

# Aptitud agroclimática del frijol en México ciclo agrícola primavera verano

Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera  
Dirección de Soluciones Geoespaciales

Marzo 2019

Próxima publicación: 15 de agosto de 2019

Síguenos en nuestras redes sociales:





## Contenido:

Contenido:.....	2
Resumen.....	3
Conceptos y definiciones .....	3
Frijol.....	3
Aptitud agroclimática.....	3
Condiciones edáficas y clima.....	4
Etapas fenológicas del frijol .....	5
Periodo vegetativo del fríjol.....	6
Establecimiento del cultivo .....	12
Resultados .....	12
Aptitud agroclimática para el cultivo de frijol en México. ....	12
Bibliografía: .....	20

## 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 primavera verano (PV) 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

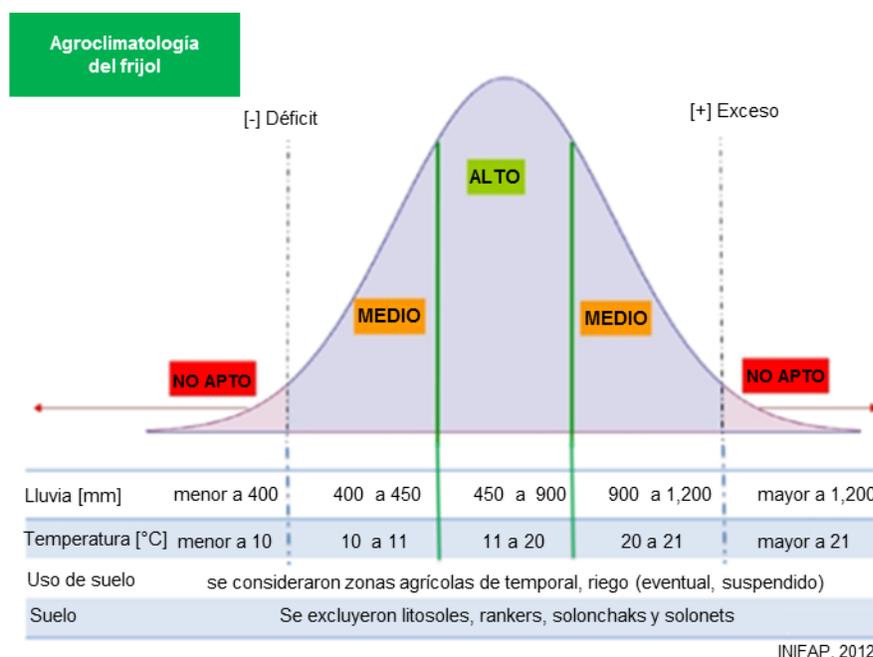


La aptitud agroclimática permite espacializar la potencialidad de los diferentes productos del campo, asimilando las diferentes etapas fenológicas de las especies agrícolas junto con sus requerimientos climáticos y edafológicos.

“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<sub>o</sub>) mediante la ecuación de Penman-Monteith. El coeficiente del cultivo es básicamente el cociente entre la evapotranspiración del cultivo ET<sub>c</sub> y la evapotranspiración del cultivo de referencia, ET<sub>o</sub>, 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<sub>c</sub> son los correspondientes para México publicados por INIFAP 2001.

Cada uno de los coeficientes K<sub>c</sub> 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).

