiere hacer una aplicación del fungicida en la misma dosis, 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 fertilizantes, sobre todo cuando en el cultivo se observan deficiencias de nitrógeno y potasio.

10.8. Sistema de producción de riego

Este sistema se ha probado en Tabasco con el cual se asegura la producción evitando el riesgo de sequías y la eventualidades consecuentes como

son malezas y enfermedades en el cultivo, se ha incrementado el rendimiento hasta un cien por ciento por ciclo en comparación al sistema de temporal y la obtención de dos cosechas por año en el mismo terreno. Con este sistema se ha obtenido una relación beneficio/costo hasta de 2.32.

Si se considera que se cuenta con la infraestructura para cultivar el arroz con este sistema de producción se sugiere el paquete tecnológico que se menciona a continuación.

Selección, adecuación y preparación del terreno

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 inversión para adecuarlo, los criterios para la selección pueden ser los siguientes:

- Suelo de textura arcillosa (vertisol)
- Topografía plana.
- Fuentes de agua suficiente y disponible.

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 en curvas de nivel con desnivel de 10 cm entre bordos de 50 a 60 cm de altura por 180 cm de base, o melgas de 40 a 50 m de ancho por 100 a 150 m de longitud, o bien se pueden usar múltiplos de las dimensiones señaladas, de acuerdo con las dimensiones reales del terreno. Además de material para manejar el 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.

La preparación de suelo.

Para la siembra puede ser en seco como el caso del sistema de temporal o bajo inundación cuando no es posible en seco. La preparación del suelo 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 embargue deber estar sellados para evitar la entada 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.

Consiste en 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 prende por medio de cadenas, de 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 de la arada para que el lodo no se adhiera al arado rotatorio. Después de la primera arada 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 la segunda arada.

Algunas veces una arada bien realizada es suficiente, lo cual evitará el gasto de otro paso del arado rotatorio y profundizar más el suelo. La segunda arada se justifica principalmente cuando la primera se hizo muy superficial debido a la dureza del terreno, o cuando no se incorporaron bien al terreno los residuos de maleza o del cultivo anterior. Después de la segunda arada se deja sobre el terreno una lámina de agua de 1 a 2 cm durante siete días.

En caso de terrenos muy profundos, conviene realizar la primera arada en seco, para profundizar menos en el suelo y evitar problemas de atascamiento de la maquinaria al momento de la segunda arada, rastrillada 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.

Siembra.

En el ciclo primavera-verano la siembra puede efectuarse durante el mismo periodo que para el sistema de temporal, es decir del 30 de mayo al 10 de agosto, pero es preferible en este sistema de riego la siembra del 15 de mayo al 30 de junio con objeto de evitar daño por inundación repentina de lluvia y además aprovechar mejor la temperatura y radiación durante el desarrollo del cultivo. En el ciclo otoño-invierno se sugiere efectuar la siembra durante los meses de diciembre y enero con objeto de aprovechar las últimas lluvias y la humedad residual más eficiente y cosechar antes del periodo de lluvia.

Método y Densidad.

Si la preparación del suelo es en seco, estas prácticas son semejantes al sistema de temporal; pero es por fangueo, entonces el método que se sugiere

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

La pregerminación 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, humedeciéndoles periódicamente para evitar que se sequen por completo.

La hidratación inicia y la incubación apresura la germinación de las semillas, las cuales empiezan su desarrollo con la aparición del coleoptilo y la coleorriza. La semilla pregerminada puede sembrarse cuando el coleoptilo tenga aproximadamente de 3 a 5 mm.

10.9. 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 13. Dicho calendario es aplicable parcialmente en el ciclo primavera-verano de acuerdo con las condiciones de humedad determinadas por la precipitación denominándose así riegos de auxilio que en pruebas de varios años han resultado en dos a cuatro riegos solamente.

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 13. 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	Embucho
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).

10.9. Cosecha

La cosecha se debe realizar cuando el grano contenga el 20 al 25 % de humedad; un indicativo de estos 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 la calidad de ese por la posible ocurrencia de lluvia o por ataque de insectos y hongos.

XI. MATERIAL GENÉTICO Y VARIEDADES DE ARROZ

En México, en la actualidad se ofrecen para su cultivo a nivel comercial alrededor de 12 variedades de arroz, todas liberadas por el INIFAP, excepto 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 pueden ser 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.

El nuevo programa de formación de arroces híbridos se plantea como meta para los primeros años del siglo XXI, liberar lo que sería el primer híbrido mexicano de arroz en la historia, el cual obviamente deberá poseer características superiores a las variedades “convencionales” (Osuna, 2001).

De acuerdo con las condiciones ambientales de las áreas arroceras del estado de Tabasco y en condiciones de cultivo mecanizado, se sugiere utilizar variedades que se indican en el Cuadro 14, las cuales son de buena calidad de grano y cuyas características agronómicas se presentan en el mismo.

Cuadro 14. Variedades de arroz sugeridas para el cultivo en condiciones de riego en Tabasco y algunas características agronómicas.

Variedad	Rendimiento * (t ha ⁻¹)	Altura de plantas (cm)	Días a madurez	Reacción a <i>Magnaporthe grisea</i>
Milagro Filipino	5.0	102	128	Ms
Depurado				
Choca A-05	7.7	104	125	Mr
Temporalero A-95	7.1	95	125	Mr
Huimanguillo A-88	4.5	90	125	Mr

Fuente: Jiménez y López, (2008).

* = Rendimientos medios experimentales: Mr= Moderadamente resistente: Ms= Moderadamente susceptible

XII. PRODUCTOS Y SUBPRODUCTOS DEL ARROZ

El principal producto de la cadena agroalimentaria del arroz, 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 proporciona al ganado. El granillo se utiliza para la elaboración de grits como fuente de fermentación para la producción de cerveza; también para la preparación de licor de arroz conocido como Sake.

Además se le dan otros usos como son la fabricación de cosméticos, almidón y talcos medicinales. A continuación se enlista algunos de los usos donde interviene el 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, Arroz precocido que requiere 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 15 se enlistan los principales países importadores de arroz a nivel internacional. Entre los que se encuentra México, que en el 2008 importó 578,000 toneladas de arroz. En el Cuadro 16 se enlistan las compañías que en México importan arroz, mismo que son nicho de mercado interno, para la comercialización del arroz en nuestro país.

Cuadro 15. Comportamiento de las importaciones de arroz por países del 2004 al 2010 en miles de toneladas.

