



SECRETARÍA DE DESARROLLO RURAL

www.campeche.gob.mx @CAMPECHEPROGRESA

EN **CAMPECHE**
VAMOS POR NUESTRO
PROGRESO



SDR

**ESTUDIO PARA DETERMINAR ZONAS DE ALTA
POTENCIALIDAD DEL CULTIVO LIMÓN PERSA (*Citrus
latifolia* Tan.) EN EL ESTADO DE CAMPECHE**



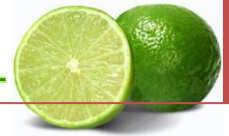
Dr. José Francisco Juárez López
Dr. Lorenzo Armando Aceves Navarro
Dr. José Jesús Obrador Olán
M.C. Rigoberto González Mancillas
M.C. Nubia Nitzel Torres Rosas
Ing. Matías Hernández Gómez

F
I
D
E
S
U
Fideicomiso para
el Desarrollo Regional
del Sursureste

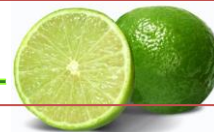


Campus Tabasco

TOMO IX -2012



**ESTUDIO PARA DETERMINAR ZONAS DE ALTA
POTENCIALIDAD DEL CULTIVO LIMÓN PERSA (*Citrus
latifolia* Tan.) 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
**Secretaria de Administración e Innovación
Gubernamental**

DR. EVERARDO ACEVES NAVARRO
Secretario de Desarrollo Rural

ARQ. MARIO HURTADO ESCALANTE
Responsable de la Unidad de Inversión

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



COLEGIO DE POSTGRUADOS

DIRECTORIO

Dr. JESÚS MONCADA DE LA FUENTE
Director General

Dr. RAÚL GERARDO OBANDO RODRÍGUEZ
Secretario Académico

Lic. ROLANDO RAMOS ESCOBAR
Secretario Administrativo

Dr. PONCIANO PÉREZ HERNÁNDEZ
Director de Educación

Dr. JUAN ANTONIO VILLANUEVA JIMÉNEZ
Director de Investigación

Dr. MIGUEL CABALLERO DELOYA
Director de Vinculación

CAMPUS TABASCO

DIRECTORIO

Dr. CARLOS FREDY ORTIZ GARCÍA
Director

DR. CÉSAR JESÚS VÁZQUEZ NAVARRETE
Subdirector de Educación

DR. ÁNGEL MARTÍNEZ BECERRA
Subdirector de Investigación

DR. JOSÉ FRANCISCO JUÁREZ LÓPEZ
Subdirector de Vinculación

CPA. MARÍA GABRIELA MARTÍNEZ QUINTANA
Subdirectora de Administración



CONTENIDO

I.	INTRODUCCIÓN	1
II.	OBJETIVOS	2
III.	SUPERFICIE CULTIVADA Y RENDIMIENTO DE LIMÓN EN EL MUNDO	2
IV.	SUPERFICIE CULTIVADA Y RENDIMIENTO DE LIMÓN PERSA EN MÉXICO Y EN EL ESTADO DE CAMPECHE	7
V.	REQUERIMIENTOS AGROCLIMÁTICOS	12
VI.	REQUERIMIENTOS EDAFOLÓGICOS	14
VII.	DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA METODOLOGÍA.....	15
VIII.	SELECCIÓN DE LOS REQUERIMIENTOS BIOCLIMÁTICOS DEL CULTIVO DE LIMÓN PERSA.....	17
8.1	Inventario climático.....	18
8.1.1	División climática.....	18
8.1.2	Período de crecimiento.....	18
8.2	Inventario edafológico	19
8.2.1	División edafológica	19
8.3	Fuentes de información	19
8.3.1	Información climática.....	19



8.3.2	Información edafológica	20
8.3.3	Información cartográfica	20
IX.	ESTIMACIÓN DE RENDIMIENTO POTENCIAL PARA EL CULTIVO DE LIMÓN PERSA	20
X.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	24
XI.	CONCLUSIONES	28
XII.	BIBLIOGRAFÍA.....	30
XIII.	ANEXOS.....	34

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1.	Países productores de Limones y limas a nivel mundial en el 2009.....	3
Cuadro 2.	Superficie cultivada (ha) de limón en México en el año 2010.	8
Cuadro 3.	Superficie cultivada (ha) de limón en el estado de Campeche en la modalidad de Temporal durante el periodo 2005-2010.....	9
Cuadro 4.	Superficie cultivada (ha) de limón en el estado de Campeche bajo riego (Periodo 2005-2010).	10
Cuadro 5.	Producción (toneladas) de limón de temporal en el estado de Campeche (Periodo 2005-2010).....	10



Cuadro 6.	Producción (toneladas) de limón en el estado de Campeche en riego (Periodo: 2005-2010).....	11
Cuadro 7.	Rendimiento (t ha ⁻¹) de limón en el estado de Campeche bajo temporal (2005-2010).	11
Cuadro 8.	Rendimiento (t ha ⁻¹) de limón en el estado de Campeche bajo riego (2005-2010).....	12
Cuadro 9.	Variables seleccionadas para definir áreas de alta potencialidad para el cultivo limón persa en el estado de Campeche.	17
Cuadro 10.	Superficie (ha) con potencial climatológica, edafológica y edafoclimática para el cultivo de limón persa (<i>Citrus latifolia</i> Tan.) en el estado de Campeche.	24
Cuadro 11.	Superficie (ha) de las subunidades de suelos aptos para el cultivo de limón persa (<i>Citrus latifolia</i> Tan.) en el estado de Campeche.	25
Cuadro 12.	Municipios del estado de Campeche con zonas edafoclimáticas potenciales para el cultivo de Limón persa (<i>Citrus latifolia</i> Tan.)	26
Cuadro 13.	Rendimiento potencial (t ha ⁻¹) para el cultivo de limón persa (<i>Citrus latifolia</i> Tan.) en los municipios del estado de Campeche.	27



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.	Metodología simplificada de la zonificación agroecológica para el cultivo de limón persa.....	16
------------------	---	----

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1.	Ubicación geográfica de las estaciones meteorológicas en el estado de Campeche.....	34
Anexo 2.	Requerimientos bioclimáticos del cultivo de limón persa (<i>Citrus latifolia</i> Tan.).....	36
Anexo 3.	Requerimientos edafológicos del cultivo de limón persa (<i>Citrus latifolia</i> Tan.).....	36
Anexo 4.	Zonas con alto potencial agroclimático para el cultivo de limón persa (<i>Citrus latifolia</i> Tan.) en el estado de Campeche.....	40
Anexo 5.	Zonas con alto potencial edafológico para el cultivo de limón persa (<i>Citrus latifolia</i> Tan.) en el estado de Campeche	41
Anexo 6.	Zonas con alto potencial edafoclimático para el cultivo de limón persa (<i>Citrus latifolia</i> Tan.) en el estado de Campeche.....	42



I. INTRODUCCIÓN

El cultivo de limón persa (*Citrus latifolia* Tan.), también conocido comúnmente con los nombres de: *Persian Lime*, *Tahiti Lime* y *Bears Lime*, tanto en los mercados de Norte América como de Europa; se considera como un híbrido entre *Citrus Aurantifolia* (Christm) con algún otra especie de *Citrus*, los cuales se desarrollan en áreas tropicales y subtropicales (Quijada *et al.*, 2002).

El limón persa es consumido principalmente en fresco, según la FAO; al menos hasta el año 2009 fueron reportados 108 países como productores de Limones y limas, entre los que México destaca de manera importante como el segundo país productor a nivel mundial. En México el limón persa es cultivado mayormente bajo riego (59%), e incluso de igual forma en el estado de Campeche.

