

Aptitud agroclimática del frijol en México ciclo agrícola otoño invierno

Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera
Dirección de Soluciones Geoespaciales

Septiembre 2019

Próxima publicación: 15 de marzo de 2020

Síguenos en nuestras redes sociales:





APTITUD AGROCLIMÁTICA

UNA HERRAMIENTA PARA EL BIENESTAR



Contenido:

Contenido:.....	3
Resumen.....	4
Conceptos y definiciones	4
Frijol.....	4
Aptitud agroclimática.....	4
Condiciones edáficas y clima.....	5
Etapas fenológicas del frijol	6
Periodo vegetativo del frijol.....	7
Establecimiento del cultivo	13
Resultados.....	13
Aptitud agroclimática para el cultivo de frijol en México.	13
Fecha de siembra del 01 de enero al 20 de abril	22
Fecha de siembra del 01 de febrero al 20 de mayo	22
Fecha de siembra del 01 de marzo al 20 de junio.....	23
Fecha de siembra del 01 de octubre al 20 de junio	23
Fecha de siembra del 01 de noviembre al 18 de febrero	25
Fecha de siembra del 01 de diciembre al 20 de marzo.....	26
Bibliografía:	27

Resumen

Se presentan los resultados de la espacialización de la aptitud agroclimática del frijol (alta y media) elaborada por el Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP) para el ciclo agrícola otoño-invierno (OI) estimado a partir de los requerimientos del frijol en sus diferentes etapas fenológicas, asimilando la climatología con los diferentes tipos de suelo aptos para su completo desarrollo de siembra a cosecha. La parte climatológica corresponde a un análisis de 30 años de información (1981 a 2010). La zonificación que se reporta en este trabajo es el potencial encontrado del frijol dentro de la frontera agrícola serie III, donde no se incluye las coberturas compuestas por áreas naturales protegidas, zonas urbanas, pendientes no aptas, cuerpos de agua, bosques, selvas, y otras capas de información vectorial reportadas por fuentes oficiales como INEGI, CONAGUA, CONABIO, CONAFOR, y otras dependencias.

Conceptos y definiciones

Frijol

Nombre científico *Phaseolus vulgaris* L.

Planta herbácea perteneciente a la familia de las fabaceae, de tallos delgados y débiles, cuadrangulares, a veces rayados de púrpura, hojas trifoliadas, ápice acuminado, los laterales más o menos tubulosos y estandarte redondeado. Alcanza una altura de 50 a 70 cm y sus raíces se desarrollan con una principal pivotante y muchas ramificaciones.

Aptitud agroclimática

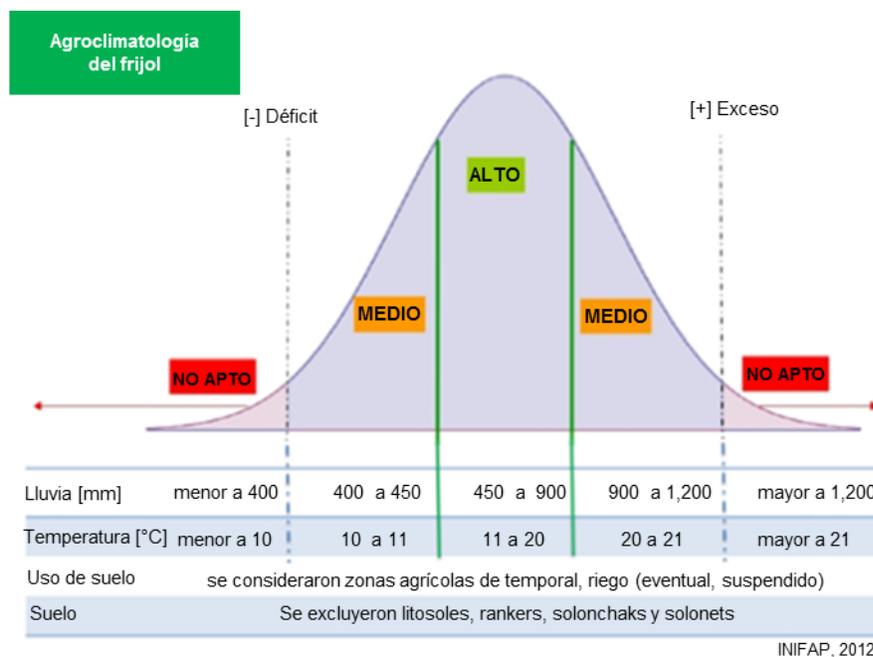


La aptitud agroclimática permite espacializar la potencialidad de los diferentes productos del campo, asimilando las diferentes etapas fenológicas de las especies agrícolas junto con sus requerimientos climáticos y edafológicos.

“La aptitud agroclimática determina la satisfacción de las exigencias bioclimáticas de una especie agrícola en una región (Pascale et al., 2003). Por su parte, Jiménez et al. (2004) definen a la zonificación de cultivos como la identificación de áreas potenciales, las cuales surgen como superposición espacial de información de variables tales como suelo, clima y cultivos. La aptitud agroclimática permite evaluar de forma espacializada la potencialidad de los recursos existentes e identificar áreas críticas de intervención, contribuyendo al uso ordenado del territorio, desde la perspectiva de la sustentabilidad ecológica, económica, social y ambiental (Carvalho et al., 2009)”. (SENAMHI 2013).