Países	2005/06	2006/07	2007/08	2008/09	2009/10 Septiembre	2009/10 Octubre
Filipinas	1.890	1.791	1.900	2.500	2.000	2.400
Irán	1.200	1.500	1.500	1.500	1.700	1.700
Nigeria	1.777	1.600	1.550	1.600	1.600	1.600
EU-27	1.089	1.221	1.342	1.520	1.350	1.400
Arabia Saudita	1.357	958	961	1.360	1.370	1.400
Irak	786	1.306	613	975	1.000	1.100
Malasia	751	886	799	1.020	830	850
Costa de Marfil	850	750	980	800	800	800
Sudáfrica	764	800	960	665	650	800
EE.UU.	419	633	695	651	700	735
Japón	787	681	642	546	700	700
Senegal	850	600	700	860	700	700
Brasil	548	691	684	417	470	650
México	553	586	609	578	500	600
Cuba	736	594	574	555	425	575
Bangladesh	785	531	1.570	1.658	500	500
Vietnam	320	350	450	300	500	500
China	609	654	472	295	330	350
Gana	450	440	340	300	350	350
Hong Kong	347	309	348	399	325	350
Mozambique	350	330	410	300	350	350
Singapur	375	350	393	320	300	350
Canadá	321	333	341	365	345	340
Haití	328	399	292	320	300	325
Yemen	250	250	338	325	325	325
Siria	232	214	235	250	300	310
Otros	8.209	7.601	9.644	7.853	7.505	7.319
Total Mundial	28.931	29.120	31.844	29.598	28.212	29.650

FUENTE: FAS-USDA. (2009) Disponible en: http://www.usarice.com.mx/interes_importadores.htm.

Cuadro 16. Compañías que importan arroz en México.

Compañía	Contacto	Dirección	Telefono
Comercial Samano SA de CV	Celestino Samano	Bodega H-14, Central de abastos, Iztapalapa, 09040 México D.F.	5694-2121 5694-1232
Compañía General de Viveres SA de CV	Gilberto Montemayor	Av. La Juventud #200, Fracc. Futuro Nogalar, San Nicolas de La Garza, Nuevo Leon, 66480, México.	(8)3-53-83-11; 3-53-89-91
Empacadora de Semillas Zaragoza SA de CV	Gustavo Canibe	Calz. Ignacio Zaragoza 1166 Local B, Col. Pantitlan, 08100, México DF	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 Angeles 2200-C Ote., Col. Mariano Escobedo, 64510 Monterrey, Nvo. Leon	(8)3-51-00-33; 3-51-92-45
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
Casa Guemes SA de CV	Angel 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. Jose 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
Granos y Semillas de México SA de CV	Sr. Luis Fernandez	Bodega B-14, Central de abastos, Iztapalapa, 09040 México DF	5694-0103
Granos Selectos SA de CV	Sr. Luis Montemayor	Pedro C. Negrete 1313, Col. Industrial, 64440 Monterrey Nvo. Leon	(8)3-75-46-56 3-75-56-97 (2)2-46-21-66
Matanzo SA	Sr. Agustin Matanzo	4 Poniente No. 1504, 7200 Puebla , Puebla	2-46-20-40 (67)14-24-20
Industrial y Comercial de Sinaloa SA de CV	Sr. Sergio Esquer	Km. 3.5 Carretera a Navolato Culiacan, Sinaloa México	14-31-73
Industrial de Valle del Fuerte SA de CV	Sr. Francisco Echavarria	Km. 164.5 Carretera Internacional Guasave Sinaloa. México	(681)7-00-03 (682)2-17-28
Industrias Corerepe SA de CV	Sr. Alfonso Penunuri	Ignacio Lopez Rayon y 10 de Mayo, Los Mochis Sinaloa, México	2-19-30
Arrocera del Noreste de los Mochis SA de CV	Sr. Mario Esquer	Km. 911 Ferr. Chich al Pacifico, Los Mochis Sinaloa, México	(681)2-94-40
Arrocera de Cordoba	Sr. Luis Torre	Av. 1 No. 2701, Cordoba Veracruz, México	(271)2-11-09 (271)2-60-22
Arrocera del Tropico SA de CV	Sr. Jose Javier Salzar	Km. 340 Carretera a Veracruz, Cordoba Veracruz, México	4-43-87
Grupo Empresas Veracruzanas SA de CV	Sr. Eulogio Espinoza	Calle 11 No. 930 Cordoba 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 Cordoba Veracruz, México	(271)2-00-09 4-23-09
Industrializadora de Productos Agrícolas	Sr. Manuel Rodriguez	Km. 51 Carretera La Tinaja, Cd. Aleman la Granja, Veracruz, México	(274)3-01-96 3-18-50
Arrocera de Morelos SA de CV	Sr. Eduardo Morales	Hidalgo No. 6 Centro, Puente de Ixtla, Morelos México	(734)4-00-10 04-01-1955
Arromex SA de CV	Sr. Jose 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	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. Hector Cuan	Mojonera No. 1380, Col. Morelos 44910, Guadalajara Jalisco, México	(36)12-02-32
Mercantil Covadonga SA de CV (MERCVOVA)	Sr. Antonio González	Av. Tomas Alva Edison 10, Col. Santa Clara, 55540 Ecatepec, Edo. de México	5776-2122 5776-2184
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 5694-3248
Semillas La central SA de CV	Sr. Roberto Gladin	Bodega D-2 y D-4, Central de abastos, Iztapalapa, 09040 México DF	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
Surtidora Abarrotera SA	Sr. Martin Samano	Bodega E-33, Central de abastos, Iztapalapa, 09040 México DF	5694-0081 5694-0144
Viveres Abascal SA de CV	Sr. Javier Abascal	Bodega E-29, Central de abastos, Iztapalapa, 09040 México DF	5694-0795 5694-0715
Arrocera San Lorenzo SA de CV	Sr. Mariano Padilla	Km. 4.5 Carretera Novolato, Apdo. Postal 299, 80160 Culiacan Sinaloa	
Asociación de Industriales Arroceros AC	Sr. Rogelio Esquer	Blvd. E. Zapata 1908-2 Culiacan Sinaloa	

Fuente: USA RICE.(2009)Disponible en: http://www.usarice.com.mx/interes_importadores.htm

XIV. DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA METODOLOGÍA

Con la finalidad de proporcionar una idea general del procedimiento empleado en la zonificación, en los siguientes párrafos se explica de manera resumida el método y, para mayor información al respecto se sugiere consultar “El Manual de la Metodología para Evaluar la Aptitud de las Tierras para la Producción de Cultivos Básicos en Condiciones de Temporal” de Tijerina *et al.*, (1990).

La producción sustentable de alimentos es determinada por un lado, por los factores ambientales (suelo y clima) y por el otro lado, por un complejo de factores socio-económicos, culturales y tecnológicos. La determinación de zonas de alta potencialidad para cultivos de arroz en el presente estudio, solo analiza los factores ambientales.

Para la determinación de las zonas de alta potencialidad para el cultivo se utilizó el procedimiento de Zonificación Agroecológica propuesto por la FAO, (1981). En colaboración con el *International Institute for Applied Systems Analysis* (IIASA) el procedimiento expandió sus capacidades al incorporar una herramienta de ayuda en la toma de decisiones con múltiples criterios para optimizar el uso del recurso suelo, analizando diferentes escenarios en función de un objetivo (Fischer *et al.*, 1999). Derivado de ello la FAO desarrolló el programa de computo AEZWIN que integra todo lo anterior y que se puede adquirir en el portal de la FAO (www.fao.org).