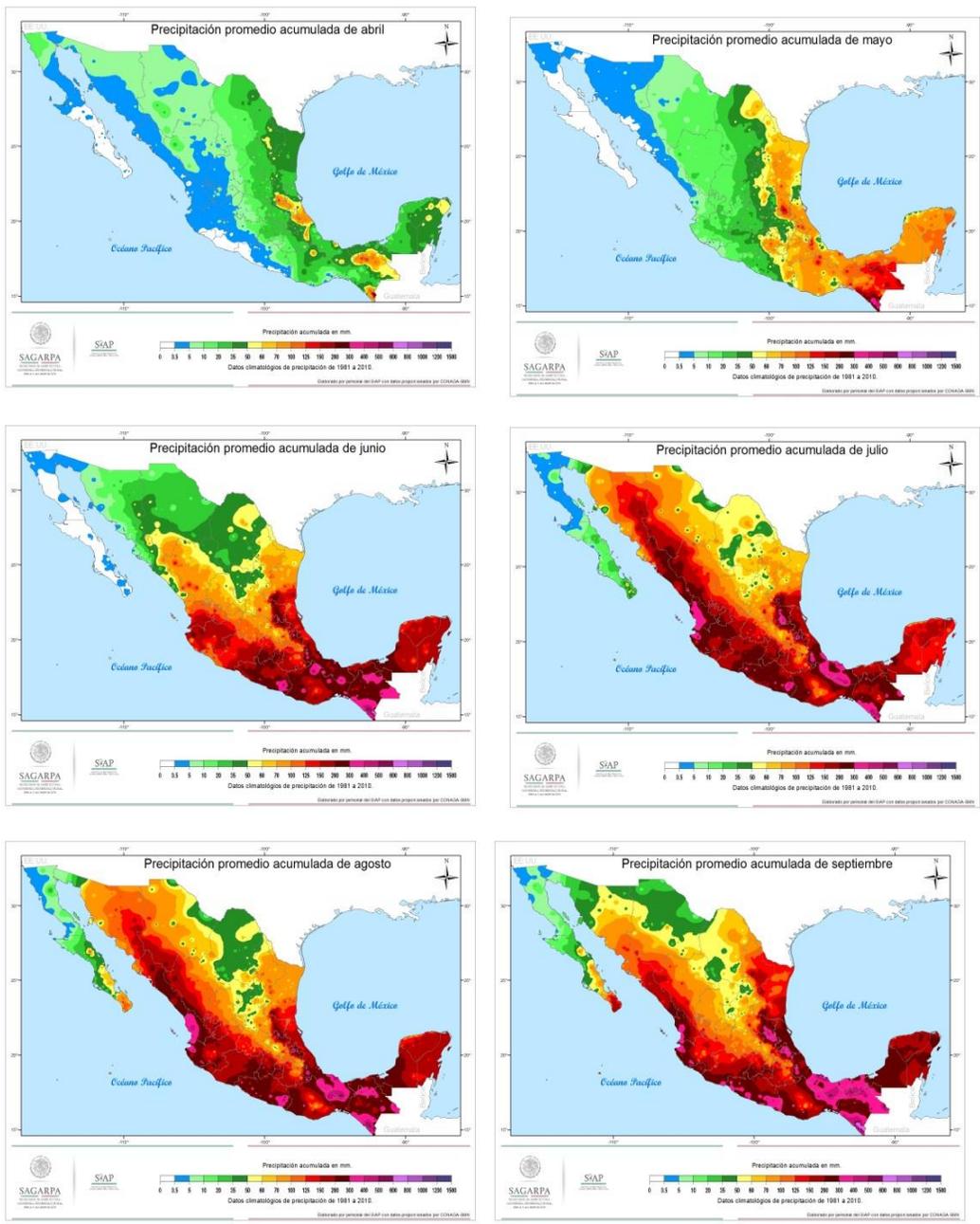
En la parte de suelos se excluyeron los litosoles, raklers, solonchaks y solonets, también se excluyeron las coberturas correspondientes a las áreas naturales protegidas, zonas urbanas cuerpos de agua...