Condiciones edáficas y clima

Las temperaturas óptimas para el desarrollo del cultivo oscilan entre 10 a 27 °C, es muy susceptible a condiciones extremas y debe sembrarse en suelos de textura ligera y bien drenada. El pH adecuado actúa entre 6.5 y 7.5, ya que dentro de estos límites la mayoría de los elementos nutritivos del suelo presenta su máxima disponibilidad; no obstante, se comporta bien en terrenos que tienen un pH entre 4.5 y 5.5.





La metodología utilizada se basa en los requerimientos hídricos, de temperatura y tipo de suelo que el frijol necesita en sus diferentes etapas fenológicas de siembra a cosecha.

Etapas fenológicas del frijol

GERMINACIÓN VEGETATIVA

VO GERMINACIÓN: Se toma como iniciación de esta etapa el día que la semilla tiene humedad suficiente para el comienzo de este proceso; es decir, el día del primer riego, o de la primera lluvia si se siembra en un suelo seco.

V1 EMERGENCIA: Se inicia cuando los cotiledones de la planta aparecen a nivel del suelo.

V2 HOJAS PRIMARIAS: Comienza cuando las hojas primarias (unifoliadas y compuestas) están desplegadas.

V3 PRIMERAS HOJAS TRIFOLIADAS: Se inicia cuando la planta presenta la primera hoja trifoliada completamente abierta y las láminas de los folíolos se ubican en un plano.

V4 TERCERA HOJA TRIFOLIADA: Cuando la tercera hoja trifoliada se encuentra desplegada.

R5 PREFLORACIÓN: Inicia cuando aparece el primer botón o racimo.

R6 FLORACIÓN: cuando la planta presenta la primera flor abierta.

R7 FORMACIÓN DE LAS VAINAS: Cuando la planta presenta la primera vaina con corola de la flor colgada o desprendida.

R8 LLENADO DE LA VAINA: Se inicia cuando la primera vaina empieza a llenar. Es el inicio del crecimiento activo de la semilla. Las vainas presentan abultados que corresponden a las semillas en crecimiento.

R9 MADURACIÓN: Se caracteriza por el inicio de coloración y secado en las primeras vainas, continúa el amarillamiento, la caída de hojas y todas las partes de la planta se secan; las vainas al secarse pierden su pigmentación. El contenido de agua en las semillas baja hasta alcanzar 15%, momento en el cual las semillas adquieren su color típico. Termina el ciclo biológico y el cultivo se encuentra listo para su cosecha.



Periodo vegetativo del frijol

de siembra a germinación (12 a 15 días),

de germinación a floración (27 a 45 días),

de la floración a la aparición de la legumbre verde (7 a 15 días),

de la floración a la recolección de la semilla (37 a 38 días).

De acuerdo con lo reportado por INIFAP el periodo de crecimiento vegetativo va de 3 a 4 meses con coeficientes de cultivo (kc) de acuerdo a su desarrollo fenológico

Cultivo	% de desarrollo										
	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
Frijol	0.50	0.60	0.73	0.90	1.05	1.12	1.10	1.02	0.87	0.72	0.62

(Doorenbros y Pruitt, 1976), tomado de INIFAP 2001.

El consumo de agua de la planta se estima mediante las ecuaciones descritas en el documento FAO 56, donde se calcula la evapotranspiración de referencia (ET_o) mediante la ecuación de Penman-Monteith. El coeficiente del cultivo es básicamente el cociente entre la evapotranspiración del cultivo ET_c y la evapotranspiración del cultivo de referencia, ET_o, representando el efecto integrado de cuatro características principales que diferencian a un cultivo en particular del cultivo del pasto de referencia. Las características mencionadas son las siguientes: (a) Altura del cultivo, (b) Albedo, (c) Resistencia del cultivo y (d) Evaporación.

Los coeficientes únicos del cultivo K_c son los correspondientes para México publicados por INIFAP 2001.

Cada uno de los coeficientes K_c fue ajustado utilizando la climatología existente en la ubicación del cultivo de acuerdo con lo descrito en FAO 56.

Los datos climatológicos fueron proporcionados por el Servicio Meteorológico Nacional y la estimación de las normales climatológicas se realizó conforme lo recomienda la Organización Mundial de Meteorología OMM.



Las estimaciones de PV son el resultado de 6 corridas del modelo propuesto, iniciado cada primero de mes, considerando un ciclo de 110 días de siembra a cosecha. Para PV se consideraron los meses de abril a septiembre.

Por ejemplo, si se siembra el primero de abril de 2019 considerando 110 días de desarrollo fenológico, el 20 de julio de 2019 se estaría levantando la cosecha.

Los rangos de precipitación acumulada para una producción de mediano rendimiento son de 400 mm (lámina mínima acumulada para un cultivo con escasez de agua), de 900 a 1,200 mm (para una lámina de precipitación con exceso) y de 450 a 900 mm para un rendimiento óptimo del cultivo (INIFAP, 2012).

Los promedios de temperatura media para el frijol son de (10 a 11 °C) con déficit y de (20 a 21 °C) con exceso para una aptitud agroclimática media y de (11 a 20 °C) para una aptitud agroclimática alta (INIFAP, 2012).

En la parte de suelos se excluyeron los litosoles, raklers, solonchaks y solonets, también se excluyeron las coberturas correspondientes a las áreas naturales protegidas, zonas urbanas cuerpos de agua...