En el 2009, la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y Alimentación (FAO), reporta que se cultivaron 1, 031, 608 hectáreas de Limones y limas, rubro donde se reporta el limón con una producción de 13, 607, 350 toneladas, y un rendimiento mundial de 13.19 t ha⁻¹. En este caso México ocupa el segundo lugar en área cosechada (141,752 ha) y en producción (1, 987, 450 t) de limón, pero el trigésimo cuarto en rendimiento (14.02 t ha⁻¹). Cabe señalar que en el estado de Campeche se cultivaron 1, 016.5 ha en el 2010, con una producción total de 6, 783.75 toneladas y un rendimiento de 6.74 t ha⁻¹ bajo la modalidad de temporal más riego.

La importancia del limón persa radica en su valor nutritivo, medicinal y en la cantidad de valiosos productos y subproductos que se obtienen en el proceso de industrialización. Dentro de los diferentes usos que se le confieren al limón persa se menciona la fabricación de ácido cítrico a partir del jugo de limón, el jugo concentrado congelado, la fruta fresca, la fabricación de pectina, la pasta para alimentación de ganado, y la extracción de aceites esenciales utilizados en la fabricación de bebidas carbonatadas, repostería, perfumería y en la industria de



jabones y detergentes (Méndez, 2003). Asimismo es un producto agrícola con un amplio potencial para el mercado internacional (SIAP-SAGARPA, 2011).

Debido a la importancia del limón persa como materia prima de diversos productos, y siendo uno de los principales cultivos en el estado, el gobierno del estado de Campeche en conjunto con las instituciones de investigación se plantearon el objetivo de identificar las zonas de alto potencial para el cultivo de limón persa (*Citrus latifolia* Tan), como una opción de uso de la tierra en el Estado. Para tal propósito se realizó un estudio de Zonificación Agroecológica con el fin de brindar información confiable al productor para invertir en el establecimiento del cultivo de limón persa (*Citrus latifolia* Tan.) en el estado de Campeche.

II. OBJETIVOS

- Determinar las Zonas con Alta Potencial Productiva del cultivo de limón persa (*Citrus latifolia* Tan.) en el estado de Campeche.
- Elaborar el mapa de Zonificación de Alta Potencialidad Productiva para el cultivo de limón persa (*Citrus latifolia* Tan.) en el estado de Campeche.

III. SUPERFICIE CULTIVADA Y RENDIMIENTO DE LIMÓN EN EL MUNDO

La Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y Alimentación (FAO), reporta la producción de limón en el rubro de Limones y limas: En el 2009 indica que se cultivaron 1, 031, 608 hectáreas de Limones y limas, con una producción de 13, 607, 350 toneladas, y un rendimiento mundial de 13.19 t ha⁻¹ (Cuadro 1).



De los 108 países reportados como productores de Limones y limas, la India y México concentran el 44% de la superficie cultivada, mientras que China y Argentina reúnen el 48% de la producción mundial; en cuanto al rendimiento alcanzado el 34% de los países reportados tienen un rendimiento superior al rendimiento promedio mundial, entre ellos destacan Israel, Turquía y Estados Unidos de América con rendimientos de 37.50 t ha⁻¹, 37.03 t ha⁻¹ y 34.65 t ha⁻¹, respectivamente (Cuadro 1).

También se observa que los países con mayor superficie y producción se encuentran en los continentes dos continentes, Asia seguido de América, los cuales conjuntamente concentran el 83.5% de la superficie y el 84.8% de la producción de Limones y limas en el mundo. En este contexto, México ocupa el segundo lugar en área cosechada (141,752 ha) y en producción (1, 987, 450 t), pero el trigésimo cuarto en rendimiento (14.02 t ha⁻¹).

Los valores reportados a nivel mundial en producción (t ha⁻¹), superficie cosechada (ha) y rendimiento (t ha⁻¹) no necesariamente guardan una relación entre los distintos países, pues algunos de ellos aun cuando su superficie cosechada es similar, sus valores de producción y rendimiento son totalmente distintos. La diferencia entre estos valores posiblemente se debe a diversos factores entre los que destacan el uso de zonas no adecuadas para su cultivo, un mal manejo agronómico y factores medioambientales, entre otros.

Cuadro 1. Países productores de Limones y limas a nivel mundial en el 2009.

PAÍS	PRODUCCIÓN (t)	SUPERFICIE COSECHADA (ha)	RENDIMIENTO (t ha ⁻¹)
India	2571530	316050	8.14
México	1987450	141752	14.02
China	1014446	66867	15.17
Argentina	1000000	42000	23.81
Brasil	972437	41029	23.70
Estados Unidos de América	827350	23877	34.65
Turquía	783587	21160	37.03



Continuación del Cuadro 1. Países productores de Limones y limas a nivel mundial en el 2009.

PAÍS	PRODUCCIÓN (t)	SUPERFICIE COSECHADA (ha)	RENDIMIENTO (t ha ⁻¹)
Irán (República Islámica del)	711729	47089	15.11
España	551000	42500	12.96
Italia	486200	30000	16.21
Egipto	330000	38000	8.68
Sudáfrica	214415	11000	19.49
Perú	211159	20381	10.36
Chile	162000	7700	21.04
Tailandia	159090	17084	9.31
República Árabe Siria	140647	6456	21.79
Guatemala	117844	6917	17.04
Líbano	115000	4200	27.38
Pakistán	85280	7500	11.37
Grecia	83269	10032	8.30
Sudán	79885	5540	14.42
Colombia	74301	5568	13.34
Israel	62617	1670	37.50
Argelia	60110	3568	16.85
El Salvador	55953	2445	22.88
Bangladesh	55594	18480	3.01
Venezuela	55000	5000	11.00
Ghana	46681	6736	6.93
Uruguay	41993	1675	25.07
Túnez	38000	2694	14.11
Australia	36500	1673	21.82
Bolivia	28623	2947	9.71
Haití	28003	7075	3.96
Jamaica	24358	1734	14.05
Costa Rica	24226	1387	17.47
Nepal	23091	3479	6.64
Yemen	23039	2154	10.70
Marruecos	22000	1334	16.49
Jordania	21758	1805	12.05
Jamahiriya Árabe Libia	20252	1693	11.96
Territorio Palestino Ocupado	18371	760	24.17



Continuación del Cuadro 1. Países productores de Limones y limas a nivel mundial en el 2009.

PAÍS	PRODUCCIÓN (t)	SUPERFICIE COSECHADA (ha)	RENDIMIENTO (t ha ⁻¹)
Malí	16630	1045	15.91
Zimbabue	16253	2626	6.19
Paraguay	15000	800	18.75
Chipre	14150	696	20.33
Portugal	12050	979	12.31
República Democrática Popular Lao	11306	1870	6.05
Honduras	10327	1275	8.10
República Democrática del Congo	10000	687	14.56
Bahamas	9535	332	28.72
Malasia	8830	1895	4.66
Somalia	8477	1587	5.34
Cuba	8301	1116	7.44
Omán	7241	1289	5.62
Etiopía	6213	753	8.25
Ecuador	5745	4157	1.38
Emiratos Árabes Unidos	5700	315	18.10
Madagascar	5346	1587	3.37
Japón	5250	369	14.23
Iraq	5170	3100	1.67
Nueva Zelandia	4850	346	14.02
Mozambique	4592	944	4.86
Sri Lanka	4490	10300	0.44
Guinea-Bissau	4141	644	6.43
Congo	3758	388	9.69
República Dominicana	3234	2737	1.18
Azerbaiyán	2933	315	9.31
Tonga	2833	1005	2.82
Camboya	2200	384	5.73
Ruanda	2200	1550	1.42
Guyana	1961	388	5.05
República Centroafricana	1879	461	4.08
Trinidad y Tobago	1752	798	2.20
Georgia	1600	448	3.57
Tayikistán	1500	500	3.00
Guayana francesa	1351	456	2.96



Continuación del Cuadro 1. Países productores de Limones y limas a nivel mundial en el 2009.

