



AgEcon SEARCH

RESEARCH IN AGRICULTURAL & APPLIED ECONOMICS

The World's Largest Open Access Agricultural & Applied Economics Digital Library

This document is discoverable and free to researchers across the globe due to the work of AgEcon Search.

Help ensure our sustainability.

Give to AgEcon Search

AgEcon Search

<http://ageconsearch.umn.edu>

aesearch@umn.edu

*Papers downloaded from **AgEcon Search** may be used for non-commercial purposes and personal study only. No other use, including posting to another Internet site, is permitted without permission from the copyright owner (not AgEcon Search), or as allowed under the provisions of Fair Use, U.S. Copyright Act, Title 17 U.S.C.*

No endorsement of AgEcon Search or its fundraising activities by the author(s) of the following work or their employer(s) is intended or implied.

CONTRIBUCIÓN A LA SOBERANÍA ALIMENTARIA DEL FRIJOL POR MEDIO DEL POTENCIAL PRODUCTIVO EN LA REGIÓN NORTE CENTRO DE MÉXICO

Georgel Moctezuma López ¹

Contribution to food sovereignty of beans through productive potential in the north central of Mexico

ABSTRACT

Beans were selected for the present study because they are one of the most important foods (along with corn) in the diet of the Mexican people and three northern states of the Mexican Republic were chosen; Chihuahua, Durango and Zacatecas because they were where the largest area with medium and high Productive Potential (PP) for such an important crop was detected. The five Rural Development Districts (DDR) of interest for bean cultivation in the north of the country were: Madera and Cuauhtemoc in Chihuahua, Villa Ocampo and Guadalupe Victoria in Durango and Rio Grande in Zacatecas. Two types of productive potential were considered: medium and high. According to the 2020 Population and Housing Census, the population of Mexico was 126 014 024 inhabitants, which requires covering their basic food needs. The methodology for determining the productive potential was based on the detection of three categories and nine variables: climate (maximum, average and minimum temperatures, and rainfall); soil (depth, texture and edaphology) and topography (altitude and slope). They were identified with medium and high productive potential, the amount of 36 251 927.8 hectares susceptible to be planted with this grain, the main DDR with high productive potential were Cuauhtemoc with 98.31%, Guadalupe Victoria with 0.90% and Rio Grande with 0.79%. On the other hand, the detection of these agricultural areas can be included within the government programs to support bean producers and thus increase their income levels to contribute to greater well-being and improve their living conditions. The institutional mandate of INIFAP is to generate agricultural and forestry technology to increase productivity through the technique of productive potential. The objective of the work was to determine the productive potential for the food sovereignty of this product from the basic basket of the neediest consumers in the country.

Key words: average annual growth rate, agricultural technical agenda, imports, national production, medium and high productive potential.

RESUMEN

El frijol se seleccionó para el presente estudio debido a ser uno de los alimentos más importantes (junto con el maíz) en la dieta del pueblo mexicano y se eligieron tres estados del norte de la República Mexicana; Chihuahua, Durango y Zacatecas debido a que fueron en donde se detectó la mayor superficie con Potencial Productivo (PP) medio y alto para tan importante cultivo. Los cinco Distritos de Desarrollo Rural (DDR) de interés para el cultivo de frijol en el norte del país fueron: Madera y Cuauhtémoc en Chihuahua; Villa Ocampo y Guadalupe Victoria en Durango y Río Grande en Zacatecas. Se consideraron dos tipos de potencial productivo: medio y alto. De acuerdo con el Censo de Población y Vivienda (CONAPO 2020) la población de México fue de 128.7 millones de habitantes, la cual requiere cubrir sus necesidades básicas de alimentación. La metodología para la determinación del potencial productivo se basó en la detección de tres categorías y nueve variables: clima (temperaturas máxima, media y mínima y precipitación pluvial); suelo (profundidad, textura y edafología) y topografía (altitud y pendiente). Se identificaron con potencial productivo medio y alto, la cantidad de 36 251 927.8 hectáreas susceptibles de ser sembrada de esta gramínea, los principales DDR con potencial productivo alto fueron Cuauhtémoc con 98.31%, Guadalupe Victoria con 0.90% y Río Grande con 0.79%. Por otro lado, las detecciones de estas superficies agrícolas puedan ser incluidas dentro de los programas gubernamentales de apoyo a los productores frijoleros y así