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

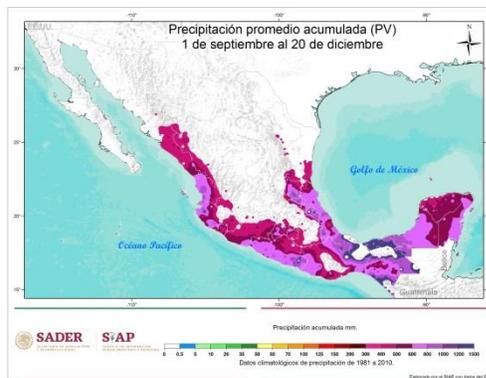
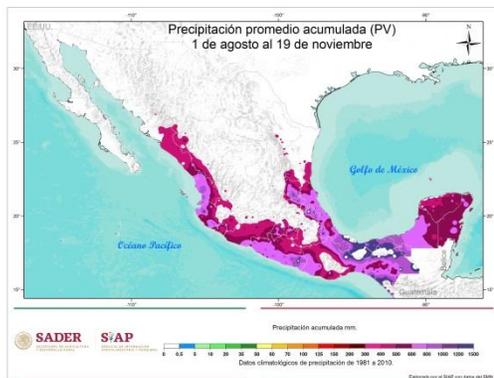
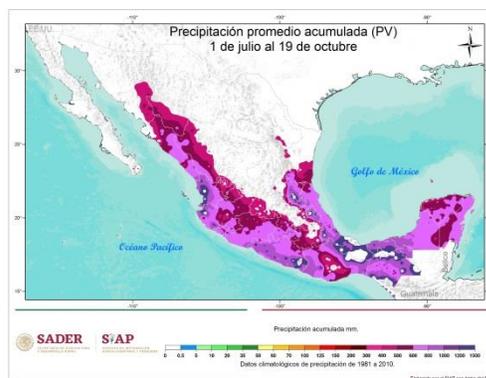
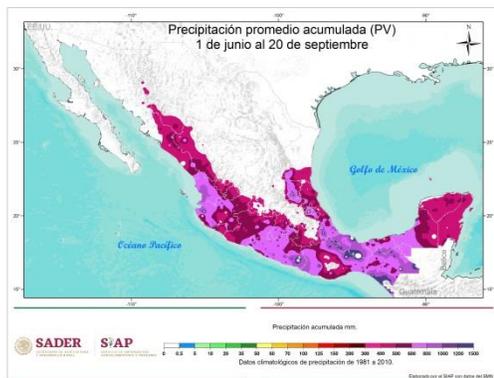
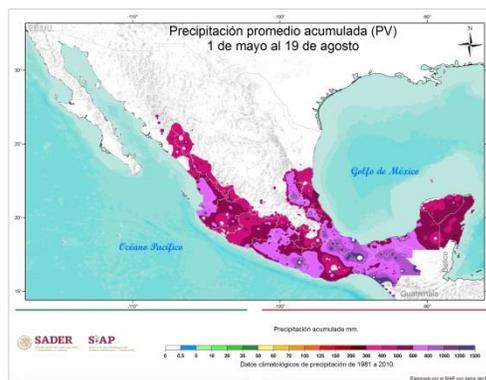
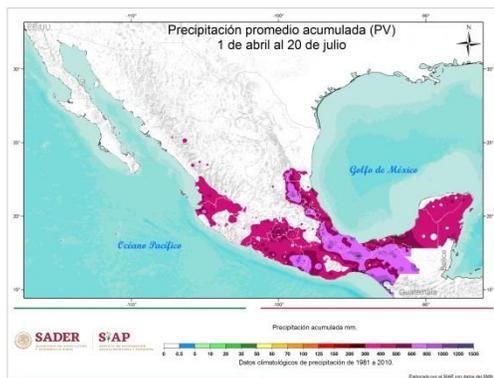
El modelo se aplicó durante todos los meses de PV iniciando cada ciclo fenológico del frijol el primer día de cada mes, por lo que se generaron 6 mapas de aptitud agroclimática para todo el periodo.