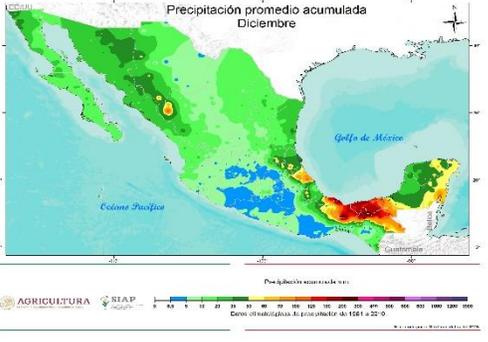
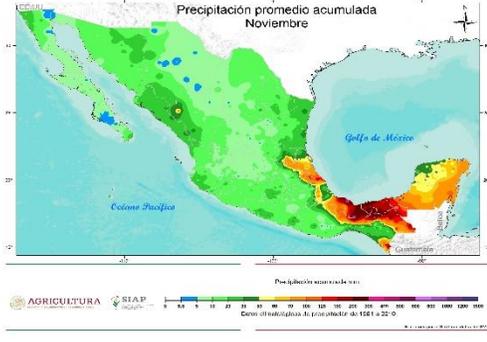
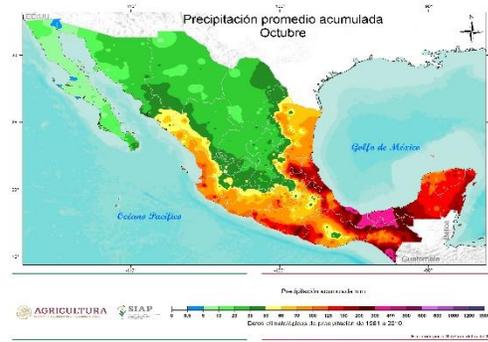
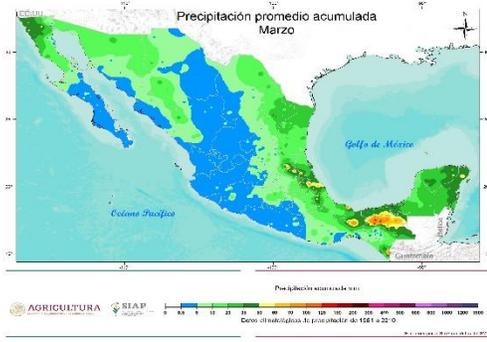
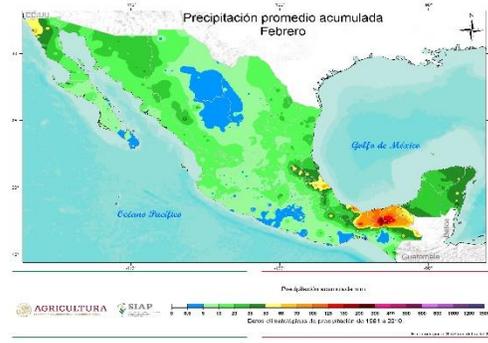
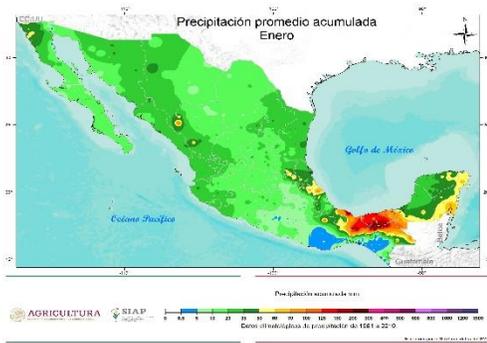
Solo se consideró los suelos aptos dentro de la Frontera Agrícola serie III.

El modelo se aplicó durante todos los meses de PV iniciando cada ciclo fenológico del frijol el primer día de cada mes, por lo que se generaron 6 mapas de aptitud agroclimática para todo el periodo.