En la Figura 2 se esquematiza de manera sucinta la metodología de la zonificación agroecológica (FAO, 1981) utilizada en el cultivo de arroz.



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

El mencionado esquema se basa 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?
- ✚ ¿Cuánto rendimiento puedo esperar?

Una vez definida la zona de estudio, el procedimiento en general, comprende ocho etapas, las cuales son:

1. Definición de los requerimientos agroecológicos del cultivo.
2. Acopio de datos climatológicos y estimación de elementos faltantes.
3. Análisis agroclimático, para definir el inventario climático y las divisiones climáticas.

4. Análisis fisioedáfico para definir el inventario edáfico y las divisiones edafológicas.
5. Elaboración de los mapas componentes.
6. Síntesis cartográfica sucesiva.
7. Presentación de resultados.
8. Verificación de campo (cuando el cultivo existe en el campo).

XV. SELECCIÓN Y 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: clima y 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 17). Estos requerimientos bioclimáticos se tomaron de los reportados por la FAO en el siguiente sitio de Internet:

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

Cuadro 17. Variables seleccionadas para definir áreas potenciales para el cultivo de arroz en el estado de Tabasco.

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 (IMTA, 2003); que permitió analizar los registros diarios de temperatura y precipitación de 93 estaciones meteorológicas en el estado de Tabasco, utilizando como criterios la longitud de la serie histórica y su distribución geográfica para el Estado.

De estas 93 estaciones reportadas para el estado de Tabasco, solo 35 cumplían con los requisitos anteriores, ya que el resto mostraban información incompleta, registros cortos y/o poca representatividad geográfica.

Para complementar la información reportada por ERIC III, (IMTA, 2003), se acudió a la base de datos reportada por García (2004), para las variables de precipitación y temperaturas, buscando que cubriesen de manera regular al estado de Tabasco. De esta manera, se seleccionaron las 35 estaciones meteorológicas que se reportan en el (Anexo I).

Se consultó información vía INTERNET, así como la documentación disponible en la Biblioteca del Colegio de Postgraduados en Cárdenas Tabasco y la biblioteca del INIFAP en Huimanguillo Tabasco. Esto con la finalidad de hacer una investigación más extensa en conocimientos edafoclimáticos del cultivo de arroz.

15.1. Inventario climático

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

15.2. División climática

Las divisiones climáticas fueron definidas en base a los requerimientos térmicos del cultivo, que limitan su distribución a escala global.

Para establecer las divisiones climáticas mayores, como primer paso se considera 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 altotérmico de 0.5 °C/100 m de elevación, con el trazo de isólineas. Es importante mencionar que para el estado de Tabasco no hubo problemas en la clasificación del clima porque es similar en toda la región.

15.1.2. Período de crecimiento

El período de crecimiento se considera como el número de días durante el año en los que existe disponibilidad de agua y temperaturas, favorables para el desarrollo del 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 (FAO, 1978 y 1981), se utilizó el programa AGROCLIM, (Aceves-Navarro *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, las variables utilizadas fueron las que se muestran en el Cuadro 17. Las cuales fueron comparadas con las subunidades de suelo del estado de Tabasco de Palma *et al.*, (2007).

Posteriormente, se realizó la sobreposición de los mapas de clima y suelo para delimitar las áreas aptas para el cultivo de arroz.

15.3. Fuentes de información

15.3.1. Información climática

El presente estudio se realizó a partir de las siguientes fuentes:

Se usó el Extractor Rápido de Información Climatológica (ERIC) (IMTA, 2003), el cual, facilita la extracción de la información contenida en la base de datos CLICOM, del banco de datos histórico nacional del Servicio Meteorológico Nacional (SMN) de la Comisión Nacional del Agua (CNA, 2005). De las cuales se seleccionaron las 33 estaciones meteorológicas que cumplían con los requisitos mencionados en el apartado XV.

15.3.2. Información edafológica

Se utilizó la información reportada en el Plan de Uso Sustentable de los Suelos de Tabasco de la Fundación Produce Tabasco, que contiene resultados generados de los últimos 25 años, sobre el conocimiento de los suelos; aborda aspectos físicos y químicos, clasificándolos de acuerdo a la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación y Organización de las Naciones Unidas para la Educación, Ciencia y la Cultura (FAO/UNESCO) Palma *et al.*, (2007).

15.3.3. Información cartográfica

La herramienta que se utilizó para la elaboración de cartografía fue el sistema de información siguiente:

Programa ArcView GIS (ESRI, 2004), que consiste en un sistema de mapeo computarizado que relaciona lugares con información agroclimática, iguales a las del cultivo de arroz las cuales se denomina áreas con alto potencial productivo.

XVI. ESTIMACIÓN DEL RENDIMIENTO POTENCIAL PARA EL CULTIVO DE ARROZ

En la actualidad 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.

Uno de esos procedimientos es el conocido como el método de Zonas Agroecológicas que fue propuesto por FAO, (1978). En el presente trabajo se utilizó este procedimiento, adaptándolo y modificándolo para estimar el rendimiento potencial del arroz en Tabasco.

La estimación de rendimientos 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 (kg ha^{-1}).

Bn = Producción de biomasa neta (kg 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).

$$Bn = (0.36 \cdot b_{gm} \cdot L) / ((1/N) + 0.25 \cdot C_t) \quad \text{Expresada en } (\text{kg ha}^{-1}). \quad (2)$$

Donde:

b_{gm} = 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)

$$b_{gm} = F \cdot b_0 + (1 - F) \cdot b_c \quad \text{Expresada en } (\text{kg ha}^{-1} \text{ d}^{-1}) \quad (3)$$

Donde:

F = Fracción del día cubierta con nubes estimada con la ecuación (4).

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

Donde:

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

Los valores de (A_c) para diferentes latitudes se reportan tabulados por FAO, (1978). Asumiendo que la radiación fotosintéticamente activa de un día totalmente cubierto es el 20% de (A_c) y que la radiación fotosintéticamente activa equivale al 50% de la radiación global total de onda corta (R_g) tomada de (Peralta-Gamas *et al.*, 2008).

También se reportan en tablas los valores de b_c y b_o para plantas con una fotosíntesis máxima (P_m) de $20 \text{ kg CH}_2\text{O ha}^{-1} \text{ h}^{-1}$, para lo cual se requiere calcular la temperatura diurna (T_{foto}), la cual se calcula con la ecuación (5).

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

T_{max} = Temperatura máxima

T_{min} = Temperatura mínima

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

b_o = 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_o y b_c son valores diarios y en cultivos cerrados ($\text{IAF} \geq 5$)

L = Coeficiente de tasa máxima de crecimiento, fue calculado mediante la ecuación (6).

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

IAF = Índice de área foliar utilizada fue de 8.0 (Jing *et al.*, 2007)

$\log_{10}(\text{IAF})$ se obtiene de gráfica.

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

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

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

C₃₀ = 0.0108 para cultivos como el chayote que no son leguminosas.

T = Temperatura media (Celsius).