PAÍS	PRODUCCIÓN (t)	SUPERFICIE COSECHADA (ha)	RENDIMIENTO (t ha-1)
Guadalupe	1273	442	2.88
Albania	1350	200	6.75
San Vicente y las Granadinas	1200	155	7.74
Filipinas	1180	460	2.57
Bahréin	1125	72	15.63
Dominica	1065	183	5.82
Francia	612	34	18.00
Uzbekistán	600	92	6.52
Malta	533	40	13.33
Granada	402	34	11.82
Reunión	394	30	13.13
Surinam	368	23	16.00
Martinica	337	87	3.87
Kenia	329	67	4.91
Burkina Faso	314	42	7.48
Antigua y Barbuda	310	86	3.60
República Unida de Tanzania	267	55	4.85
Santa Lucía	260	53	4.91
Puerto Rico	254	48	5.29
Croacia	249	110	2.26
Nueva Caledonia	188	83	2.27
Niue	139	26	5.35
Brunei Darussalam	71	16	4.44
Kuwait	41	4	10.25
Maldivas	34	4	8.50
Islas Cook	16	5	3.20
Bosnia y Herzegovina	10	2	5.00
Kirguistán	1	2	0.50
Djibouti	1827	-	-
Montserrat	81	-	-
Seychelles	44	-	-
Suazilandia	890	-	-
TOTAL MUNDIAL	13607350	1031608	13.19

Fuente: FAOSTAT, 2011



IV. SUPERFICIE CULTIVADA Y RENDIMIENTO DE LIMÓN PERSA EN MÉXICO Y EN EL ESTADO DE CAMPECHE

En México se cultivan 153, 442.62 ha de limón, de la cual 59% se cultiva en la modalidad de riego y el 41% bajo temporal; obteniéndose los mayores rendimientos bajo riego (14.43 t ha⁻¹) y el menor en la modalidad temporal (11.43 t ha⁻¹). Sin embargo, el rendimiento promedio obtenido para riego más temporal es de 13.15 t ha⁻¹ (SIAP, 2011).

En el Cuadro 2 se indica la superficie cultivada en hectáreas (ha) de limón en el ámbito nacional durante el 2010; a partir de estos datos reportados por el SIAP (2011) se identifican a 27 estados que cultivan limón, de los cuales ocho estados practican el cultivo de limón bajo riego y riego más temporal, entre ellos Aguascalientes, Baja California Norte, Baja California Sur, Guanajuato, Morelos, Querétaro, Sonora y Zacatecas; 18 estados manejan su cultivar bajo las tres modalidades (riego más temporal, riego y temporal), y Durango es el único estado que cultiva limón bajo temporal.

En México entre los estados de mayor superficie destinada al cultivo de limón en la modalidad de riego+temporal destacan de forma descendente: Michoacán, Veracruz, Colima y Oaxaca; mientras que para Guanajuato y Aguascalientes se reporta una superficie muy pequeña del cultivo de limón bajo esta modalidad. En la modalidad de temporal destacan en superficie cultivada con limón los estados de Veracruz y Oaxaca, con 31, 299.50 y 12, 106.64 ha respectivamente (Cuadro 2).

En general, se destaca que en la mayoría de estos estados reportados la mayor superficie asignada al cultivo de limón se encuentra bajo riego más temporal. El total de superficie dedicada al cultivo de limón en México en el año 2009 para la modalidad de riego+temporal fue de 153, 442.62 ha, en riego de 89, 952.99 ha y en la modalidad de temporal de 63, 489.63 ha.

**Cuadro 2.** Superficie cultivada (ha) de limón en México en el año 2010.

ESTADO	SUPERFICIE CULTIVADA (ha)	SUPERFICIE CULTIVADA (ha)	SUPERFICIE CULTIVADA (ha)
	RIEGO + TEMPORAL	RIEGO	TEMPORAL
AGUASCALIENTES	4	4	-
BAJA CALIFORNIA NORTE	177.5	177.5	-
BAJA CALIFORNIA SUR	48	48	-
CAMPECHE	1,016.50	545.5	471
CHIAPAS	1,148.55	130.05	1,018.50
COLIMA	21,512.64	20,941.19	571.45
DURANGO	-	-	268
GUANAJUATO	1	1	-
GUERRERO	6,939.25	961.25	5,978.00
HIDALGO	373	29	344
JALISCO	4,078.30	3,835.30	243
MÉXICO	150	87	63
MICHOACÁN	40,595.05	40,580.05	15
MORELOS	403.6	403.6	-
NAYARIT	2,158.67	610.1	1,548.57
OAXACA	17,514.54	5,407.90	12,106.64
PUEBLA	2,823.50	52.5	2,771.00
QUERÉTARO	13	13	-
QUINTANA ROO	330	44	286
SAN LUIS POTOSÍ	1,246.00	865	381
SINALOA	374	225	149
SONORA	134	134	-
TABASCO	7,137.57	1,503.00	5,634.57
TAMAULIPAS	3,403.31	3,256.51	146.8
VERACRUZ	36,257.36	4,957.86	31,299.50
YUCATÁN	5,265.28	5,070.68	194.6
ZACATECAS	70	70	-
TOTAL	153,442.62	89,952.99	63,489.63

Fuente: SIAP, 2011



Con base en el SIAP (2011), en el Cuadro 3 se indica la superficie en hectáreas (ha) del cultivo de limón producido bajo la modalidad de temporal en el estado de Campeche durante el periodo de 2005-2010; de los 11 municipios sólo se reportan seis municipios con una superficie dedicada a este cultivar. Entre estos municipios destaca Champotón con la mayor superficie cultivada durante este período, la cual ha aumentado de 269 ha a 307 ha.

En Campeche en los últimos cinco años la superficie cultivada de limón en la modalidad de temporal a tendido hacia un aumento en la superficie destinada a este cultivo, incrementándose en un 21.1% desde el 2005 hasta el 2010 (Cuadro 3). Mientras que la superficie cultivada con limón en la modalidad de riego, la cual únicamente se realiza en cinco municipios del estado, sufrió un decremento del 18.6% entre el 2005-2010, reportándose en el 2008 la menor superficie cultivada durante este período (Cuadro 4). Es importante destacar que el Municipio de Hopelchén ha disminuido significante su superficie con cultivar de limón.

Cuadro 3. Superficie cultivada (ha) de limón en el estado de Campeche en la modalidad de Temporal durante el periodo 2005-2010.

MUNICIPIO	SUPERFICIE CULTIVADA (ha)					
	2005	2006	2007	2008	2009	2010
CALAKMUL	5	5	9	9	11	11
CAMPECHE	5	5	7	7	7	20
CANDELARIA	20	20	20	20	20	20
CARMEN	40	45	45	45	50	50
CHAMPOTÓN	269	269	280	280	313	307
ESCÁRCEGA	-	-	2	2	3	3
ESCÁRCEGA	50	55	55	55	60	60
TOTAL	389	399	418	418	464	471

Fuente: SIAP, 2011



Cuadro 4. Superficie cultivada (ha) de limón en el estado de Campeche bajo riego (Periodo 2005-2010).

MUNICIPIO	SUPERFICIE CULTIVADA (ha)					
	2005	2006	2007	2008	2009	2010
CALKINÍ	34	34	34	34	78	78
CAMPECHE	294	294	301.5	301.5	251.5	379
HECELCHAKÁN	28	28	11	11	11	11
HOPELCHÉN	300	270	110	10	10	10
TENABO	14	29.5	28	28	67.5	67.5
TOTAL	670	655.5	484.5	384.5	418	545.5

Fuente: SIAP, 2011

En el año 2010 se reporta que en el estado de Campeche bajo la modalidad de temporal más riego se cultivaron 1, 016.5 ha con una producción total de 6, 783.75 toneladas y un rendimiento de 6.74 t ha⁻¹. Un 54% de la superficie cultivada se siembra bajo riego y el 46% restante en temporal (Cuadro 3 y 4), obteniéndose los mayores rendimientos bajo la modalidad de riego.

Durante el periodo comprendido entre 2005 y 2010, la producción de limón de temporal se incremento en un 21.30% (Cuadro 5), mientras que la producción bajo riego se incrementó en un 22.8% (Cuadro 6).