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

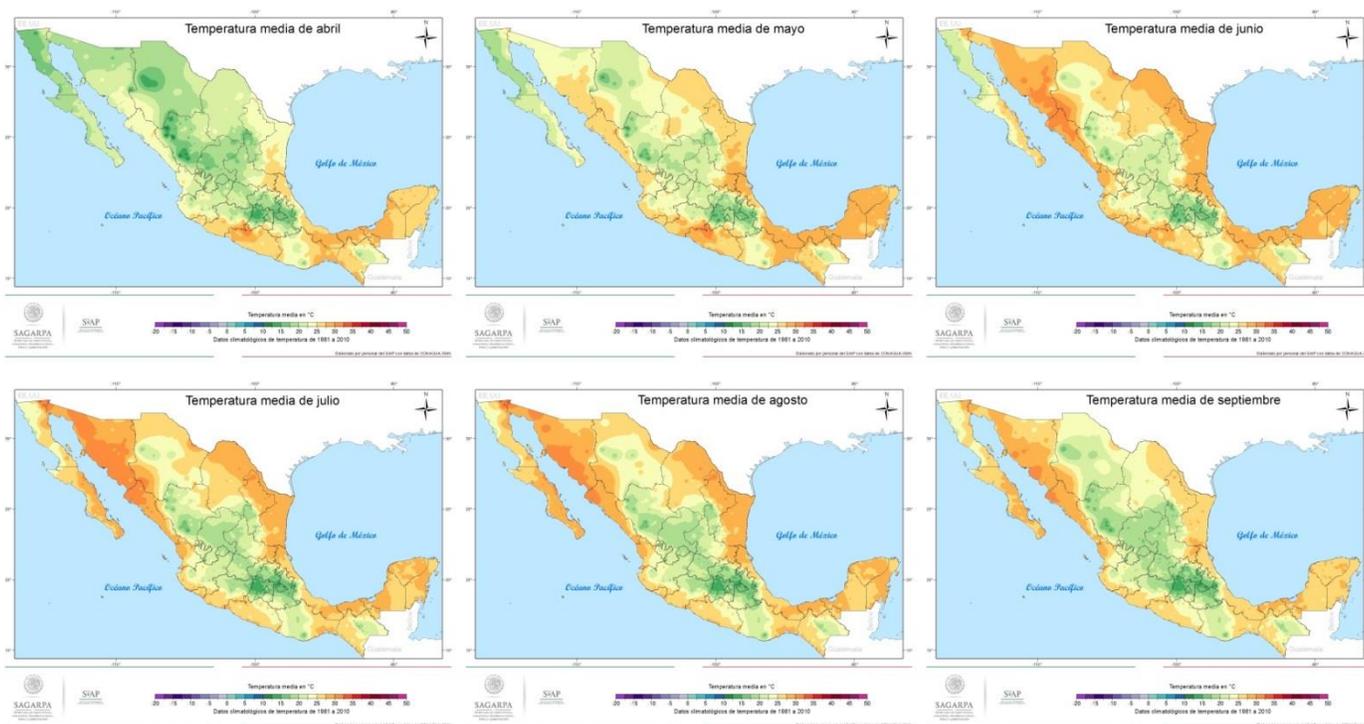


# Precipitación P-V (110 días)

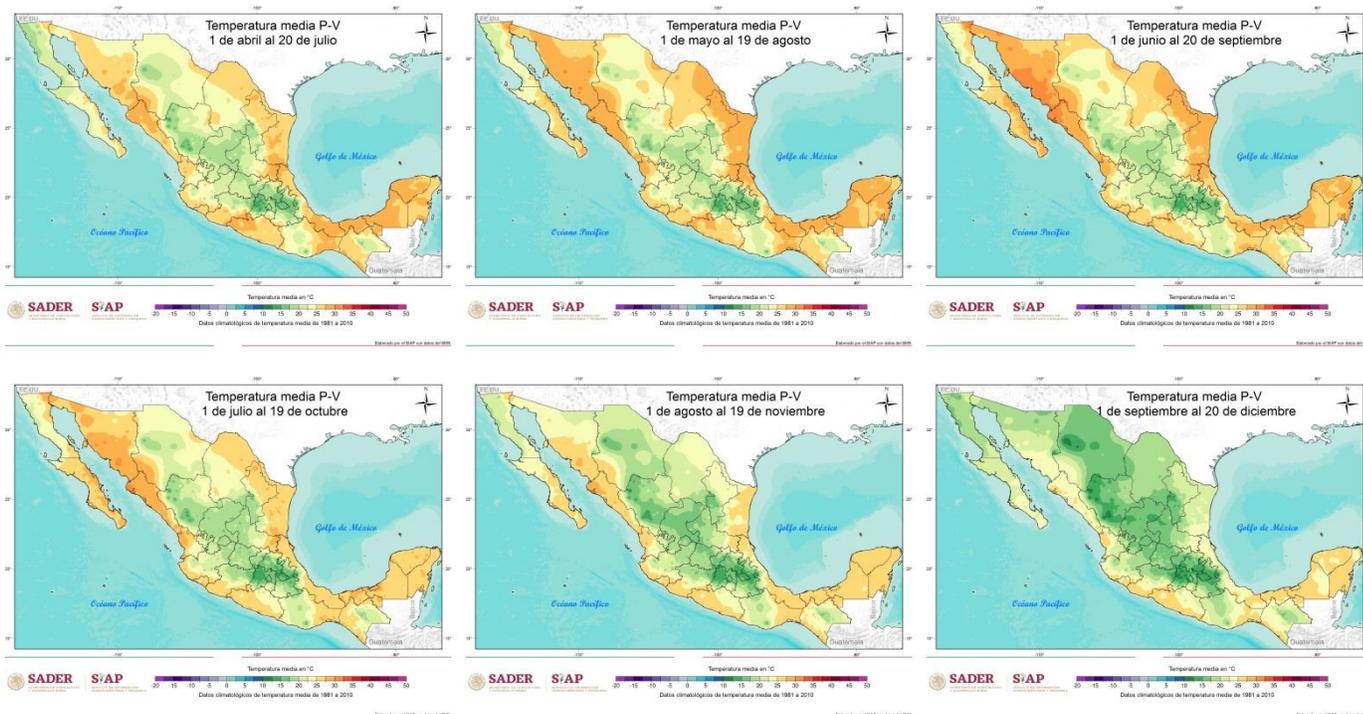


Los rangos de temperatura media para el frijol son de (10 a 11 °C) y de (20 a 21 °C) para una aptitud agroclimática media y de (11 a 20 °C) para una aptitud agroclimática alta.