Para un mayor detalle y ejemplificación 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 por el índice de cosecha (Hi) del cultivo de arroz. El valor de Hi del cultivo del arroz utilizado fue de 0.54, el cual fue obtenido de Ying *et al.*, (1998).

XVII. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El análisis de las variables climáticas y edáficas, que más influyen en el crecimiento y desarrollo en el cultivo de arroz, se mencionan en la ficha técnica del anexo 2.

Desde el punto de vista climático (temperatura y precipitación) el estado de Tabasco cuenta con 1,559,402 ha con alto potencial para cultivar arroz (Anexo 3). El resto del estado no es apto para cultivar este grano, esto debido a que presenta zonas con requerimientos hídricos menores a las demandas fisiológicas de la planta, asimismo también presenta zonas con altas precipitaciones las cuales afectan el proceso de polinización y de cosecha.

En cuanto, a los requerimientos de suelo para el cultivo de arroz, el estado de Tabasco cuenta con 20 subunidades de suelo aptas para este cultivo, que en

conjunto suman una superficie de 872,705 hectáreas, las cuales se mencionan a continuación: Fluvisol Éútrico (FLeu), Fluvisol Éútrico, Vertisol Crómico (FLeu, VRcr), Fluvisol Éútri-Gléyico (FLeugl), Fluvisol Dístri-Gléyico (FLdygl), Fluvisol Éútri-calcárico, Gleysol Mólico (FLeuca, Glmo), Fluvisol Éútri-Gléyico, Gleysol Éútrico (FLeugl, GLeu), Cambisol Dístrico (CMdy), Cambisol Endogléyico (CMgln), Vertisol Pélico (VRpe), Vertisol Pélico, Gleysol Éútrico (VRpe, GLeu), Vertisol Éútrico (VReu), Vertisol Éútri-Pélico (VReupe), Vertisol Éútri-Gléyico (VReugl), Gleysol Mólico (Glmo), Gleysol Dístrico (GLdy), Gleysol Úmbrico, Alisol Férrico (GLum, ALfr), Gleysol Éútrico (GLeu), Gleysol Éútrico, Vertisol Éútrico (GLeu, VReu), Gleysol Mólico (GLmo) y Gleysol Mólico, Vertisol Éútrico (GLmo, VReu).

Estas subunidades de suelo, son las que cumplieron con las variables edáficas (química y física) del Cuadro 17, que exige como mínimo el cultivo de arroz, para alcanzar rendimientos aceptables y que se reportan en el Anexo 2. El resto de la superficie de Tabasco, no presenta suelos aptos para este cultivo

El análisis edafoclimático (clima y suelo) muestra que el estado de Tabasco, cuenta con una superficie potencial de 640,987 hectáreas para cultivar arroz, que se distribuyen en quince municipios del estado de Tabasco (Figura 3), de las cuales el 69% de ellas se concentran en seis municipios que se jerarquizan a continuación: Balancán (91,857 ha), Cárdenas (91,331 ha), Jonuta (82,830 ha), Comalcalco (69,927 ha), Cunduacán (55,030 ha) y Tacotalpa (54,224 ha). En la Figura 4 se ilustran las zonas de color mostaza con alto potencial productivo para cultivar arroz en el estado de Tabasco.

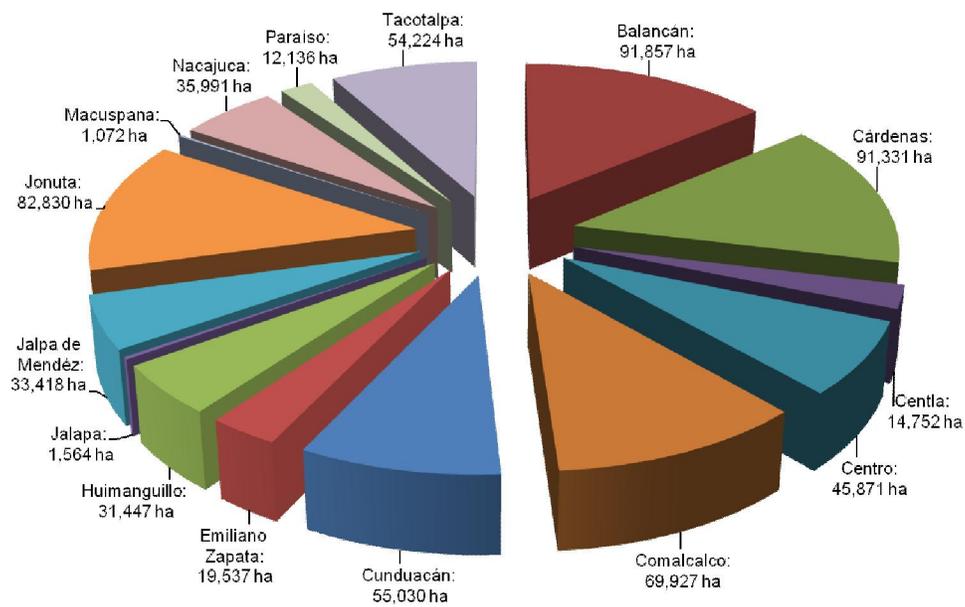


Figura 3. Superficie por municipio con alto potencial para cultivar arroz en el estado de Tabasco.

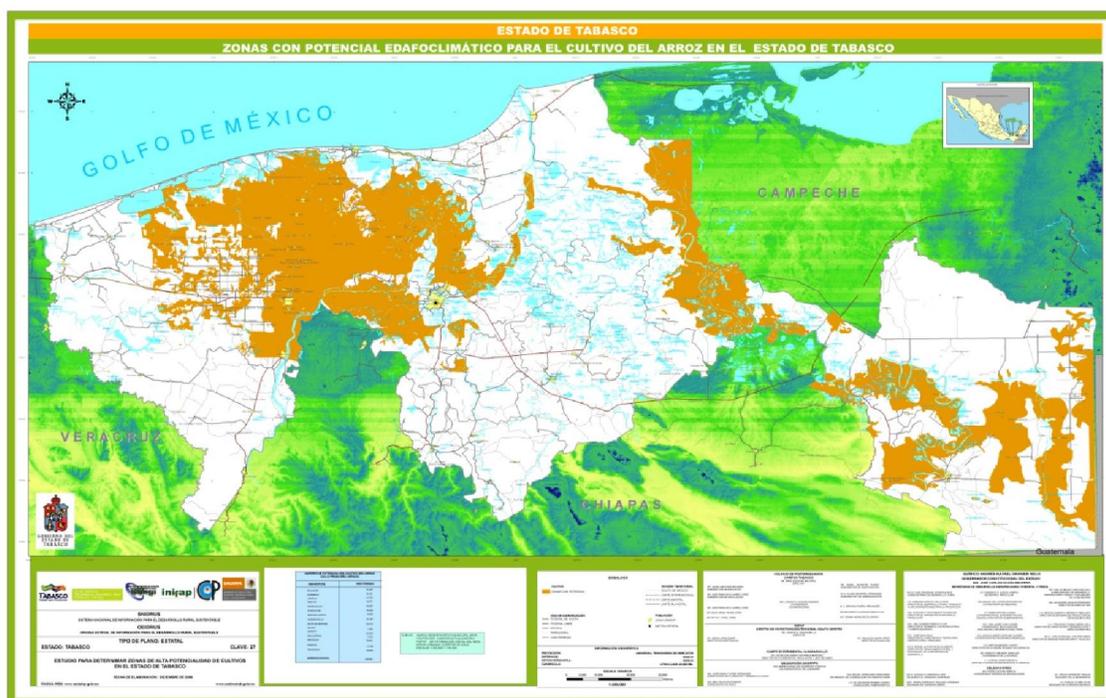


Figura 4. Distribución geográfica de la superficie con alto potencial productivo para el cultivo de arroz en el estado de Tabasco.