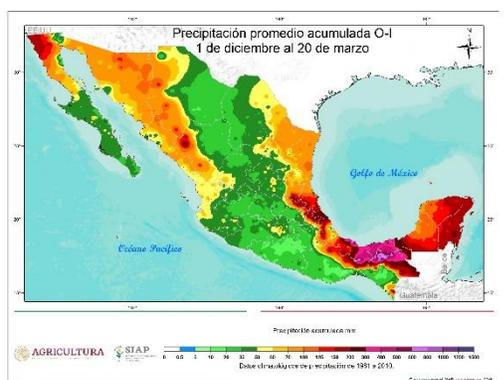
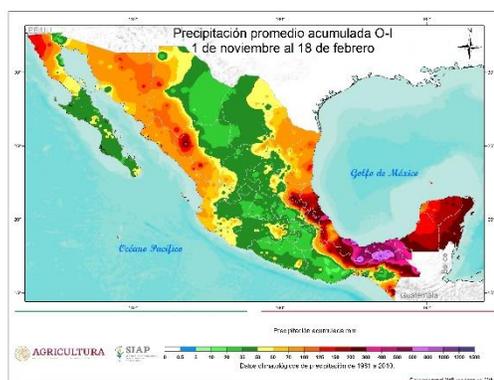
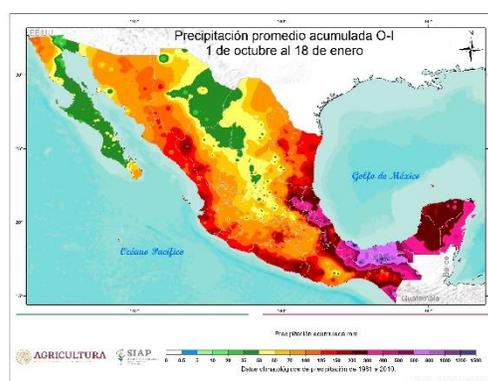
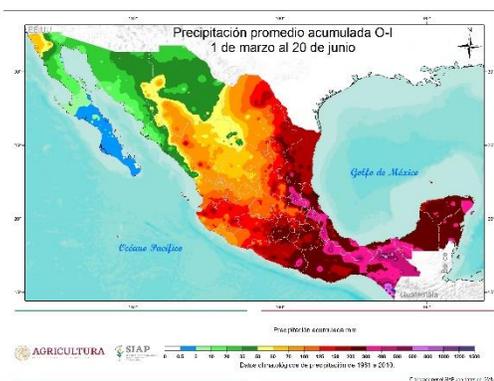
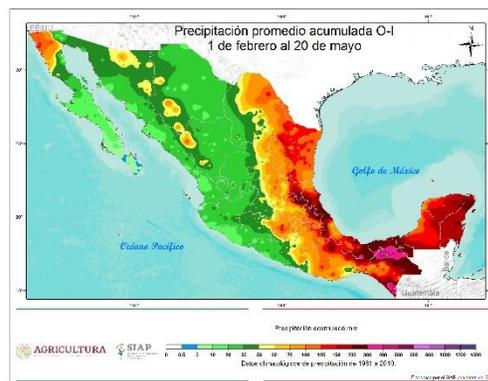
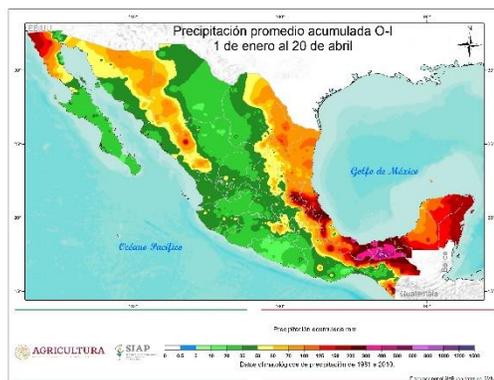
A partir de los mapas de precipitación, temperatura media los coeficientes de cultivo y los suelos aptos, se determinan las zonas con aptitud agroclimática "Alta y Media" para el cultivo del frijol, a los 110 días de su desarrollo fenológico de acuerdo con los datos climatológicos de 1981 a 2010.



Precipitación acumulada mensual

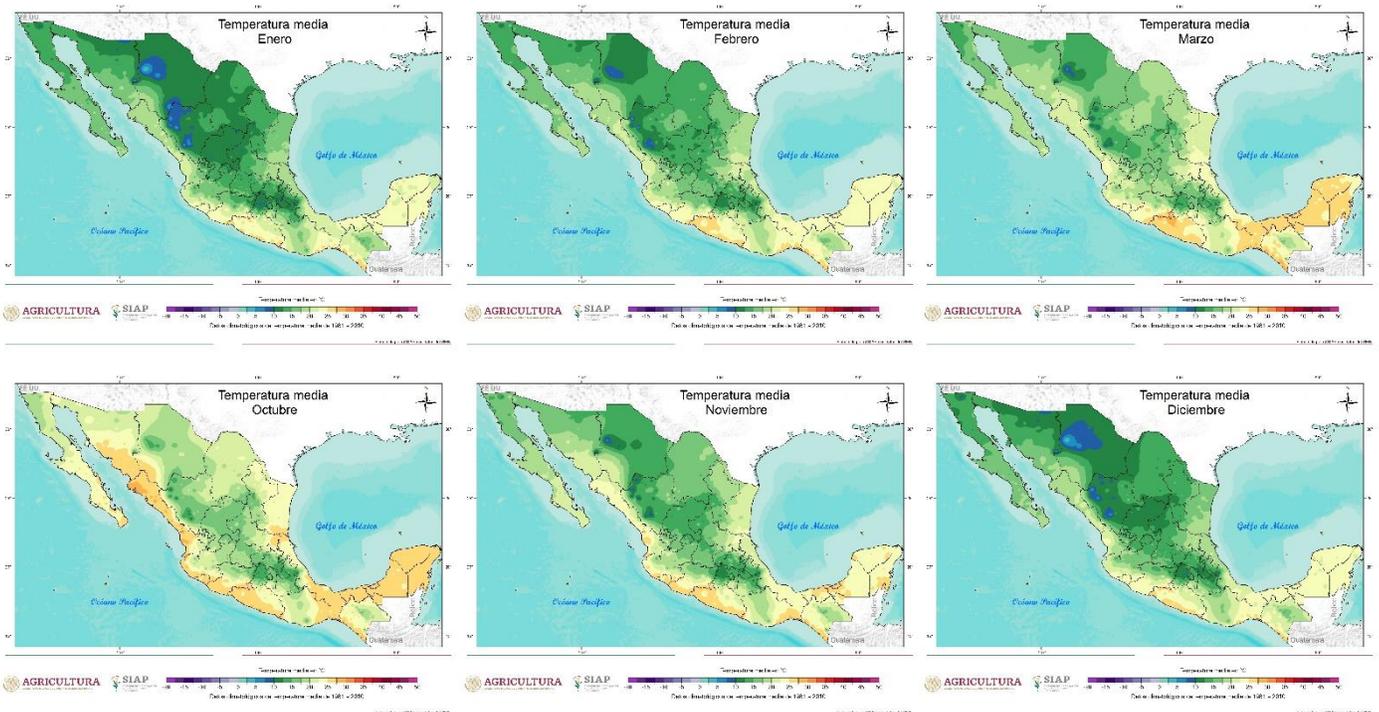


Precipitación O-I (110 días)