¹ Investigador Titular. Programa de Socioeconomía del Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Conservación y Mejoramiento de Ecosistemas Forestales. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. E-Mail: moctezuma.georgel@inifap.gob.mx.

incrementar sus niveles de ingreso para contribuir a un mayor bienestar y mejorar sus condiciones de vida. El mandato institucional del INIFAP es generar tecnologías agropecuarias y forestales para incrementar la productividad mediante la técnica de potencial productivo. El objetivo del trabajo fue determinar el potencial productivo para el frijol en número de miles hectáreas para contribuir a la soberanía alimentaria de este producto de la canasta básica de los consumidores más necesitados del país.

Palabras clave: tasa media de crecimiento anual, agenda técnica agrícola, importaciones, producción nacional, potencial productivo medio y alto.

INTRODUCCIÓN

El potencial productivo de las especies vegetales de acuerdo con (Pereira, 1982) consiste en identificar las áreas o superficies agrícolas en las que se cubran los requerimientos agroecológicos por parte de los cultivos agrícolas; esto es determinar los ambientes adecuados para un adecuado desarrollo de la especie motivo de estudio, que en este caso fue el frijol.

Esta gramínea es fundamental para la alimentación del pueblo mexicano y es parte de su dieta diaria junto con el maíz y chile, entre otros forma parte de la canasta básica y se considera para determinar precios y cuantificar la inflación. Su nombre científico es *Phaseolus vulgaris* L. y pertenece a la familia de las Fabaceae y es una leguminosa comestible tanto verde (ejote) como en seco (semilla), su origen de acuerdo con Ulloa *et al.* (2011), se remonta a más de 5 000 años A. C. y se encuentra en los cinco continentes y se considera Mesoamérica como el centro origen.

De acuerdo con Medina-García *et al.* (2016), señala que en México el frijol es el segundo cultivo en importancia después del maíz ya que, se siembra en 1 590 876 hectáreas en el país y de las cuales el 85% se siembra bajo condiciones de temporal y diversos sistemas de producción. Por su parte el INIFAP (2017), desarrolló el proyecto de actualización de sus agendas técnicas agrícolas (una por cada estado de la república) y las referencias de potencial productivo se tomaron de esos documentos de Chihuahua, Durango y Zacatecas.

De acuerdo a Rosset (2004): *“La soberanía alimentaria es el derecho de cada pueblo a definir sus propias políticas agro-pecuarias y en materia de alimentación, a proteger y reglamentar la producción agropecuaria nacional y el mercado doméstico a fin de alcanzar metas de desarrollo sustentable, a decidir en qué medida quieren ser autosuficientes, a impedir que sus mercados se vean inundados por productos excedentarios de otros países que los vuelcan al mercado internacional mediante la práctica del “dumping” ... La soberanía alimentaria no niega el comercio internacional, más bien depende de la opción de formular aquellas políticas y prácticas comerciales que mejor sirvan a los derechos de la población a disponer de métodos y productos alimentarios inocuos, nutritivos y ecológicamente sustentable”.*

Heinisch (2013), señala que el concepto de soberanía alimentaria lo introdujo la Vía Campesina en la Cumbre contra el Hambre de la FAO en 1996 y menciona que es complementario al de seguridad alimentaria, término que apareció en la década de los años 70's bajo aspectos cuantitativos y cualitativos.