El rendimiento potencial del cultivo de arroz en el estado de Tabasco varía con las fechas de siembra. Para las siembras del 30 de mayo al 31 de julio los rendimientos potenciales estimados son de 7.3 t ha⁻¹, en las áreas con alto potencial productivos ilustradas en la Figura 4. Para las siembras del primero de agosto al 15 de octubre los rendimientos estimados son de 6.2 t ha⁻¹.

Esta disminución en el rendimiento se debe principalmente a la alta correlación que existe entre la radiación global, la temperatura media y mínima con el rendimiento de arroz (Olivera 1993). En el estado de Tabasco a partir de septiembre la radiación global disminuye, debido a la alta nubosidad (Peralta-Gamas *et al*, 2008) lo cual explica la disminución del rendimiento.

Los rendimientos potenciales de 7.3 y 6 t ha⁻¹ para estado de Tabasco, superan a los reportados por Jiménez *et al.*, (1997) y Jiménez, (2005) en variedades IR107173-5-2-2 y RH5574-11Cx-1Cx-1Cx-2Cx-1Cx-0Cx cuyos rendimientos son de 5.01 t ha⁻¹ y 4.80 t ha⁻¹ respectivamente. Asimismo también superan a los reportados por García, (1991) quien reporta rendimientos de 5.32 t ha⁻¹ para el municipio de Balancán.

XVIII. CONCLUSIONES

Del presente estudio realizado, con la metodología propuesta por la FAO, (1978) se desprenden las siguientes conclusiones.

- ✚ El estado de Tabasco, tiene un potencial climático (temperatura y precipitación) de 1,559,402 hectáreas para cultivar arroz.
- ✚ El potencial edafológico del estado de Tabasco, para el cultivo de arroz es de 872,705 hectáreas.
- ✚ La superficie con alto potencial edafoclimático (clima y suelo) para cultivar arroz en el estado de Tabasco es de 640,987 hectáreas.

- ✚ El principal factor ambiental que más limita el potencial productivo para el cultivo de arroz en el estado de Tabasco es el factor suelo.
- ✚ Los rendimientos potenciales esperados para el cultivo de arroz en el estado de Tabasco son 6.2 a 7.3 t ha⁻¹ dependiendo de la época de siembra.
- ✚ El 69% de la superficie con alto potencial edafoclimático se concentra en seis municipios: Balancán (91,857 ha), Cárdenas (91,331 ha), Jonuta (82,830 ha), Comalcalco (69,927 ha), Cunduacán (55,030 ha) y Tacotalpa (54,224 ha).
- ✚ Las fechas de siembra para este cultivo son del 30 de mayo al 15 octubre.

XIX. BIBLIOGRAFÍA

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

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

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

CMA, (Consejo Mexicano del Arroz). 2009. Arroz en México. *Disponible en:*
http://www.consejomexicanodelarroz.com/CMA/HISTORIA_DEL_ARROZ.html

CNA, (Comisión Nacional de Agua). 2005. Productos Climatológicos. Servicio Meteorológico Nacional. Disponible e *n:* <http://smn.cna.gob.mx>.

Contreras, L. A.; Márquez, C.F y Hernández, A. 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. 21 p.

Chaudhary, R. C.; Nanda, J. S y Tran, D. 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. 73 p.

De La Garza, G.R. 1979. Respuesta del arroz (*Oriza 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. 78 p.

- 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, Africa. 158 p.
- FAO, (Food and Agriculture Organization of the United Nations). 1981. Report on the Agro-ecological Zones Project. Vol. 1: Methodology and Results for Africa. World Soils Report No. 48. Rome, Italia.
- FAO. 1994. ECOCROP 1. The adaptability level of the FAO crop environmental requirements database. Versión 1.0. AGLS. FAO. Rome, Italy. Disponible en: www.ecocrop.fao.org/ecocrop/srv/en/cropFindForm.
- FAO, (Organización de las Naciones Unidas para la agricultura y la alimentación). 2009. Disponible en: <http://faostat.fao.org/site/636/default.aspx#ancor>
- FAS-USDA. 2009. Disponible en: http://www.usarice.com.mx/interes_importadores.htm.
- Fischer, G.; Granat, J y Makowski, M. 1999. 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. 91 p.
- García, E. 2004. Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Köppen. Instituto de Geografía. UNAM. Serie Libros, Num. 6. México D.F. 90 p.

- García, P. F. 1991. Fechas de siembra y variedades para escape a la sequía intraestival en arroz. V Reunión Científica Forestal y Agropecuaria. Centro de investigación Forestal y Agropecuaria. SARH-INIFAP. Villahermosa Tabasco. 17 p.
- Ge, S.; Sang, T.; Lu, B.; Hong, D. 1999. Phylogeny of rice genomes with emphasis on origins of allotetraploid species. J. Proc Natl Acad Sci (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 os 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. 206 p.
- IMTA, (Instituto Mexicano de Tecnología del Agua). 2003. ERIC III. Extractor Rápido de Información Climatológica v.1.0. 2007.
- Jiménez, Ch. J. A. 2005. Validación de líneas experimentales de arroz en la región de la Chontalpa del estado de Tabasco. XVIII Reunión Científica Tecnológica Forestal y Agropecuaria. Villahermosa Tabasco. pp. 41-45.

- Jiménez, Ch. J. A. y López, L. R. 2008. Evaluación bajo sistema de riego de las variedades de arroz más aptas para Tabasco. Ficha tecnológica. Instituto Nacional de Investigación Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). 34 p.
- Jiménez, Ch. J. A.; Miruentes, H. F.; Ayón, R. E. A.; Contreras, L. A. 1997. Comportamiento productivo de variedades y líneas experimentales de arroz en el estado de Tabasco. X Reunión Científica Tecnológica Forestal y Agropecuaria. Villahermosa Tabasco. pp. 79-83.
- Jing, Q.; Dai, J.; Jiang, D.; Zhu, Y and Cao, W. 2007. Spacial distribution of leaf area index and leaf N content in relation to grain yield and nitrogen uptake in rice. Plant Production Science. Vol. 10. (1). 136-145
- Ochse, J. J.; Soule, M. J; Dijkman, M. J. y Wehlburg, C. 1982. Cultivos y Mejoramientos de Plantas Tropicales y Subtropicales. Vol. II. Limusa. México. pp.1348-1349.
- Olivera, De Los S. A. 1993. Modelos agroclimáticos para estimar el rendimiento de arroz de la variedad Huimanguillo A-88. NIFAP. VI. Reunión Científica Forestal y Agropecuaria. Centro de Investigación Regional del Golfo-Centro. Villahermosa Tabasco, México. p 12.
- Ospina, J y Aldana, H. 2001. Enciclopedia Agropecuaria, Producción Agrícola. Tomo 1. Terranova. 45 p.
- 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. 46 p.