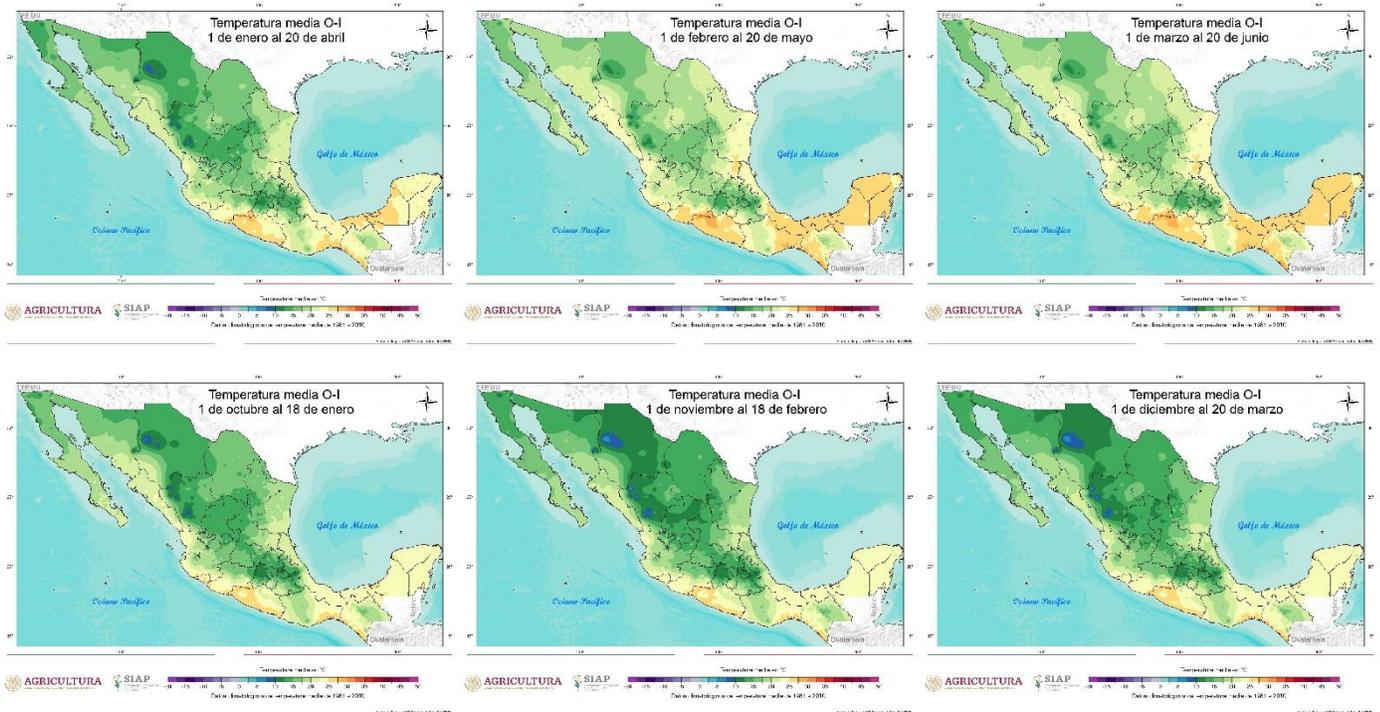
Los rangos de temperatura media para el frijol son de (10 a 11 °C) y de (20 a 21 °C) para una aptitud agroclimática media y de (11 a 20 °C) para una aptitud agroclimática alta.

Temperatura media promedio mensual





Temperatura media (promedio de 110 días)





Establecimiento del cultivo

La siembra se realiza a mano o con sembradora, enterrando la semilla a una profundidad de 2 a 4 cm, con una distancia entre plantas de 6 cm y de 70 cm entre hileras. Antes de sembrar se debe verificar que el suelo tenga suficiente humedad para garantizar una germinación uniforme.

De la superficie de cada municipio solo se toma en cuenta la que corresponde a la Frontera Agrícola de México serie III.

Resultados

Aptitud agroclimática para el cultivo de frijol en México.

La aptitud agroclimática permite espacializar la potencialidad de los diferentes productos del campo mexicano, asimilando las diferentes etapas fenológicas de las especies agrícolas junto con sus requerimientos climáticos y edafológicos.

En los siguientes mapas se muestra la distribución espacial de los niveles altos y medios de la aptitud agroclimática del frijol para la república mexicana del ciclo O-I; estimados con la climatología de los años de 1981 a 2010.



El mapa se construyó con los resultados de seis fechas de siembra durante el ciclo agrícola otoño-invierno con la climatología de 30 años (1981 a 2010).

A continuación se describen las diferentes fechas utilizadas y se muestran la forma en que el suelo, la lluvia y la temperatura influyen en la distribución de la aptitud agroclimática en México.



Aptitud agroclimática por municipios, del 1 de octubre al 18 de enero

- Alto
- Medio
- No apto
- Distritos de riego
- Entidades federativas

Mapa de aptitud agroclimática de México para el cultivo de frijol del 1 octubre al 18 de enero, ciclo O-I para la climatología de 1981-2010, a los 110 días de su desarrollo fenológico.



Aptitud agroclimática por municipios, del 1 de noviembre al 18 de febrero



Mapa de aptitud agroclimática de México para el cultivo de frijol del 1 noviembre al 18 de febrero, ciclo O-I para la climatología de 1981-2010, a los 110 días de su desarrollo fenológico.



Aptitud agroclimática por municipios, del 1 de diciembre al 20 de marzo



Mapa de aptitud agroclimática de México para el cultivo de frijol del 1 diciembre al 20 de marzo, ciclo O-I para la climatología de 1981-2010, a los 110 días de su desarrollo fenológico.