Con base a INEGI (2020), la república mexicana tiene una población total de 126'014,024 habitantes que demandan alimentos, lo cual es todo un reto para el subsector agrícola del país para alimentarlos. Las tres entidades más pobladas son el Estado de México, la Ciudad de México y Jalisco, en las dos primeras se concentra algo más de la quinta parte (20.8%), en tanto que en los estados donde se localizó el mayor potencial para el frijol, ocupan los lugares 12, 25 y 26 (Chihuahua, Durango y Zacatecas respectivamente) en cuanto a número de habitantes; lo anterior da una idea de la concentración de población y por otro la dispersión de la producción de alimentos. Para lo anterior, México cultiva frijol en una superficie de la magnitud que se muestra en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Superficie sembrada (has) de frijol en México y estados seleccionados durante el periodo 1995 –2020

Año	Superficie sembrada nacional (has)	Chihuahua (has)	Durango (has)	Zacatecas (has)
1995	2,342,804.00	232,225.00	300,830.00	785,895.00
1996	2,195,877.20	258,196.00	299,381.00	697,028.00
1997	2,319,557.00	228,430.00	312,825.00	765,562.00
1998	2,376,268.70	261,388.00	319,867.00	726,456.00
1999	2,405,873.11	195,193.00	321,352.50	793,535.00
2000	2,120,692.74	133,052.50	282,350.80	755,615.00
2001	1,952,522.43	166,686.00	291,254.46	613,680.00
2002	2,228,107.25	148,948.00	290,272.77	768,105.00
2003	2,040,425.05	104,258.20	264,135.14	668,307.50
2004	1,822,604.54	82,765.02	241,858.08	622,469.00
2005	1,746,020.42	73,519.73	249,373.65	611,518.00
2006	1,809,679.78	99,737.66	244,122.18	602,707.00
2007	1,688,476.88	85,374.64	223,454.77	560,421.00
2008	1,626,021.82	102,751.36	224,548.43	504,786.00
2009	1,676,681.60	134,874.01	224,878.50	530,241.00
2010	1,887,176.77	154,938.78	239,881.70	606,020.20
2011	1,506,033.82	92,611.74	200,211.37	503,851.00
2012	1,700,513.50	139,944.86	249,616.60	562,306.10
2013	1,831,309.49	116,869.30	258,431.36	667,073.25
2014	1,773,996.85	125,315.65	268,485.26	596,944.50
2015	1,678,939.40	129,365.58	252,447.87	584,282.00
2016	1,632,150.47	123,089.21	244,623.30	614,156.90
2017	1,676,230.41	112,374.82	245,414.70	639,523.00
2018	1,675,192.45	98,558.75	220,296.00	660,398.00
2019	1,412,097.69	86,398.03	174,695.50	525,142.50
2020	1,711,962.51	105,065.00	242,194.70	660,566.50

Fuente: SIAP. SADER. Base de datos 1995 – 2020.

A nivel nacional se observa un franco deterioro en la superficie que se destina a la siembra de frijol, ya que se redujo en el periodo de los 26 años en 630,841.49 hectáreas que representan el 26.93% de disminución en el hectareaje. Asimismo, en 1999 se alcanzó la mayor siembra con 2,405,873.11 hectáreas y la menor fue en el año de 2019 con 1,412,097.69 has. Con relación a la superficie de siembra en los estados que se consideran en el estudio, ocurrió al igual que en la nacional, caídas del orden de 127,160.00 hectáreas en Chihuahua, 58,635.30 has en Durango y 125,328.5 en Zacatecas que en términos porcentuales representaron el 54.76%, 19.49 y 15.95% respectivamente, la evolución de esta situación se puede apreciar en la Figura 1.