## 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.

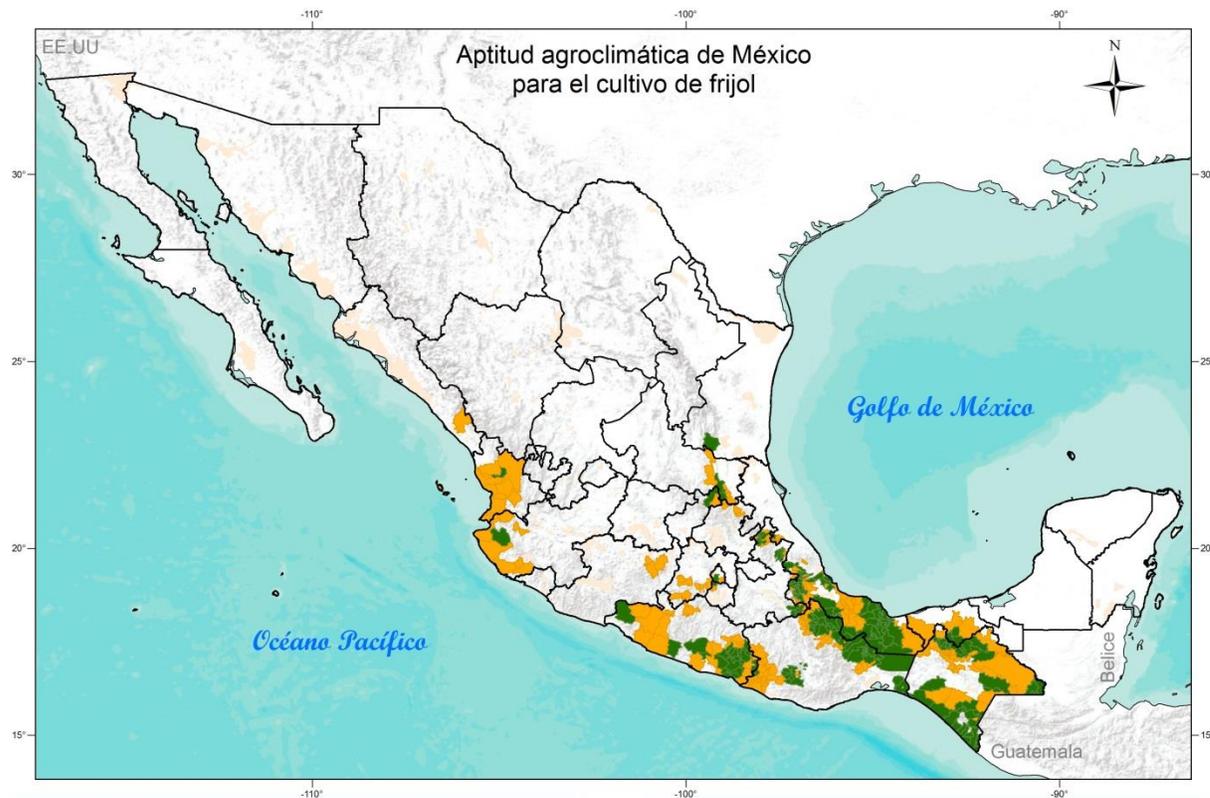
En los siguientes mapas se muestra la distribución espacial de los niveles altos y medios de la aptitud agroclimática del frijol para la república mexicana del ciclo P-V; estimados con la climatología de los años de 1981 a 2010.