- Palma-López, D.J.; Cisneros, D.E.; Moreno C.E y Rincón-Ramírez, J.A. 2007. Suelos de Tabasco: Su Uso y Manejo Sustentable. Colegio de Postgraduados-ISPROTAB-FRUPROTAB. Villahermosa, Tabasco, México. 195 p.
- Peralta-Gamas, M.; Jiménez-Jiménez, R.; Martínez-Gallardo, J.B.; Castro, F.C.R.; Bautista-Bautista, E.; Rivera-Hernández, B.; Pascual-Córdova, A.; Caraveo-Ricardez, A.C y Aceves-Navarro, L.A. 2008. Estimación de la variación espacial y temporal de la radiación solar en el estado de Tabasco, México. XX Reunión Científica-Tecnológica Forestal y Agropecuaria de Tabasco. Villahermosa Tabasco. pp. 243-253.
- Santos G.; Flores, G y Colorado, D. 1982. Manual de producción de arroz en el estado de Tabasco. Folleto para productores No. 2. SARH-INIA-CIAGOC. Campo Agrícola Experimental Huimanguillo Tabasco. 43 p.
- SIAP-SAGARPA. 2009. Servicio de información agroalimentaria y pesca- Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. Anuario Estadístico de la Producción Agrícola. Disponible en: *http://www.siap.sagarpa.gob.mx*.
- SIEM, (Sistema de Información Empresarial Mexicano). 2009. Disponible en: www.siem.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. 113 p.
- USA-RICE. 2009. Disponible en: http://www.usarice.com.mx/interes_importadores.htm

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.; Peng, S.; He, Q.; Yang, H.; Yang, Ch.; Visperas, R.M and Cassman, K.

G. 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 crop science. Los Baños. Laguna.

Filipinas. IRRI. 163 p.

XX. ANEXOS

ANEXOS

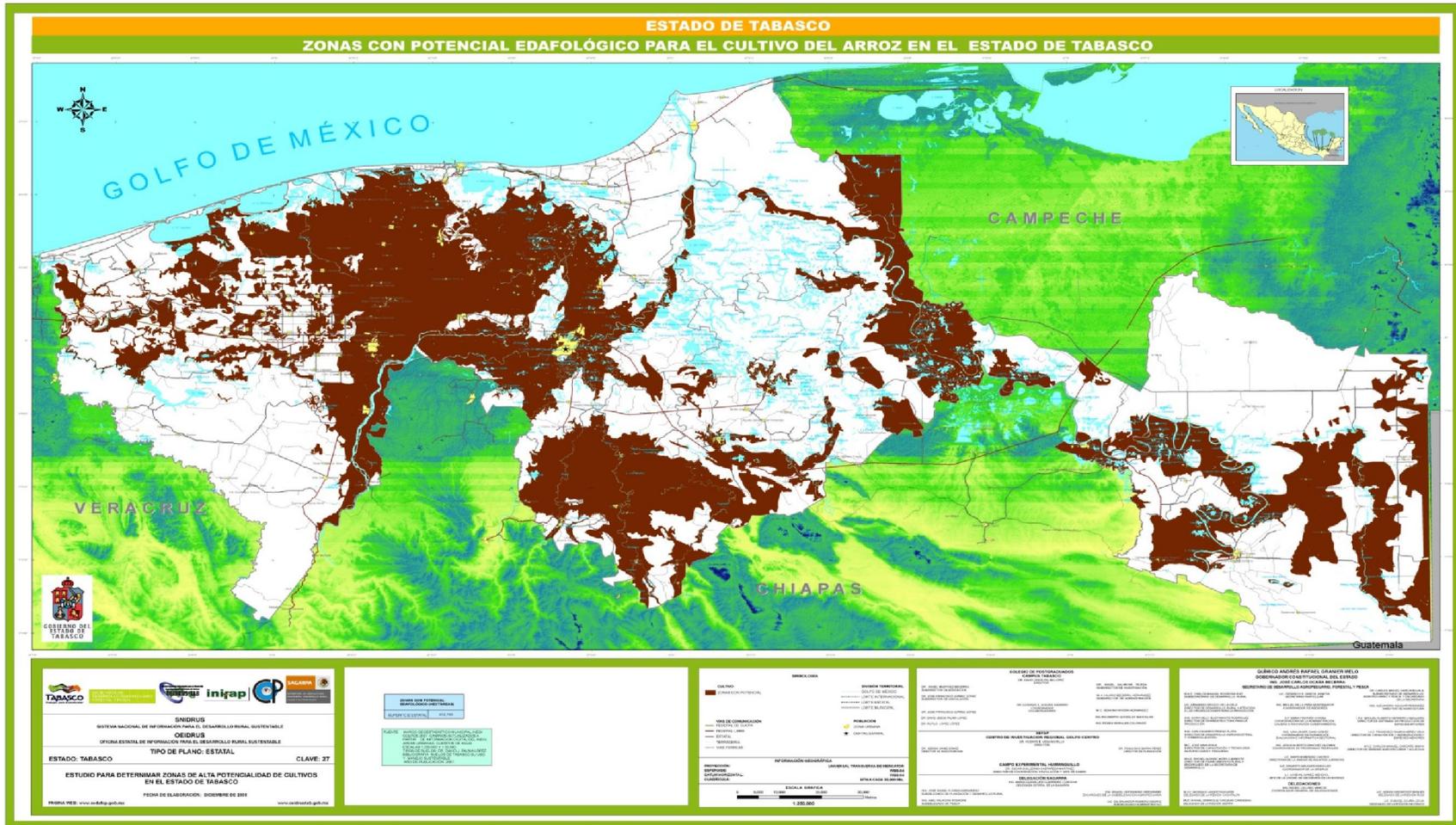
Anexo 1. Ubicación geográfica de las estaciones meteorológicas en el estado de Tabasco.