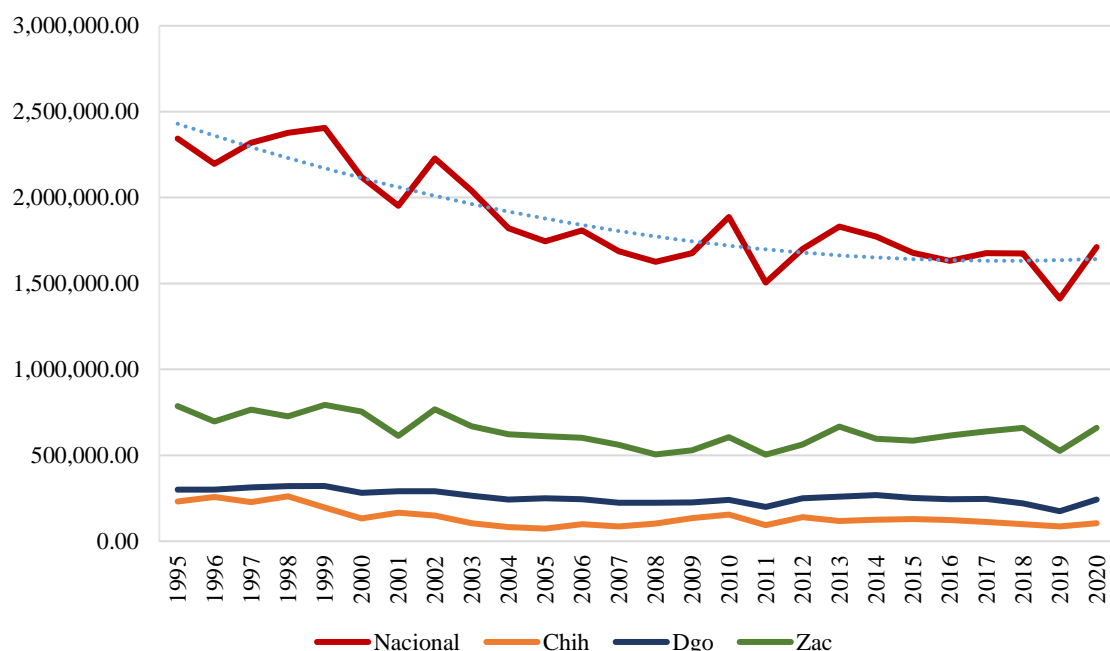


Figura 1. Superficie sembrada de frijol (ha) en México y estados de Chihuahua, Durango y Zacatecas durante el periodo 1995 – 2020 y línea de tendencia.

Elaboración propia con datos de SIAP – SADER, base de datos 1995 – 2020.

A nivel nacional la anterior gráfica muestra una tendencia con pendiente negativa y la curva que más se ajusta es una de tipo polinómica $y = 1578.3x^2 - 1383x + 74109x$ con una $r^2 = 0.7963$ que se considera aceptable. La curva presenta siete incrementos en la superficie sembrada (de los años 1996 a 1999, de 2001 a 2002, de 2005 a 2006, de 2008 a 2010, de 2011 a 2013. De 2016 a 2018 y de 2019 a 2020), mismos que no fueron suficientes para detener la fuerte caída a lo largo de los 26 años de horizonte del análisis. La caída en la superficie sembrada de frijol, al aplicar la función estadística de la tasa media de crecimiento anual (tmca) arrojó en el periodo de análisis, una tasa de tipo negativa con -1.20% y para los estados de Chihuahua, Durango y Zacatecas también fueron negativas en -3.00% , -0.83% y -0.67% respectivamente. Con la superficie que arriba se menciona, la producción (toneladas) de frijol alcanzó las cifras que se muestran en el Cuadro 2.

Cuadro 2. Producción de frijol (ton) en México y estados seleccionados durante el periodo 1995 – 2020

Año	Producción nacional (ton)	Chihuahua (ton)	Durango (ton)	Zacatecas (ton)
1995	1,268,255.00	70,197.00	146,299.00	359,824.00
1996	1,349,201.74	151,226.00	196,517.00	390,289.00
1997	965,055.74	88,484.00	42,478.00	233,081.00
1998	1,260,595.85	103,602.00	104,114.00	330,175.00
1999	1,059,155.52	85,785.00	86,554.60	197,946.00
2000	887,868.14	28,154.05	95,022.47	265,023.00
2001	1,062,629.31	83,687.78	111,694.98	304,080.95
2002	1,549,091.11	52,526.49	153,588.82	543,235.55
2003	1,414,903.96	47,814.44	184,044.13	452,127.00
2004	1,163,433.64	34,054.05	176,992.18	364,184.86
2005	826,892.07	47,301.40	65,235.82	175,523.95