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



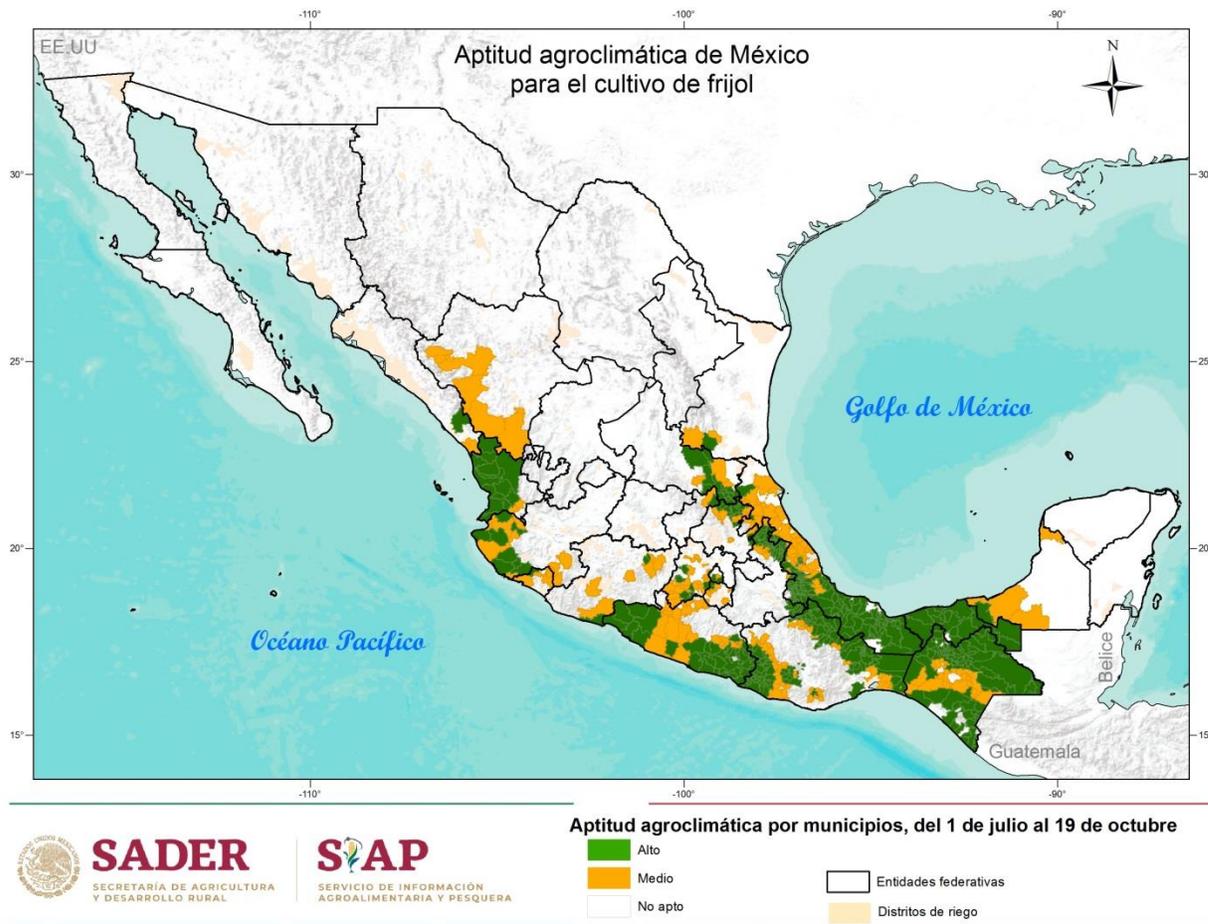
Mapa de aptitud agroclimática de México para el cultivo de frijol del 1 mayo al 19 de agosto, ciclo P-V para la climatología de 1981-2010, a los 110 días de su desarrollo fenológico.



**Aptitud agroclimática por municipios, del 1 de junio al 20 de septiembre**

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

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



Mapa de aptitud agroclimática de México para el cultivo de frijol del 1 julio al 19 de octubre, ciclo P-V para la climatología de 1981-2010, a los 110 días de su desarrollo fenológico.