MUNICIPIO		ESTACIÓN	LATITUD	LONGITUD	ALTITUD
BALANCÁN	1	APATZINGAN	705156	1946979	65
	2	BALANCAN	655091	1969771	18
	9	EL TRIUNFO	693295	1984127	60
	27	SAN PEDRO	695219	1968096	40
CÁRDENAS	4	CAMPO EW-75	557540	1983263	8
	5	CARDENAS	459419	1990228	21
CENTLA	34	VICENTE GUERRERO	510562	2033891	8
CENTRO	18	MACULTEPEC	517627	2008633	10
	25	PUEBLO NUEVO	513608	1957983	60
	33	VILLAHERMOSA	507587	1989818	10
COMALCALCO	6	COMALCALCO	687931	2021525	20
CUNDUACÁN	7	CUNDUACAN	481482	1998492	26
	26	SAMARIA	471059	1986519	17
	32	TULIPAN	463500	2002205	16
	10	EMILIANO ZAPATA	701469	1961701	16
HUIMANGUILLO	11	FCO. RUEDA	404399	1972592	7
	16	LA VENTA	391568	2005239	20
	20	MEZCALAPA	455800	1949668	50
	21	MOSQUITERO	432846	1958952	32
	24	PAREDON	459189	1964044	12
JALPA DE MÉNDEZ	12	JALPA DE MENDEZ	493478	2009179	10
JONUTA	13	JONUTA	589944	1999612	13
MACUSPANA	14	KM662	549151	1949496	100
	19	MACUSPANA	541873	1963308	60
	31	TEPETITAN	564905	1971084	10
PARAÍSO	23	PARAISO	478849	2034453	0
TACOTALPA	8	DOS PATRIAS	521395	1947419	60
	17	LOMAS ALEGRES	533597	1946882	70
	22	OXOLOTAN	526557	1921057	210
	28	TAPIJULAPA	318383	1931626	167
TEAPA	15	LA HUASTECA	507863	1961606	16
	29	TEAPA	505129	1941876	72
TENOSIQUE	3	BOCA DEL CERRO	659848	1927016	100
	30	TENOSIQUE	667062	1932608	32
	35	FRONTERA	538702	2047388	1

Anexo 2. Requerimientos bioclimáticos del cultivo de arroz (FAO, 1994).

	Óptima		Absoluta		Suelo	Óptima	Absoluta
	Mínima	Máxima	Mínima	Máxima			
Requerimientos de temperatura	20	30	10	36	Profundidad	Media (50 a 150 cm)	Somero (20 a 50 cm)
Lluvia anual	1500	2000	1000	4000	Textura	Amplia	Amplia
Latitud	-	-	36	55	Fertilidad	Alta	Moderada
Altitud	-	-	-	2500	Toxicidad al aluminio	-	-
pH del suelo	5.5	7.0	4.5	9.0	Salinidad	Baja (<4 dS/m)	Baja (<4 dS/m)
Intensidad de la luz	Muy brillante	Muy brillante	Nublado	Muy brillante	Drenaje	Pobre (saturación >50% al año)	Pobre(saturación >50% al año)

Anexo 4. Zonas con alto potencial edafológico para cultivar arroz en el estado de Tabasco.



Anexo 6. Análisis químico de los suelos

SUBUNIDAD: Vertisol Éutrico (VReu)

Horizonte	TEXTURA			pH H ₂ O	MO %	cmol (+) kg ⁻¹					P Asim. mg kg ⁻¹	CC %	PMP %	Dap Mg m ⁻³
	A%	L%	R%			CIC	Ca	Mg	Na	K				
A1	36.0	12.0	52.0	7.5	1.21	34.0	17.75	16.45	0.72	0.28	0.70	32.0	-	1.46
A2	16.0	30.0	54.0	7.2	0.13	28.7	16.5	11.31	0.74	0.33	0.77	36.0	-	1.53
Cg1	30.0	34.0	46.0	7.5	0.55	26.3	13.12	10.74	0.70	0.45	1.08	32.40	-	1.64
Cg2	35.6	22.3	42.1	7.0	2.42	24.5	13.12	10.74	0.59	0.58	8.57	28.50	-	1.60

SUBUNIDAD: Vertisol Éutri-pélico (VReupe)

Horizonte	TEXTURA			pH H ₂ O	MO %	cmol (+) kg ⁻¹					P Asim. mg kg ⁻¹	CC %	PMP %	Dap Mg m ⁻³
	A%	L%	R%			CIC	Ca	Mg	Na	K				
A1	41.08	14.0	44.91	7.1	3.19	46.63	34.54	11.34	0.18	0.33	0.56	30.95	17.96	1.28
A2	39.80	12.0	48.91	7.6	1.05	48.25	34.54	12.51	0.62	0.40	t	28.92	19.27	-
Cg	41.80	14.0	44.19	7.6	0.94	46.87	33.85	12.05	0.48	0.27	0.56	30.53	17.67	-

SUBUNIDAD: Vertisol pélico (VRpe)

Horizonte	TEXTURA			pH H ₂ O	MO %	cmol (+) kg ⁻¹					P Asim. mg kg ⁻¹	CC %	PMP %	Dap Mg m ⁻³
	A%	L%	R%			CIC	Ca	Mg	Na	K				
A1	41.08	14.0	44.91	7.1	3.19	46.63	34.54	11.34	0.18	0.33	0.56	30.95	17.96	1.28
A2	39.80	12.0	48.91	7.6	1.05	48.25	34.54	12.51	0.62	0.40	t	28.92	19.27	-
Cg	41.80	14.0	44.19	7.6	0.94	46.87	33.85	12.05	0.48	0.27	0.56	30.53	17.67	-

SUBUNIDAD: Vertisol éutri- gleyico (VReugl).

Hor.	pH	CE	pH pasta	CE-Pasta	MO	C0	N	P	K	Ca	Mg	Na	CIC	PMP	HCC	A	L	R	Clasificación textural
	R= 1:2 Y 1:8*	dSm ⁻¹		dSm ⁻¹	%			mg kg ⁻¹	Cmol (+)kg ⁻¹					%					
A1	6.8	0.068			4.78	2.77	0.24	20.56	0.42	16.97	8.22	0.35	31.0		50	50	20	30	Migajón arcillo-arenoso
Ag3	7.6	0.051			1.73	1.00	0.1	1.69	0.23	18.06	9.87	0.37	29.2		41	49	19	32	Migajón arcillo-arenoso
Cg	7.9	0.042			0.88	0.51	0.06	t	0.17	18.26	9.87	0.41	32.3		41	48	19	33	Migajón arcillo-arenoso

SUBUNIDAD: Fluvisol Éutrico (FLeu)

Horizonte	T E X T U R A			pH H ₂ O	M.O. %	cmol (+) kg ⁻¹					P. asim mg kg ⁻¹	C.C. %	P.M.P. %	D.A. Mg m ⁻³
	A%	L%	R%			CIC	Ca	Mg	Na	K				
A1	46.1	16.3	37.6	6.3	2.52	31.0	16.75	7.30	0.54	0.46	2.62	33.10	-	1.56
C	43.2	29.9	26.9	6.3	0.28	28.30	12.87	6.94	0.65	0.27	0.70	-	-	1.49
2C1	92.3	4.8	2.9	6.4	0.42	8.10	3.37	1.27	0.41	0.13	8.05	-	-	1.45
2C2	94.3	1.8	3.9	6.7	0.49	5.70	2.87	0.82	0.30	0.10	4.55	-	-	1.40
2C3	96.3	1.8	1.9	6.7	2.81	4.40	2.0	1.80	0.22	0.06	5.25	-	-	1.89