Cuadro 5. Producción (toneladas) de limón de temporal en el estado de Campeche (Periodo 2005-2010).

MUNICIPIO	PRODUCCIÓN (t)					
	2005	2006	2007	2008	2009	2010
CALAKMUL	30	30	54	44.28	56.5	53.95
CAMPECHE	30	45	45	35	35	60
CANDELARIA	85	123	122	127	113	112
CARMEN	150	277	235	282	275	282
CHAMPOTÓN	1,386.00	1,832.00	1,680.00	1,419.00	1,415.00	1,394.85
ESCÁRCEGA	-	-	12	9.36	18.85	14.45
ESCÁRCEGA	175	337	328	340	326	334
TOTAL	1,856.00	2,644.00	2,476.00	2,256.64	2,239.35	2,251.25

Fuente: SIAP, 2011



Si se comparan las cifras de la producción de limón bajo la modalidad de temporal con la de riego reportadas para el 2010, es evidente que el cultivo de limón bajo temporal produce menos del 50% que la producción bajo riego (Cuadro 5 y 6).

Cuadro 6. Producción (toneladas) de limón en el estado de Campeche en riego (Periodo: 2005-2010).

MUNICIPIO	PRODUCCIÓN (t)					
	2005	2006	2007	2008	2009	2010
CALKINÍ	108	204	204	204	488	620
CAMPECHE	2,297.75	2,060.50	2,072.00	2,403.50	2,515.00	3,290.00
HECELCHAKÁN	114	168	66	66	88	82.5
HOPELCHÉN	1,100.00	80	2,340.00	150	150	140
TENABO	72	168	168	196	472.5	400
TOTAL	3,691.75	2,680.50	4,850.00	3,019.50	3,713.50	4,532.50

Fuente: SIAP, 2011

En cuanto al rendimiento de limón de temporal en el estado de Campeche para el año 2010 se reporta un valor promedio de 4.88 t ha⁻¹, valor que es inferior a los reportados en años anteriores (Cuadro 7). Entre los municipios con rendimientos superiores a este valor promedio de rendimiento se encuentran Candelaria (5.6 t ha⁻¹), Carmen (5.64 t ha⁻¹) y Escárcega (5.57 t ha⁻¹).

Cuadro 7. Rendimiento (t ha⁻¹) de limón en el estado de Campeche bajo temporal (2005-2010).

MUNICIPIO	Rendimiento (t ha-1)					
	2005	2006	2007	2008	2009	2010
CALAKMUL	6	6	6	4.92	5.65	4.9
CAMPECHE	6	9	9	5	5	3
CANDELARIA	5.67	6.15	6.1	6.35	5.65	5.6
CARMEN	6	6.16	7.12	6.27	5.5	5.64
CHAMPOTÓN	6	6.81	6	5.07	4.88	4.7
ESCÁRCEGA	-	-	6	4.68	6.28	4.82
ESCÁRCEGA	5.83	6.13	5.96	6.18	5.43	5.57
TOTAL	5.97	6.63	6.13	5.4	5.09	4.88

Fuente: SIAP, 2011



En el caso del rendimiento de limón bajo riego en el estado de Campeche se reporta un valor promedio de 8.31 t ha⁻¹ para el año 2010, valor que es inferior a los reportados para el año 2007 y 2009 (Cuadro 8). Entre los municipios con rendimientos superiores a este valor promedio de rendimiento durante 2010 se encuentra Campeche con un rendimiento de 8.68 t ha⁻¹.

Si se comparan los rendimientos promedio de limón alcanzados en la modalidad de temporal y bajo riego durante el 2010, es evidente que los rendimientos promedio en esta última modalidad (8.31 t ha⁻¹) son superiores a los alcanzados en la modalidad de temporal (4.88 t ha⁻¹), casi en un 50%.

Cuadro 8. Rendimiento (t ha⁻¹) de limón en el estado de Campeche bajo riego (2005-2010).

MUNICIPIO	RENDIMIENTO (t ha ⁻¹)					
	2005	2006	2007	2008	2009	2010
CALKINÍ	3.18	6	6	6	8	7.95
CAMPECHE	7.82	7.01	8.24	7.97	10	8.68
HECELCHAKÁN	4.07	6	6	6	8	7.5
HOPELCHÉN	4.07	8	21.27	15	15	14
TENABO	5.14	6	6	7	7	5.93
TOTAL	5.77	6.8	11.16	7.85	9.26	8.31

Fuente: SIAP, 2011

V. REQUERIMIENTOS AGROCLIMÁTICOS

Para el establecimiento del cultivo de limón (*Citrus latifolia* Tan.) son requeridas determinadas condiciones climáticas para su buen desarrollo y producción. En la literatura se menciona que las temperaturas inferiores a 13 °C afectan el desarrollo del cultivo de limón, mientras que las mayores de 36 °C deterioran los frutos. Dependiendo de la especie y variedad, los cítricos se adaptan desde el nivel del mar hasta los 2,900 msnm, pero en general exigen climas cálidos, subcálidos y templados (Anónimo, 2009).



La temperatura tiene un carácter de factor limitante para el cultivo de los cítricos, ya que influye en el crecimiento vegetativo, y en la producción o desarrollo de la fruta. El crecimiento vegetativo se facilita con temperatura superior a los 13 °C y con límite inferior a los 39 °C. Dentro de los cítricos, la naranja trifoliada es la especie más resistente al frío, mientras que el pomelo lo es al calor, en general las temperaturas óptimas se encuentran entre los 20 y 30 °C. La luminosidad es importante para los cultivos, ya que la luz permite realizar una buena fotosíntesis, desarrollo de un buen color y brillo en los frutos; los cítricos requieren de 1,600 a 2,000 horas de luz solar por año (Amórtegui *et al.*, 2001).

Las necesidades de agua para el limón es muy indispensable para el buen desarrollo del mismo, a su vez requiere de precipitaciones entre 1200 a 1500 mm año⁻¹. La disponibilidad de lluvia es importante para la producción de los cítricos, pero no se debe tomar en consideración únicamente la cantidad total que se dispone anualmente sino también la intensidad y distribución de la lluvia durante el año. Los periodos más críticos de deficiencia de humedad para los cítricos corresponden a la fase de crecimiento vegetativo, cuajamiento de frutos y desarrollo de los mismos, por lo que requieren de entre 900 y 1,200 mm de lluvia anual bien distribuidos (Amórtegui *et al.*, 2001). Aunque Larcher (2000) reporta de 1000 mm a 1200 mm de agua distribuidas en 8 a 10 meses.

Una alta humedad relativa de 80 a 90% es ventajosa para el crecimiento de los cítricos, porque se disminuye la tasa de transpiración y el consumo de agua es menor comparado con las zonas de baja humedad relativa. Además, una alta humedad relativa y alta temperatura determinan la buena calidad de la fruta. Sin embargo, la alta humedad relativa tiene también desventajas, por la presencia de enfermedades fungosas que causan daños a las frutas y a los árboles.

En las zonas donde existe viento, la pérdida de agua es grande por la rápida evaporación que se produce en la superficie del suelo. Los vientos fuertes, 15 a 20 km h⁻¹, ejercen una acción mecánica pues destruyen la vegetación, arrancando las



hojas, flores y frutos y además producen el manchado de los frutos, deteriorando su calidad. Este daño es variable, según la especie o variedad (Amórtegui *et. al.*, 2001).

VI. REQUERIMIENTOS EDAFOLÓGICOS

En teoría todos los suelos pueden ser aptos para el cultivo de los cítricos, pero hay que evitar suelos arcillosos con problemas de drenaje, por lo que es necesario y conveniente la búsqueda de tierras, con textura franca, franco arenoso, estructura permeable y de fácil drenaje. El pH óptimo va de 5.5 a 6.5, valores más altos o más bajos (Anónimo, 2009).