2006	1,385,783.81	81,092.76	199,403.80	424,179.53
2007	993,952.76	62,184.10	109,432.58	237,127.69
2008	1,111,087.37	85,360.03	121,528.48	251,831.64
2009	1,041,349.90	117,328.84	138,801.39	264,661.97
2010	1,156,257.44	126,479.35	96,415.98	265,038.59
2011	567,779.15	35,078.41	19,609.13	108,882.27
2012	1,080,856.66	104,357.43	110,284.70	305,273.65
2013	1,294,633.90	103,727.32	170,660.11	456,716.69
2014	1,273,957.14	124,764.90	192,157.75	355,882.16
2015	969,146.28	96,051.33	111,626.39	289,532.89
2016	1,088,766.73	102,232.54	124,573.79	386,689.61
2017	1,183,868.06	87,165.54	129,492.18	400,355.53
2018	1,196,156.27	86,036.08	105,177.24	423,393.91
2019	879,404.13	64,486.01	53,225.21	259,501.92
2020	1,056,070.61	32,803.49	50,868.55	381,671.17

Fuente: SIAP. SADER. Base de datos 2003 – 2019.

La situación que se presenta con la producción de este alimento básico es muy similar a la de la superficie sembrada de frijol ya que la caída es de 212,184.39 toneladas entre el año de 1995 con respecto al de 2020 y que representó una pérdida de producción del 16.73%. La mayor producción de frijol se logró en el año de 2002 con 1.55 millones de toneladas y la menor se reportó en el año de 2011 con 0.57 millones de toneladas. A nivel estatal, los estados de Chihuahua y Durango tuvieron drásticas reducciones en la producción de esta gramínea del orden del -53.27% y - 65.23% respectivamente, en tanto que Zacatecas tuvo un repunte ligero en la producción del 6.07%. La evolución en la drástica caída de producción del frijol a nivel nacional y en las entidades que se consideraron en el estudio se muestran en la Figura 2.

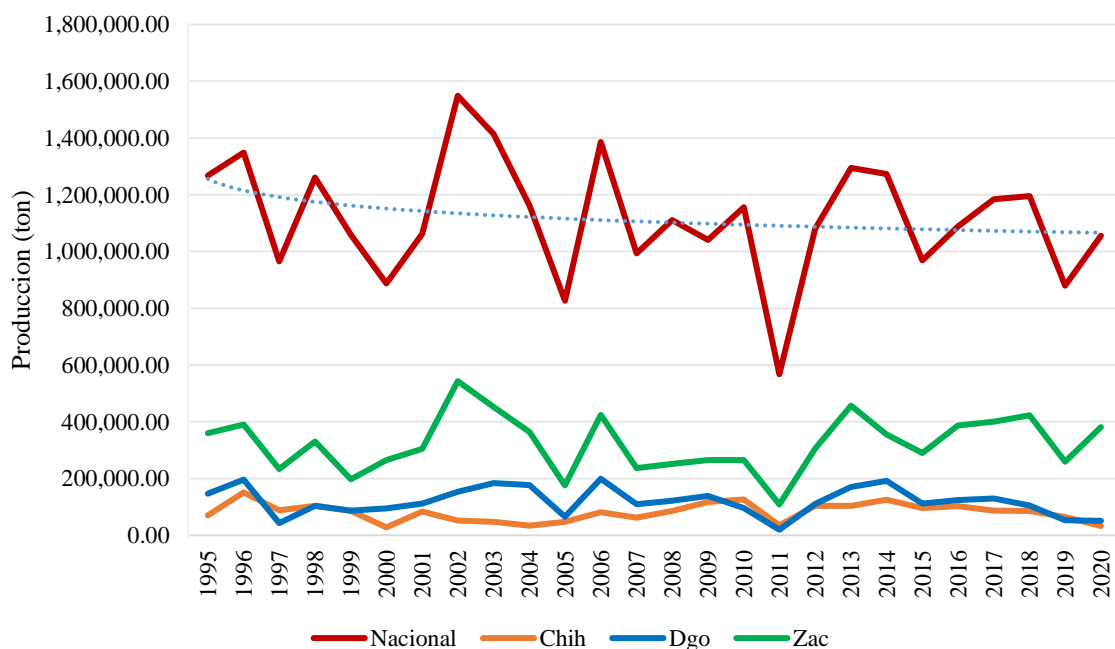


Figura 2. Producción de frijol (ton) en México y estados de Chihuahua, Durango y Zacatecas durante el periodo 1995 – 2020.