SUBUNIDAD: Fluvisol Éutri-Gléyico (FLeugl)

Horizonte	T E X T U R A			pH H ₂ O	M.O. %	cmol (+) kg ⁻¹					P. asim mg k ⁻¹	C.C. %	P.M.P. %	D.A. Mg m ⁻³
	A%	L%	R%			C.I.C.	Ca	Mg	Na	K				
A1	38.4	12.7	48.9	6.5	1.96	35.7	23.9	10.7	.55	.30	18.45	30.69	19.56	1.26
C	41.1	28.7	30.2	7.1	.75	29.2	19.9	8.4	.46	.16	1.12	23.82	12.07	-
2ICg	89.8	0.0	10.2	7.1	.20	8.6	4.4	3.6	.26	.06	9.79	4.06	4.06	-

SUBUNIDAD: Gleysol Mólico (GLmo)

Horizonte	T E X T U R A			pH H ₂ O	M.O. %	cmol (+) kg ⁻¹					P. asim mg kg ⁻¹	C.C. %	P.M.P. %	D.A. Mg m ⁻³
	A%	L%	R%			CIC	Ca	Mg	Na	K				
Ag1	40.7	24.6	34.3	7.4	2.4	42.1	26.4	14.3	1.2	1.68	36.53	13.91	42.10	1.29
Cg1	39.3	20.6	40.1	7.4	1.1	36.8	22.3	13.2	1.1	0.28	35.85	16.02	36.79	1.37
2Cg2	38.7	39.4	21.4	7.3	1.1	32.9	21.3	10.7	0.8	0.28	33.15	8.57	32.98	-
2Cg3	69.4	20.6	10.1	7.4	0.6	21.6	13.2	7.2	0.9	2.8	22.7	4.02	21.45	-

SUBUNIDAD: Gleysols Éutricos (GLEu)

Horizonte	T E X T U R A			pH H ₂ O	M.O. %	cmol (+) kg ⁻¹					P. asim mg kg ⁻¹
	A%	L%	R%			C.I.C.	Ca	Mg	Na	K	
A1	46.0	16.0	37.9	5.4	8.7	36.5	18.9	14.3	0.7	1.5	33.
A2	42.7	3.6	53.6	4.7	1.6	42.8	17.9	16.2	1.3	1.2	6.1
Bg	43.2	6.7	50.0	4.9	0.7	37.6	21.4	9.9	3.8	0.2	1.
Cg1	43.0	6.7	50.1	6.5	0.4	59.4	26.0	26.1	6.0	0.3	t
Cg2	49.2	4.7	46.0	8.2	0.3	84.0	41.6	35.9	6.2	0.2	t

SUBUNIDAD: Gleysol Mólico (GLmo).

Hor.	pH	CE	pH pasta	CE-Pasta	MO	C0	N	P	K	Ca	Mg	Na	CIC	PMP	HCC	A	L	R	Calif. Sódico %	PSB	CIC cmol ⁽⁺⁾ 1g ⁻¹ de arcilla	Clasificación textural
	R= 1:2 Y 1:8*	dSm ⁻¹		dSm ⁻¹	%			mg kg ⁻¹	Cmol (+)kg ⁻¹					%								
H-1	4.8	1.052	4.6	15.070	17	9.92	0.86	10.8	0.21	5.58	4.85	3.11	19.2	27	22	78	16	6	41.4	71.6	320	Arena migajosa
H-2	5.0	0.026	4.8	6.667	3.9	2.23	0.19	2.2	0.05	1.89	2.06	1.10	9.5	8	9	77	7	16	33.3	53.7	59.4	Migajón arenoso
H-3	5.2	0.201	4.8	4.710	1	0.62	0.05	2.2	0.06	1.33	0.13	0.80	4.7	6	8	80	5	15	19.8	49.4	31.3	Migajón arenoso
H-4	5.3	0.204	5.2	4.200	0.3	0.19	0.02	2.8	0.65	0.58	0.70	0.70	2.6	3	5	83	4	13	53.8	101.1	20	Arena migajosa

SUBUNIDAD: Cambisoles Endogléricos (CMgIn)

Horizonte	T E X T U R A			pH H ₂ O	M.O. %	cmol (+) kg ⁻¹					P. asim mg kg ⁻¹	C.C. %	P.M.P. %	D.A. Mg m ⁻³
	A%	L%	R%			C.I.C.	Ca	Mg	Na	K				
A1	43.80	16.0	40.19	6.0	4.90	39.28	28.27	9.47	0.51	0.77	26.0	29.18	16.07	1.05
Bwg	40.72	14.0	45.27	5.6	2.32	40.19	28.15	10.64	0.41	0.73	24.0	27.06	18.10	-
Cg	45.80	26.0	28.19	6.4	1.73	31.99	21.31	9.47	0.36	0.52	27.66	23.85	11.27	-

Subunidad: Gleysol Húmico (GLhu)

Horizontes	pH (H ₂ O)	pH (KCl)	CE dS m ⁻¹	MO	N	P mg kg ⁻¹	K	Ca	Mg	T	CIC	Da g cm ³	Arcilla	Limo	Arena	Textura
	rel. 1:2			-----(%)- ---	-----cmol (+) kg ⁻¹ ----- -----					-----(%)- -----						
0 - 10	5.3	4.8	0.05	5.8	0.25	5.7	0.10	5.19	0.54	0.17	9.98	0.74	20	13	67	Migajón arenoso
10 - 34	5.1	4.3	0.01	2.3	0.04	1.9	0.03	0.52	0.09	0.03	2.99	*	16	7	77	Migajón arenoso
34 - 45	4.7	4.1	0.03	7.4	0.22	5.0	0.09	1.82	0.50	0.13	15.0	*	44	31	25	Arcilla

Subunidad: Cambisol Districo (CMdy)

Horizonte	pH (H ₂ O) rel. 1:2	CE dS m ⁻¹	MO %	P mg kg ⁻¹	K	Na	Ca	Mg	CIC	Da t m ⁻³	Suma de bases	PSB	Arcilla	Limo	Arena	Textura
					cmol (+) kg ⁻¹								%			
Ap	4.8	0.04	6.6	5.4	0.18	0.05	2.38	0.14	10.37	1.16	2.7	26.6	37	14	49	Arcillo arenosa
BA	4.7	0.02	2.2	NSD	0.04	0.03	0.49	0.02	5.43	1.08	0.5	9.7	39	15	46	Arcillo arenosa
Bw1	4.5	0.04	0.7	NSD	0.02	0.03	0.85	0.03	4.94	1.35	0.9	18.8	41	17	42	Arcilla
Bw2	4.6	0.02	0.4	NSD	0.02	0.07	0.69	0.04	3.66	-	0.8	22.6	40	13	47	Arcillo arenosa
C	4.8	0.05	0.2	NSD	0.03	0.11	0.78	0.07	16.30	-	0.9	6.0	51	14	35	Arcilla