En los suelos arcillosos la resistencia que presentan las arcilla a la penetración de las raíces, afectan el desarrollo radicular de la planta, llegando hacer menos denso y fibrosos, generando árboles de menor porte, que producen fruta de menor tamaño, de corteza más gruesa y menos suaves, poco jugosas pero con mayor cantidad de sólido solubles, tendiendo a predominar la acidez sobre el azúcar. La maduración de la fruta es más tardía, ya que al tener baja la relación azúcar/acidez demora más tiempo en alcanzar la relación adecuada o índice de madurez.

Los cítricos requieren suelos de permeabilidad media, es decir que tengan una penetración de frente húmedo de 10 a 20 cm h⁻¹. Se debe evitar sembrar en suelos con infiltración menor a 5 cm h⁻¹ o que sobrepasen los 30 cm h⁻¹. Con topografía ligeramente inclinada o plana. La profundidad mínima requerida es de 1.5 metros (Amórtegui *et. al.*, 2001).



VII. DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA METODOLOGÍA

Para la identificación de las zonas potenciales para el cultivo de limón (*Citrus latifolia* Tan.), en el estado de Campeche se empleó la metodología propuesta por Tijerina *et al.* (1990) en su obra “El Manual de la Metodología para Evaluar la Aptitud de las Tierras para la Producción de Cultivos Básicos en Condiciones de Temporal”, en la cual se expone que la producción sustentable de alimentos está 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. En este sentido, para la determinación de zonas de alta potencialidad para el cultivo de limón persa sólo se emplearon los indicadores ambientales.

Se utilizó el procedimiento de Zonificación Agroecológica propuesto por la FAO (1981). En colaboración con el International Institute for Applied Systems Analysis (IIASA) este 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.*, 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 (FAO, 1994).

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 1, se esquematiza de manera sucinta la metodología de la zonificación agroecológica (FAO, 1981) utilizada en cultivo de limón persa (*Citrus latifolia* Tan.), en el estado de Campeche.

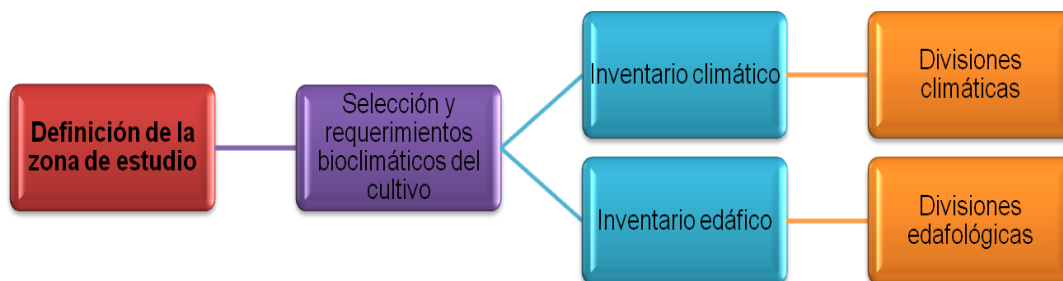


Figura 1. Metodología simplificada de la zonificación agroecológica para el cultivo de limón persa.

El esquema de la Figura 1 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?, y
- ¿Cuánto rendimiento puedo esperar?

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

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



VIII. SELECCIÓN DE LOS REQUERIMIENTOS BIOCLIMÁTICOS DEL CULTIVO DE LIMÓN PERSA

Las variables principales que se consideraron para determinar las zonas con alto potencial productivos en el cultivo de limón (*Citrus latifolia* Tan.) fueron: clima y suelo por la relación directa que guardan con el rendimiento del cultivo, dentro de las variables climáticas se analizaron cinco elementos climáticos y ocho propiedades edafológicas (físicas y químicas) (Cuadro 9). Estos requerimientos bioclimáticos se tomaron de los reportados por la FAO en el siguiente sitio de Internet: <http://www.ecocrop.fao.org/ecocrop/srv/en/cropFindForm>.

Cuadro 9. Variables seleccionadas para definir áreas de alta potencialidad para el cultivo limón persa 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.

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

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

Para complementar la información reportada por ERIC III 2.0, (IMTA, 2009), se acudió a la base de datos reportada por García (2004) y SNM (2010), para las variables de precipitación y temperaturas. Además, se consultó información documental vía INTERNET, con la finalidad de hacer una investigación más



extensa en conocimientos edafoclimáticos del cultivo de limón persa (*Citrus latifolia* Tan.) para la zonificación potencial en el estado de Campeche.

8.1 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.

8.1.1 División climática

Las divisiones climáticas fueron definidas con base en los requerimientos térmicos del cultivo de limón persa, 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 alto-térmico de $0.5^{\circ}\text{C}/100$ m de elevación, con el trazo de isolíneas. Es importante mencionar que para el estado de Campeche no hubo problemas en la clasificación del clima porque es similar en toda la región.

8.1.2 Período de crecimiento

El periodo de crecimiento se considera como el número de días durante el año en los que existe disponibilidad de agua y temperatura favorables para el desarrollo de limón persa. 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, 2000) que realiza dicho cálculo a partir de los datos mensuales de precipitación y temperatura observados, y los datos de evapotranspiración potencial que se estiman para cada estación meteorológica.



8.2 Inventario edafológico

8.2.1 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 8 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 limón persa. 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 porque permiten en una primera aproximación delimitar algunas de las áreas productoras.

8.3 Fuentes de información

8.3.1 Información climática

Se usó el Extractor Rápido de Información Climatológica, ERIC III 2.0 (IMTA, 2009), el cual facilita la extracción de la información diaria contenida en la base de datos CLICOM, el banco de datos histórico nacional del Servicio Meteorológico Nacional (SMN) de la Comisión Nacional del Agua (CNA). Así mismo, ésta información se complementó con las normales climatológicas mensuales reportadas por el Servicio Meteorológico Nacional en su página Web (SMN, 2010). Para crear la base de datos climática, se recopiló información de series a nivel diario, correspondiente a 55 estaciones meteorológicas del estado de Campeche (Anexo 1). Estas series contienen información de las variables:

- Temperaturas mínimas.
- Temperaturas máximas.
- Precipitación.



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

8.3.2 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 a la Organización de la Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación y la Organización de la Naciones Unidas para la Educación, Ciencia y la Cultura (FAO/UNESCO).

8.3.3 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 limón persa (*Citrus latifolia* Tan.), las cuales se denominan áreas con alto potencial productivo.

IX. ESTIMACIÓN DE RENDIMIENTO POTENCIAL PARA EL CULTIVO DE LIMÓN PERSA

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 delimitarlo de acuerdo a los problemas ambientales o de manejo que se presenten. Uno de esos procedimientos es 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 cultivo de limón persa (*Citrus latifolia* Tan.) en el estado de Campeche.



La estimación de rendimiento máximo propuesto en el proyecto de Zonas de Agroecológicas de la FAO (FAO, 1978; 1981), se basa en la ecuación (1):

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

Donde:

Y = Rendimiento máximo sin restricciones (t ha⁻¹)

Bn = Producción de biomasa neta (t 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 produce 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).

$$Bn = (0.36 \cdot b_{gm} \cdot L) / ((1/N) + 0.25 \cdot C_t) \quad (2)$$

Expresada en (kg ha⁻¹).

Donde:

b_{gm} = Tasa máxima de producción de biomasa bruta para un IAF ≥ 5 en (kg ha⁻¹ d⁻¹), que se obtiene a partir de la ecuación (3):

$$b_{gm} = F \cdot b_o + (1 - F) \cdot b_c \quad (3)$$

Expresada en (kg ha⁻¹ d⁻¹)

Donde:

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

b_o = 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)



($P_m = 20 \text{ kg ha}^{-1} \text{ h}^{-1}$). 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 ($IAF \geq 5$)

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

Donde:

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

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

Los valores de (A_c), (b_o) y (b_c) para diferentes latitudes que reporta de manera tabulada la FAO, (1978), y para una fotosíntesis máxima (P_m) de $20 \text{ kg ha}^{-1} \text{ h}^{-1}$, fueron ajustados a modelos de regresión por Campos (1996). Utilizando éstos modelos, se desarrolló un macro de Excel por los autores del presente trabajo, que calcula dichos valores a nivel diario, en base sólo a la latitud de la localidad. En la ecuación (4) se asume que la radiación fotosintéticamente activa que se recibe en un día totalmente cubierto es el 20% de la (A_c) y que la radiación fotosintéticamente activa equivale aproximadamente al 50% de la radiación global total de onda corta (R_g).