Aptitud agroclimática por municipios, del 1 de enero al 20 de abril.



Mapa de aptitud agroclimática de México para el cultivo de frijol del 1 enero al 20 de abril, ciclo O-I para la climatología de 1981-2010, a los 110 días de su desarrollo fenológico.



Aptitud agroclimática por municipios, del 1 de febrero al 20 de mayo.



Mapa de aptitud agroclimática de México para el cultivo de frijol del 1 febrero al 20 de mayo, ciclo O-I para la climatología de 1981-2010, a los 110 días de su desarrollo fenológico.



Aptitud agroclimática por municipios, del 1 de marzo al 20 de junio



Mapa de aptitud agroclimática de México para el cultivo de frijol del 1 marzo al 20 de junio, ciclo O-I para la climatología de 1981-2010, a los 110 días de su desarrollo fenológico.



En los mapas anterior se observa en verde y naranja los niveles medio y alto de la aptitud agroclimática del frijol, lo que significa que los rendimientos de frijol por condiciones ambientales se estiman sean los óptimos y/o superiores a la media nacional. Para los municipios “No apto” en color blanco el mapa indica que será necesario programar riegos adicionales o que no cumplen con lo requerido de temperatura donde el promedio va de 10 a 21 °C y/o precipitación de 400 a 1,200 mm.

La estimación de las zonas agrícolas con aptitud agroclimática media y alta para el cultivo del frijol, permitirá una mejor planeación sobre la superficie a sembrarse en el ciclo P-V 2019, y mejorar el rendimiento por hectárea, optimizar los recursos productivos, reducción de costos, entre otros; servirá también como herramienta para la toma de decisión sobre sembrar este u otro cultivo que se adapte a las condiciones de un lugar determinado.

Al realizar un análisis periódico de la precipitación y temperatura en relación a las etapas fenológicas del frijol determinando las acciones directas o indirectas que tienen estos factores sobre el desarrollo de la planta, será posible realizar una inferencia sobre el rendimiento del cultivo, entendiendo el ¿por qué? Del aumento o decremento de la producción de esta leguminosa.

Si bien se tiene un panorama de la situación del cultivo en el ciclo agrícola de otoño-invierno en el país, es necesario aclarar que los resultados obtenidos se soportan bajo el supuesto de que durante las diferentes etapas fenológicas del cultivo se realizó un manejo agronómico adecuado (preparación del suelo, labores de cultivo, control integral de plagas y enfermedades, Control de malezas, manejo nutricional, etc.), esto debido a que esta variable coadyuva en el desarrollo y rendimiento del cultivo de forma directa, por tal es necesario contemplarla al momento de interpretar los resultados alcanzados con el análisis realizado.



Se reporta por estado y municipio la aptitud agroclimática media y alta para el cultivo del maíz, iniciando cada periodo de 110 días cada primero de mes de octubre 2019 a marzo 2020, durante el ciclo agrícola de O-I correspondientes a la climatología de 1981-2010.

Fecha de siembra del 01 de enero al 20 de abril

Estado de Chiapas

Municipio	Precipitación mm	Temperatura media °C	Aptitud
Francisco León	477.6	22.1	Media
Ixtacomitán	626.6	23.0	Media
Ixtapangajoya	582.6	24.1	Media
Ocoatepec	694.3	19.1	Alta
Pichucalco	609.3	23.8	Media
Tapalapa	539.2	20.3	Media

Estado de Tabasco

Municipio	Precipitación mm	Temperatura media °C	Aptitud
Tacotalpa	545.9	24.6	Media

Fecha de siembra del 01 de febrero al 20 de mayo

Estado de Chiapas

Municipio	Precipitación mm	Temperatura media °C	Aptitud
Tapachula	434.3	26.4	Media
Tuxtla Chico	472.1	26.8	Media
Unión Juárez	674.3	23.0	Media



Fecha de siembra del 01 de marzo al 20 de junio

Estado de Chiapas

Municipio	Precipitación mm	Temperatura media °C	Aptitud
Acacoyagua	784.9	27.7	Alta
Acapetahua	675.0	27.9	Media
Cacahoatán	1,153.2	24.7	Alta
Escuintla	852.2	27.2	Alta
Frontera Hidalgo	536.4	28.5	Media
Huehuetán	688.8	27.7	Media
Huixtla	745.0	27.9	Alta
Mapastepec	563.9	27.0	Media
Mazapa de Madero	492.0	21.9	Media
Metapa	741.3	27.5	Media
Motozintla	682.1	23.0	Media
Tapachula	856.5	26.6	Alta
Tuxtla Chico	916.0	26.9	Alta
Tuzantán	976.2	27.0	Alta
Unión Juárez	1,214.9	23.0	Alta
Villa Comaltitlán	700.1	28.0	Alta

Fecha de siembra del 01 de octubre| al 20 de junio

Estado de Chiapas

Municipio	Precipitación mm	Temperatura media °C	Aptitud
Amatán	966.8	23.1	Alta
Cacahoatán	792.6	23.8	Alta
Catazajá	591.9	23.5	Media
Chapultenango	959.7	20.7	Alta
Chilón	546.3	19.9	Alta
Coapilla	687.1	20.6	Alta
Copainalá	620.9	21.6	Alta
Francisco León	929.4	21.2	Alta
Huitiupán	664.9	21.2	Alta
Ixhuetán	792.3	21.3	Alta
Ixtacomitán	1,031.4	22.1	Alta
Ixtapangajoya	1,041.7	23.2	Alta
Juárez	909.8	23.7	Alta
Las Margaritas	334.1	18.5	Media
Mezcalapa	673.4	23.3	Alta
Motozintla	431.7	21.3	Media
Ocotepec	1,273.7	18.3	Media
Ostuacán	1,012.3	23.4	Alta
Palenque	634.5	22.4	Alta
Pantepec	721.2	20.3	Alta
Pichucalco	1,035.6	22.9	Alta