**SADER**  
SECRETARÍA DE AGRICULTURA  
Y DESARROLLO RURAL

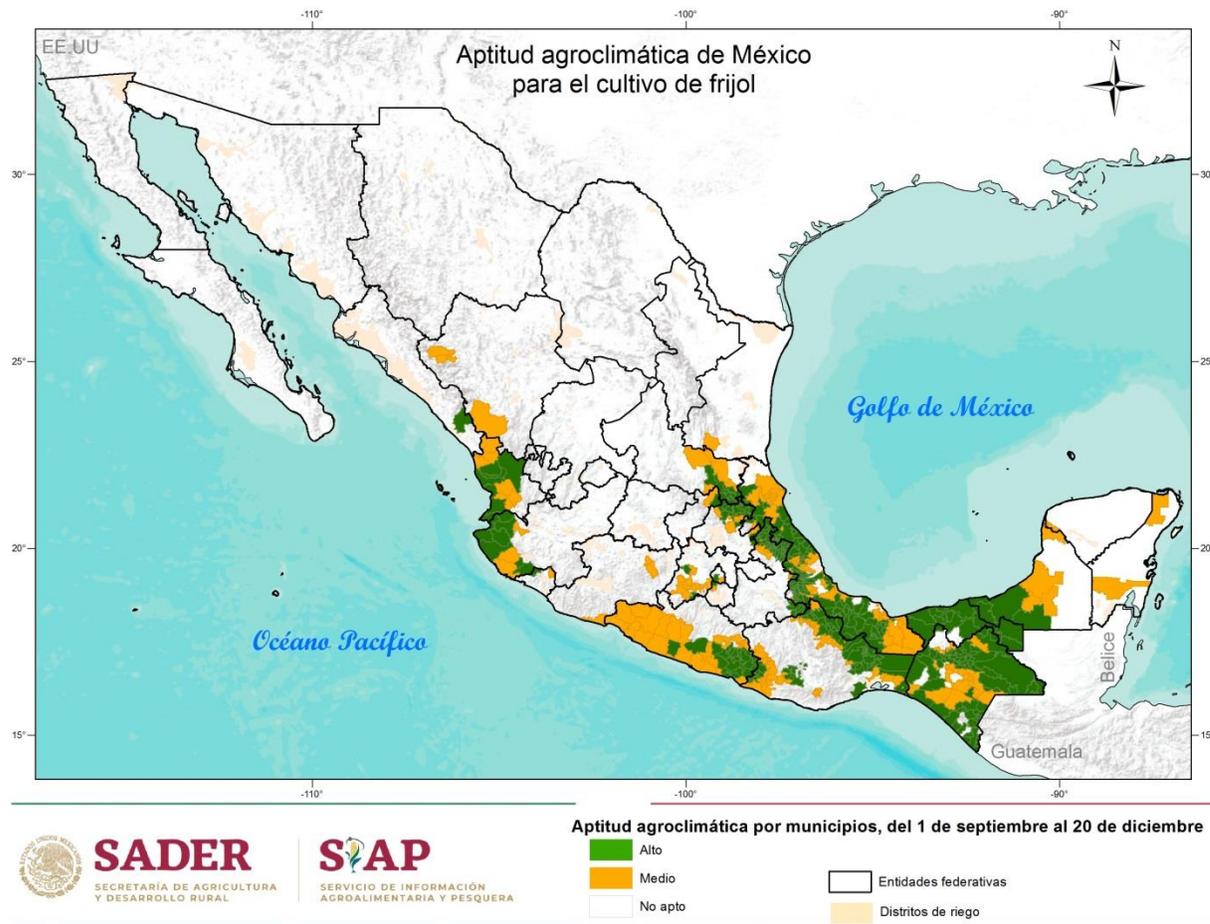


SERVICIO DE INFORMACIÓN  
AGROALIMENTARIA Y PESQUERA

**Aptitud agroclimática por municipios, del 1 de agosto al 19 de noviembre**



Mapa de aptitud agroclimática de México para el cultivo de frijol del 1 agosto al 19 de noviembre, ciclo P-V para la climatología de 1981-2010, a los 110 días de su desarrollo fenológico.



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

En los mapa 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 PV en el país, es necesario aclarar que faltan algunas variables por adherir a este proceso como: el balance hídrico, capacidad de retención de agua por el suelo, entre los más importantes, que coadyuvarán en una mejor determinación de las áreas con aptitud agroclimática para la producción de frijol.

## 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%20INSTRUCTIVOS%20NAVA/INSTRUCTIVO\\_DEMANDAS%20DE%20AGUA.pdf](http://www.sagarpa.mx/desarrolloRural/noticias/2012/Documents/FICHAS%20TECNICAS%20E%20INSTRUCTIVOS%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.