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)

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

Donde:

T_{max} = Temperatura máxima

T_{min} = Temperatura mínima

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



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

Donde:

IAF = Índice de área foliar fue de 6.0 (Silvertsem y Lloyd, 1994).

N = Duración del ciclo del cultivo (365 días)

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

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

Donde:

C₃₀ = 0.0108 para un cultivo como el limón persa que no es leguminosa.

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 total obtenida por el índice de cosecha (Hi) del cultivo de limón persa (*Citrus latifolia* Tan.). El Hi del cultivo de limón persa fue de 0.068, que fue reportado por Helena *et al.* (2002) y Durán (2003).

Finalmente se elaboran los mapas para zonas con potencial climático, zonas con potencial edafológico y zonas con potencial edafoclimático para el cultivo de limón persa (*Citrus latifolia* Tan.) en el estado de Campeche.



X. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Con la identificación de las variables climáticas y edáficas que influyen en el crecimiento y desarrollo del cultivo de limón persa (*Citrus latifolia* Tan.), las cuales se indican en la ficha técnica del Anexo 2 y Anexo 3, se realizó el análisis para la zonificación agroecológica de este cultivo en el estado de Campeche.

Con base en el estudio realizado se determinó que el estado de Campeche cuenta una superficie de 3, 153,211.34 hectáreas con potencial agroclimático para el cultivo de limón persa (*Citrus latifolia* Tan.) (Cuadro 10), es decir que el 56.61% de la superficie del estado cuenta con condiciones climáticas adecuadas para el desarrollo del cultivo. Este valor indica que este cultivo se puede establecer en un poco más de la mitad de la superficie del Estado, dado que los requerimientos agroclimáticos del cultivo potencial de limón persa son homogéneos en la mayor parte del Estado (ver Anexo 4).

Cuadro 10. Superficie (ha) con potencial climatológica, edafológica y edafoclimática para el cultivo de limón persa (*Citrus latifolia* Tan.) en el estado de Campeche.

CULTIVO	SUPERFICIE CON POTENCIAL CLIMÁTICO		SUPERFICIE CON POTENCIAL EDAFOLÓGICO		SUPERFICIE CON POTENCIAL EDAFOCLIMÁTICO	
	ha	% [†]	ha	% [†]	ha	% [†]
Limón persa	3, 153,211.34	56.61	1, 310,677.70	23.53	661,072.37	11.87

[†]Porcentaje calculado con relación a la superficie estatal total. Fuente: Elaborado a partir del mapa de zonas con potencial edafoclimático para el cultivo de limón persa (*Citrus latifolia* Tan.)

Aun cuando la superficie antes mencionada cumple con los requerimientos de clima para establecer el cultivo de limón persa, es importante mencionar que para alcanzar rendimientos adecuados es necesario también contar con los requerimientos edafológicos para este cultivar, es decir aquellos suelos que presentan las características físicas y químicas adecuadas para su producción y rendimiento (Anexo 3). De esta manera, en el Cuadro 10 se observa que la



superficie con potencial edafológico para el limón persa en el estado corresponde a 1, 310,677.70 hectáreas, valor equivalente al 23.53% de la superficie total de Campeche (Anexo 5). En el Cuadro 11 se listan las 20 subunidades de suelo identificadas dentro de la superficie edafológica con potencial para el cultivo de limón persa en el estado de Campeche. De las 19 subunidades de suelo identificadas destacan en orden descendente por su superficie las subunidades de Gleysol Mólico (Calcárico, Arcílico), Luvisol Léptico (Hiperéutrico, Arcílico) y Gleysol Mólico (Calcárico, Húmico, Arcílico) que representan el 65.60% de los suelos aptos para este cultivar, mientras que la subunidad de Luvisol Cutánico Gléyico (Éutrico, Arénico) representa escasamente el 0.14% de dicha superficie.

Cuadro 11. Superficie (ha) de las subunidades de suelos aptos para el cultivo de limón persa (*Citrus latifolia* Tan.) en el estado de Campeche.

SUBUNIDAD DE SUELO	SUPERFICIE (ha)
Luvisol Cutánico Gléyico (Éutrico, Arénico)	1,867.09
Luvisol Gléyico (Hiperéutrico, Arcílico)	1,888.49
Gleysol Hístico (Calcárico, Sódico)	3,389.15
Luvisol Háptico (Férrico, Hiperéutrico)	9,726.10
Gleysol Háptico (Calcárico, Húmico, Arcílico)	13,004.00
Gleysol Mólico (Calcárico, Sódico)	43,064.10
Gleysol Háptico (Húmico, Arcílico, Nóvico)	19,059.29
Gleysol Mólico (Calcárico, Sódico, Arcílico)	20,846.64
Luvisol Cutánico Gléyico (Hiperéutrico, Arcílico)	22,113.24
Luvisol Háptico (Húmico, Hiperéutrico)	35,448.80
Luvisol Háptico (Férrico, Crómico)	37,453.87
Cambisol Gléyico (Húmico, Arcílico)	39,201.72
Gleysol Mólico (Calcárico, Arcílico, Nóvico)	40,982.10
Gleysol Mólico (Éutrico, Arcílico)	51,351.10
Luvisol Nítico (Férrico, Hiperéutrico)	53,783.93
Luvisol Háptico (Hiperéutrico, Esquelético, Arcílico)	57,666.55
Gleysol Mólico (Calcárico, Húmico, Arcílico)	107,223.02
Luvisol Léptico (Hiperéutrico, Arcílico)	127,754.04
Gleysol Mólico (Calcárico, Arcílico)	624,854.48

Sin embargo, aun cuando las superficies con potencial climático y con potencial edafológico cumplen con los requerimientos de clima y suelo (Anexo 2 y Anexo 3)



respectivamente para establecer el cultivo de limón persa, se pueden llegar a presentar dificultades para obtener una producción potencial de limón en dichas superficies, debido a que es necesario que los requerimientos tanto de clima y suelo se satisfagan a la par con el fin de alcanzar los mejores rendimientos. Así, a partir del análisis edafoclimático, se determinó que el estado de Campeche cuenta con una superficie edafoclimática potencial de 661,072.37 hectáreas para el cultivar limón persa, lo cual refiere que el estado presenta un 11.87% del total de su superficie con condiciones aptas para este cultivo (Cuadro 10, Anexo 6).

Esta superficie con alto potencial edafoclimático para el cultivo de limón persa en el estado de Campeche se distribuye en 7 municipios que corresponden a: Calakmul, Campeche, Candelaria, Carmen, Champotón, Escárcega y Palizada, concentrándose las zonas potenciales en mayor proporción en los municipio de Carmen y Champotón con un 46.2% del total de la superficie apta para establecer este cultivo y con la menor superficie (3.3%) el municipio de Campeche con 21,750.47 ha. Es importante destacar que aun cuando en el municipio de Palizada se detectaron zonas para el cultivo de limón persa estas aun no han sido explotadas o bien su producción es muy pequeña que no han sido reportadas por el SIAP, al menos hasta el año 2011.

Cuadro 12. Municipios del estado de Campeche con zonas edafoclimáticas potenciales para el cultivo de Limón persa (*Citrus latifolia* Tan.)

MUNICIPIO	SUPERFICIE (ha)
Campeche	21,750.47
Palizada	33,502.52
Calakmul	48,250.49
Escárcega	120,707.16
Candelaria	131,160.40
Champotón	140,648.13
Carmen	165,053.21



Aun cuando el SIAP (2011) reporta con producción de limón persa a los municipios de Calkiní, Hecelchakán, Hopelchén y Tenabo, éstos no presentan áreas potenciales para éste cultivar, lo cual repercute en una mayor inversión de insumos para su producción.