Pueblo Nuevo Solistahuacán	591.1	20.1	Media
Rayón	611.8	20.4	Media
Reforma	790.1	24.3	Alta
Rincón Chamula San Pedro	603.7	20.3	Media
Sabanilla	769.2	22.0	Alta
Salto de Agua	784.8	22.5	Alta
Solosuchiapa	934.9	22.2	Alta
Sunuapa	996.3	22.7	Alta
Tapachula	588.0	25.4	Alta
Tapalapa	1,011.9	19.5	Alta
Tapilula	734.0	20.8	Alta
Tecpatán	714.6	22.7	Alta
Tila	734.7	21.8	Alta
Tumbalá	694.1	21.3	Media
Tuxtla Chico	666.1	25.9	Alta
Tuzantán	672.1	25.4	Alta
Unión Juárez	797.6	22.4	Alta
Yajalón	516.5	20.0	Media

Estado de Oaxaca

Municipio	Precipitación mm	Temperatura media °C	Aptitud
Matías Romero Avendaño	468.2	24.2	Media
Santa María Chimalapa	487.8	23.9	Alta

Estado de Tabasco

Municipio	Precipitación mm	Temperatura media °C	Aptitud
Cárdenas	790.5	24.4	Alta
Centla	674.1	24.7	Media
Centro	764.0	24.6	Alta
Comalcalco	780.2	24.4	Alta
Cunduacán	723.5	24.6	Media
Huimanguillo	786.0	24.2	Alta
Jalapa	843.5	24.1	Alta
Jalpa de Méndez	728.1	24.6	Media
Jonuta	623.7	24.3	Media
Macuspana	776.1	24.0	Alta
Nacajuca	722.0	24.8	Media
Paraíso	787.9	24.5	Alta
Tacotalpa	974.1	23.8	Alta
Teapa	995.3	23.7	Alta

Estado de Veracruz de Ignacio de la Llave

Municipio	Precipitación mm	Temperatura media °C	Aptitud
Agua Dulce	773.0	24.2	Alta



Alvarado	366.3	23.2	Media
Angel R. Cabada	746.5	23.4	Alta
Catemaco	1,158.4	22.5	Alta
Coatzacoalcos	731.2	23.9	Alta
Cosoleacaque	637.8	24.0	Media
Hidalgotitlán	735.4	23.8	Media
Hueyapan de Ocampo	516.6	23.2	Media
Ixhuatlán del Sureste	731.2	24.0	Alta
Jesús Carranza	579.5	23.9	Alta
Las Choapas	763.2	23.8	Alta
Lerdo de Tejada	735.0	23.5	Alta
Mecayapan	817.2	23.2	Media
Minatitlán	751.6	23.9	Alta
Moloacán	769.7	24.1	Alta
Pajapan	698.1	23.6	Media
Saltabarranca	717.0	23.5	Alta
San Andrés Tuxtla	709.3	22.6	Media
Santiago Tuxtla	597.9	23.2	Media
Soteapan	796.4	23.1	Media
Tatahuicapan de Juárez	894.3	23.1	Media
Uxpanapa	855.8	23.5	Alta

Fecha de siembra del 01 de noviembre al 18 de febrero

Estado de Chiapas

Municipio	Precipitación mm	Temperatura media °C	Aptitud
Amatán	772.6	22.6	Media
Chapultenango	768.3	20.3	Alta
Coapilla	526.8	20.2	Media
Copainalá	460.9	21.1	Alta
Francisco León	732.6	20.7	Media
Huitiupán	506.4	20.8	Media
Ixhuatán	615.3	20.8	Media
Ixtacomitán	846.6	21.6	Alta
Ixtapangajoya	834.3	22.6	Alta
Juárez	708.7	23.1	Alta
Mezcalapa	494.1	23.0	Alta
Ocoatepec	1044.9	18.0	Alta
Ostuacán	781.8	22.7	Alta
Palenque	469.9	21.8	Media
Pantepec	556.1	19.9	Media
Pichucalco	843.3	22.4	Alta
Sabanilla	601.2	21.4	Alta
Salto de Agua	588.1	21.7	Alta
Solosuchiapa	743.5	21.7	Alta
Sunuapa	801.7	22.2	Alta
Tapalapa	813.7	19.1	Alta
Tecpatán	535.0	22.3	Media
Tila	564.1	21.3	Media

Estado de Oaxaca



Municipio	Precipitación mm	Temperatura media °C	Aptitud
Santa María Chimalapa	333.4	23.4	Alta

Estado de Tabasco

Municipio	Precipitación mm	Temperatura media °C	Aptitud
Cárdenas	576.7	23.7	Media
Centro	562.7	24.0	Media
Huimanguillo	581.0	23.6	Media
Jalapa	648.9	23.5	Media
Macuspana	591.4	23.4	Media
Tacotalpa	777.6	23.2	Alta
Teapa	789.9	23.1	Alta