En el presente proyecto también se estimaron los valores de rendimiento potencial para el cultivo de limón persa en los distintos municipios del estado de Campeche, estos valores se muestran en el Cuadro 13; en general en los 11 municipios pertenecientes al Estado es posible alcanzar un rendimiento potencial en el cultivo de limón persa superior al reportado por el SIAP para los cinco municipios productores de limón. De estas cifras destaca el rendimiento del Municipio de Escárcega con 20.40 t ha⁻¹, valor que supera al rendimiento promedio potencial del estado de 19.86 t ha⁻¹. También las cifras de los otros municipios como Campeche (20.05 t ha⁻¹), Candelaria (20.14 t ha⁻¹), Carmen (20.06 t ha⁻¹), Hecelchakán (20.03 t ha⁻¹) y Tenabo (20.23 t ha⁻¹) superan al rendimiento promedio estatal. El menor rendimiento potencial de limón corresponde al municipio de Calkiní con 19.25 t ha⁻¹.

Cuadro 13. Rendimiento potencial (t ha⁻¹) estimados para el cultivo de limón persa (*Citrus latifolia* Tan.) en los municipios del estado de Campeche.

MUNICIPIO	RENDIMIENTO POTENCIAL* (t ha ⁻¹)
Calakmul	19.75
Calkiní	19.25
Campeche	20.05
Candelaria	20.14
Carmen	20.06
Champotón	19.29
Escárcega	20.40
Hecelchakán	20.03
Hopelchén	19.81
Palizada	19.51
Tenabo	20.23
Rendimiento promedio	19.86

*Elaboración propia con resultados del estudio realizado en esta obra.



XI. CONCLUSIONES

Del estudio para determinar las zonas de alta potencialidad del estado de Campeche para el cultivo de limón persa (*Citrus latifolia* Tan.), elaborado con base en la metodología propuesta por la FAO (1978) se desprenden las siguientes conclusiones

- El estado de Campeche cuenta con una superficie con potencial agroclimático de 3, 153,211.34 hectáreas para el cultivar de limón persa (*Citrus latifolia* Tan.), cuya superficie representa el 56.61% que satisface los requerimientos de clima óptimos para el desarrollo del cultivo, aunque no necesariamente los elementos del suelo.
- El estado de Campeche cuenta con una superficie con potencial edafológico de 1, 310,677.70 hectáreas para el cultivar de limón persa (*Citrus latifolia* Ta.), cuya superficie representa el 23.53% que satisface los requerimientos de suelo óptimos para el desarrollo del cultivo, aunque no necesariamente los elementos del clima.
- El estado de Campeche cuenta con una superficie con potencial edafoclimático de 661,072.37 hectáreas para el cultivar de limón persa (*Citrus latifolia* Tan.), cuya superficie satisface tanto los requerimientos de clima y edafológicos para el desarrollo del cultivo.
- El cultivo de limón se puede establecer en al menos el 11.87% de la superficie del estado de Campeche, con la implementación de un manejo agrícola integrado para favorecer su rendimiento óptimo.
- Los municipios con áreas potenciales edafoclimáticas para el cultivar de limón persa (*Citrus latifolia* Tan.), son Calakmul, Campeche, Candelaria,



Carmen, Champotón, Escárcega y Palizada. Destacando los municipios de Carmen y Champotón.

- En el estado de Campeche para el cultivo de limón persa se espera un rendimiento potencial promedio de 19.86 t ha⁻¹ que integra a los 11 municipios.
- En general, los valores de los rendimientos potenciales estimados para el cultivo de limón de seis municipios del estado de Campeche se encuentran por arriba del rendimiento promedio potencial (19.86 t ha⁻¹), incluso de los reportados hasta el 2010 para los municipios con este cultivar.
- De los rendimientos potenciales estimados destaca el obtenido para el municipio de Escárcega (20.40 t ha⁻¹).



XII. BIBLIOGRAFÍA

Aceves-Navarro, L.A.; Arrieta-Agrícola y Barbosa-Olán, J.L. 2000. Manual de AGROCLIM 1.0. Colégio de Postgraduados. H. Cárdenas Tabasco. 28 p.

Anónimo, 2009.http://www.iica.int.ni/GuiasTecnicas/Cultivo_Limón.pdf

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

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.

Duenhas, L.H.; R.L. Villas B.; M.E. De Souza, C.; C.R. Alves, R. y B. Theodoro L. 2002. Fertigation with different doses of npk and its effect on fruit yield and quality of Valencia orange (*Citrus sinensis* Osbeck). *Rev. Bras. Frutic. Jaboticabal* (24) 214-218.

Duran, L. 2003. Los cítricos y los patrones adecuados. In: <http://www.Lamalina.Edu.pc/facultad/agronomía/horticultura>.

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



FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). 1978. Agroecological zones project. World Soil Resources. Report Num. 48. Vol. 1, África. 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. (Food and Agriculture Organization of the United Nations). 1977. Zonificación Agro-ecológica. Boletín de Suelos de la FAO 73.

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

FAOSTAT. 2011. Food and Agriculture Organization of the United Nations. En línea: <http://faostat.fao.org>. [Consultado el 27 de noviembre de 2011].

Figura de Portada: Köhler F. E. 2010. En línea: <http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Koeh-041.jpg> [Consultado el 11 de noviembre de 2011].



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

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

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

Méndez, J. 2003. Perfil de Mercado y Productivo del Limón Persa. Elaborado para: Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional/ Guatemala 1a Calle 7-66 Zona 9 Guatemala 010009. Abt Associates Inc. Suite 600 4800 Montgomery Lane Bethesda, MD 20814-5341.

Quijada, O.; Jiménez, O.; Matheus, M y Monteverde, E. 2002. Evaluación del limero Tahiti sobre 10 porta injertos en la planicie de Maracaibo. Rev. Fac. Agron. (LUZ). (19)173-184.

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>



Silvertsem, J.P. y J.J Lloyd. 1994. Citrus. In: Handbook of Environmental Physiology of Fruit Crops. Vol.II. Sub-Tropical and Tropical Crops. Edited by Bruce Schaffer y Andersen, D.C. pp 65-71.

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

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



XIII. 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	Siho-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 Colon	-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 bioclimáticos del cultivo de limón persa (*Citrus latifolia* Tan.).

REQUERIMIENTO	ÓPTIMO		ABSOLUTO	
	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo
Temperatura (°C)	20	28	12	32
Precipitación anual (mm)	1200	1500	750	2300
Temperatura crítica (durante el reposo)	Sin registro			
Temperatura crítica (durante el crecimiento temprano)	Sin registro			
Zona climática (clasificación de Köppen)	Tropical húmedo y seco (Aw)			
Latitud	---	---	---	---
Fotoperiodo	Días cortos (menos de 12 horas), Días neutrales (12 a 14 horas), días largos (más de 14 horas)			
Intensidad de la luz	Muy brillante	Muy brillante	Muy brillante	Cielos despejados
Altitud (m)	---	---	---	---

Fuente: FAO-ECOCROP, 2011

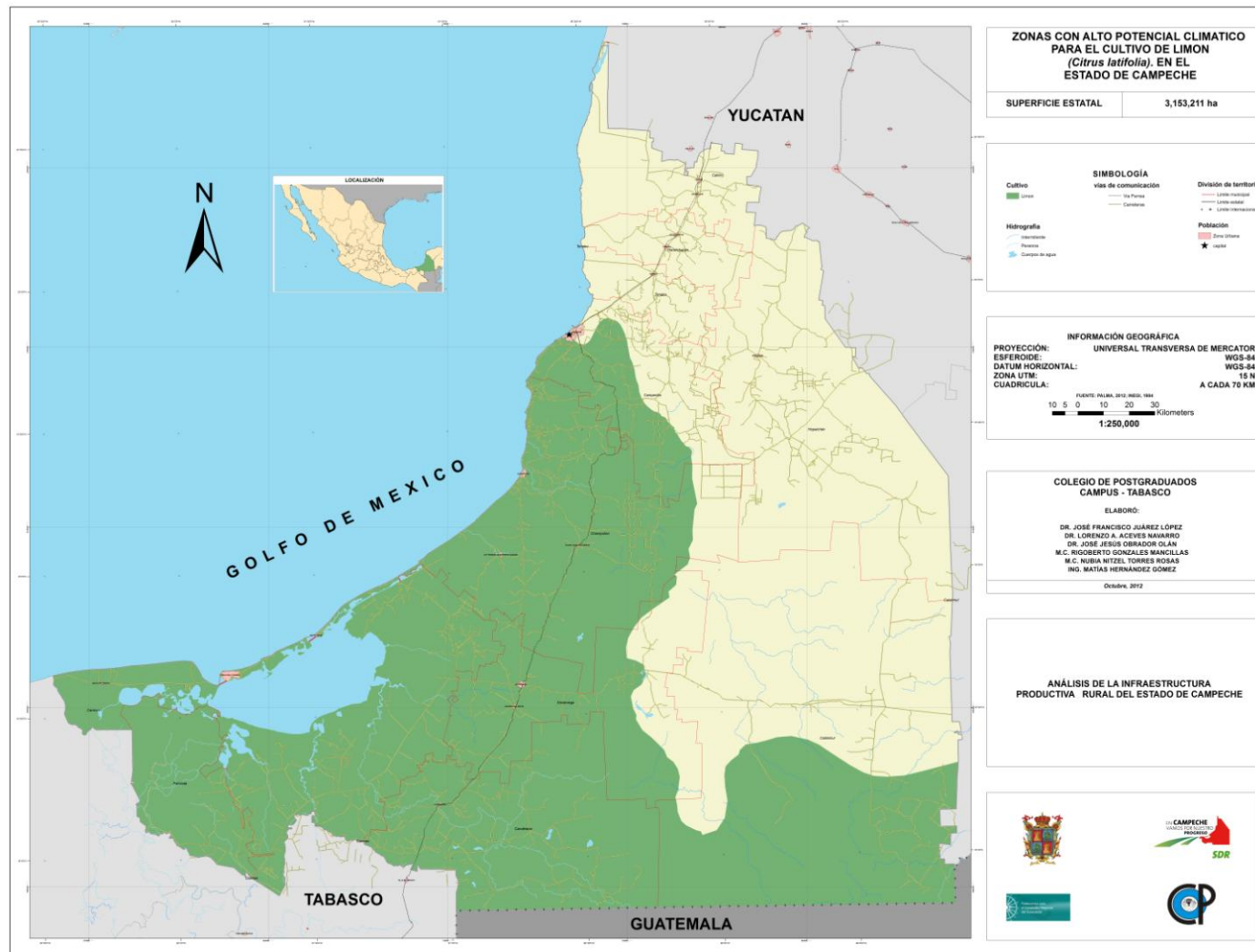
Anexo 3. Requerimientos edafológicos del cultivo de limón persa (*Citrus latifolia* Tan.).

REQUERIMIENTO	ÓPTIMO	ABSOLUTO
pH del suelo	5.5 a 6.5	5 a 7.5
Profundidad del suelo	Medianos (50 a 150 cm)	Poco profundos (20 a 50 cm)
Textura del suelo	Mediana, ligera	Pesada, Mediana, ligera
Fertilidad del suelo	Alta	Moderada
Salinidad del suelo	Baja (<4 dS/m)	Baja (<4 dS/m)
Drenaje del suelo	Bueno (periodos secos)	Bueno (periodos secos), excesivo (seco / moderadamente seco)

Fuente: FAO-ECOCROP, 2011

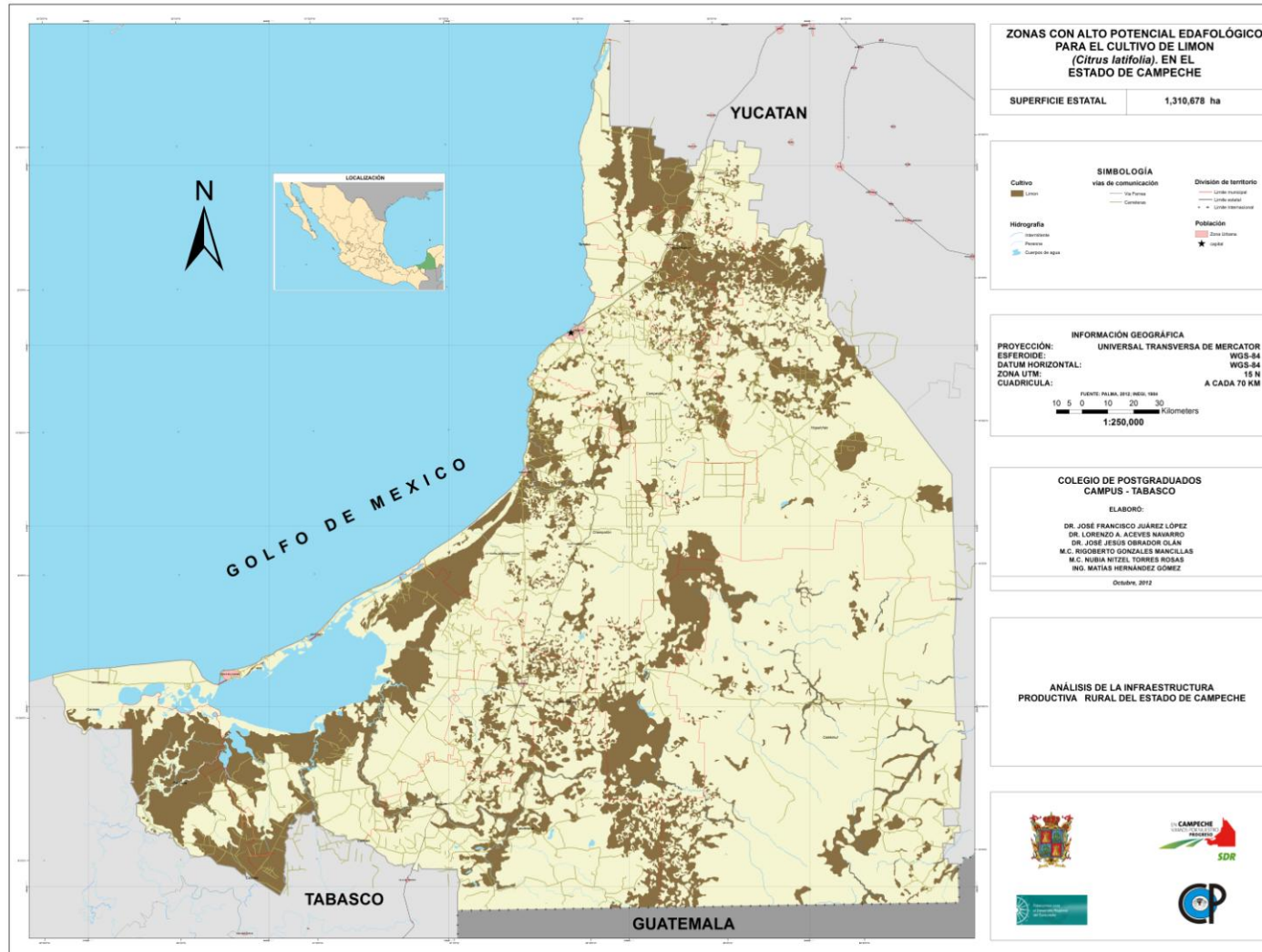


Anexo 4. Zonas con alto potencial agroclimático para el cultivo de limón persa (*Citrus latifolia* Tan.) en el estado de Campeche.





Anexo 5. Zonas con alto potencial edafológico para el cultivo de limón persa (*Citrus latifolia* Tan.) en el estado de Campeche





Anexo 6. Zonas con alto potencial edafoclimático para el cultivo de limón persa (*Citrus latifolia* Tan.) en el estado de Campeche.