Estado de Veracruz de Ignacio de la Llave

Municipio	Precipitación mm	Temperatura media °C	Aptitud
Catemaco	839.0	21.7	Media
Hidalgotitlán	531.5	23.1	Alta
Hueyapan de Ocampo	337.0	22.5	Alta
Jesús Carranza	396.4	23.3	Media
Minatitlán	543.6	23.2	Media
Soteapan	561.2	22.4	Media
Uxpanapa	645.9	22.8	Alta

Fecha de siembra del 01 de diciembre al 20 de marzo

Estado de Chiapas

Municipio	Precipitación mm	Temperatura media °C	Aptitud
Amatán	656.3	22.8	Alta
Chapultenango	628.7	20.6	Alta
Coapilla	419.2	20.5	Media
Copainalá	357.4	21.5	Media
Francisco León	585.0	21.0	Alta
Huitiupán	413.5	21.1	Media
Ixtacomitán	714.4	21.9	Alta
Ixtapangajoyá	718.8	22.9	Alta
Juárez	576.2	23.3	Alta
Ocoatepec	849.4	18.3	Alta
Pichucalco	702.7	22.7	Alta
Sabanilla	502.3	21.7	Media
Salto de Agua	476.8	22.0	Media
Solosuchiapa	626.0	22.0	Alta
Sunuapa	659.6	22.5	Media
Tapalapa	659.1	19.4	Alta



Estado de Tabasco

Municipio	Precipitación mm	Temperatura media °C	Aptitud
Tacotalpa	658.0	23.5	Alta
Teapa	674.7	23.4	Media

Estado de Veracruz de Ignacio de la Llave

Municipio	Precipitación mm	Temperatura media °C	Aptitud
Catemaco	569.6	21.8	Alta

Bibliografía:

Carbalho, S., Anschau, A., Flores, N. & Hilbert, J. (2009). Argentina potenciality to develop sustainable, bioenergy projects. Methodology to determine driving forces of land use changes using GIS tools. Presentado en el 3rd International Conference on Energy Sustainability ASME. San Francisco, California USA. Paper N° ES2009-90353.

COLPOS., Colegio de Posgraduados (2012) Estimación de las demandas de consumo de agua. disponible en http://www.sagarpa.mx/desarrolloRural/noticias/2012/Documents/FICHAS%20TECNICAS%20E%20INSTR UCTIVOS%20NAVA/INSTRUCTIVO_DEMANDAS%20DE%20AGUA.pdf (última consulta, marzo 2019)

SIAP., Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (2014) Conjunto de datos vectoriales de la frontera agrícola de México.

FAO., Food and Agriculture Organization of the United Nations (1997) Zonificación agroecológica. Guía general. Boletín de suelos de la FAO 73. FAO Roma, Italia. 82 P.



FAO Food and Agriculture Organization of the United Nations (2006) Evapotranspiración del cultivo. FAO 56, ISBN 92-5-304219-2, Roma, 2006.

FAO Food and Agriculture Organization of the United Nations (2009) Guía para la descripción de suelos. Cuarta edición, Roma, 2009.

INEGI Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (2000) Los análisis físicos y químicos en la cartografía edafológica del INEGI

INEGI Instituto Nacional de Estadística y Geografía (2014). Diccionario de datos edafológicos, escala "1:250,000", versión 2014

INIFAP Instituto Nacional de Investigaciones forestales, agrícolas y pecuarias (2001) Requerimientos hídricos de especies anuales y perenes en las zonas media y altiplano de San Luis Potosí. Folleto técnico No. 12, febrero 2001.

INIFAP Instituto Nacional de Investigaciones forestales, agrícolas y pecuarias (2012) Potencial productivo de especies agrícolas de importancia socioeconómica en México. Publicación especial No. 8.

Jiménez, C., Vargas, V., Salinas, W., Aguirre, M. y Rodríguez, D. (2004). Aptitud agroecológica para el cultivo de la caña de azúcar en el sur de Tamaulipas, México. Investigaciones Geográficas, Boletín del Instituto de Geografía. UNAM. (53):58-74.

López, L. (1991) Cereales. Ediciones Mundiprensa. Madrid. 307-394.



Ojeda, Waldo & Ibarra, Ernesto & Unland Weiss, Helene & José Ríos, Juan. (2006). Programación integral del riego en maíz en el norte de Sinaloa, México integral programming for corn irrigation in northern Sinaloa, México.

OMM Organización Meteorológica Mundial (2011) Guía de prácticas climatológicas, OMM N° 100 edición de 2011.

Pascale, A., Damario, E. y Blettler, J. (2003). Aptitud agroclimática actual de Cinco Saltos (Río Negro, Argentina) para el cultivo del manzano. XIII Congreso Brasileiro de Agrometeorología, Santa María - RS, 03 a 07 de agosto 2003: Situação atual e perspectivas da agrometeorología. Pág.567-568.

R. Sluter (2009) Interpolation methods for climate data, literature review. KNMI intern rapport; IR 2009-04

SAXTON K.E.et all,(1986) Estimating generalized soil-water characteristics from texture, SOIL SCI. SOC. AM. J., Vol. 50, 1986

SENAMHI Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (2013) Caracterización y aptitud agroclimática de los cultivos de papa y maíz amiláceo en la subcuenca del ría Shullcas, Junín.

SMN Servicio Meteorológico Nacional (2018) Base de datos climatológica de los años 1981-2010

Solorzano V.,E.,(2007) Guías fenológicas para cultivos Básicos, México, Trillas S.A. De C.V. 2007. ISBN 978-968-24-7841-3



Thomas C. Peterson and Russell S. Vose (1997) An Overview of the Global Historical Climatology Network Temperature Database, Bulletin of the American Meteorological Society, Vol. 78, No. 12, December 1997.