Elaboración propia con datos de SIAP – SADER: base de datos 1995 – 2020.

En la Figura 2 se demuestra que la producción frijolera de la nación tiene una tendencia con pendiente negativa y la curva que más se ajusta es una de tipo logarítmica $y = - 58243\ln(x) + 1E + 06$ con una $r^2 = 0.0547$ alejada de tener un rango aceptable. La gráfica muestra 14 incrementos y 12 decrementos en la producción nacional de frijol; los aumentos, a pesar de ser más, no fueron suficientes para detener las caídas, mismos que no bastaron para contener la fuerte caída a lo largo del periodo.

El declive en la producción de esta leguminosa, al utilizar la función estadística de la tasa media de crecimiento anual (tmca) presentó durante el periodo de análisis, una tasa de tipo negativa con -0.70% que al contrastarla con la superficie sembrada (-1.20%), se infiere que la caída es menor debido a los incrementos en los rendimientos medios por hectárea y para las entidades en cuestión las tmca fueron de -2.88% en Chihuahua y -3.98% en Durango y Zacatecas fue ligeramente positiva con 0.23%. Con respecto al rendimiento medio por hectárea, mismo que se determinó en tons/ha los datos se muestran en el Cuadro 3.

Cuadro 3. Rendimiento medio por hectárea en toneladas a nivel nacional y en los estados seleccionados durante el periodo 1995 – 2020

Año	Rendimiento medio por hectárea nacional (ton/ha)	Chihuahua (ton/ha)	Durango (ton/ha)	Zacatecas (ton/ha)
1995	0.62	0.45	0.50	0.52
1996	0.66	0.62	0.68	0.59
1997	0.60	0.52	0.32	0.43
1998	0.59	0.53	0.38	0.47
1999	0.62	0.48	0.34	0.41
2000	0.59	0.44	0.40	0.50
2001	0.63	0.56	0.43	0.58
2002	0.75	0.57	0.55	0.72
2003	0.74	0.78	0.71	0.69
2004	0.69	0.68	0.74	0.63
2005	0.66	0.97	0.36	0.50
2006	0.80	0.86	0.82	0.71
2007	0.67	0.77	0.54	0.52
2008	0.74	0.86	0.57	0.57
2009	0.86	0.89	0.67	0.79
2010	0.71	0.83	0.48	0.52
2011	0.63	0.55	0.16	0.49
2012	0.69	0.77	0.46	0.62
2013	0.74	0.90	0.67	0.68
2014	0.76	1.01	0.72	0.66
2015	0.62	0.84	0.45	0.51
2016	0.69	0.83	0.52	0.63
2017	0.73	0.78	0.53	0.63
2018	0.75	0.87	0.53	0.64
2019	0.73	0.80	0.31	0.62
2020	0.67	0.87	0.21	0.60

Fuente: SIAP. SADER. Base de datos 1995 – 2020.

En el Cuadro anterior se observa un estancamiento a nivel nacional de los rendimientos medios por hectárea, razón por la se puede establecer el supuesto que nivel de productor no han llegado las diferentes tecnologías agrícolas que impulsan la productividad de este alimento básico, solo por excepción en el año 2014 y en el estado de Chihuahua se rebasó la tonelada y que marcó el máximo rendimiento y por otro lado en el año 2020, los rendimientos de campo fueron raquíuticos, ya que apenas rebasó los 200 kilogramos.

En la Figura 3 se muestra la evolución de los rendimientos medios por hectárea de frijol a nivel nacional y en cada uno de los estados seleccionados durante el periodo de análisis.

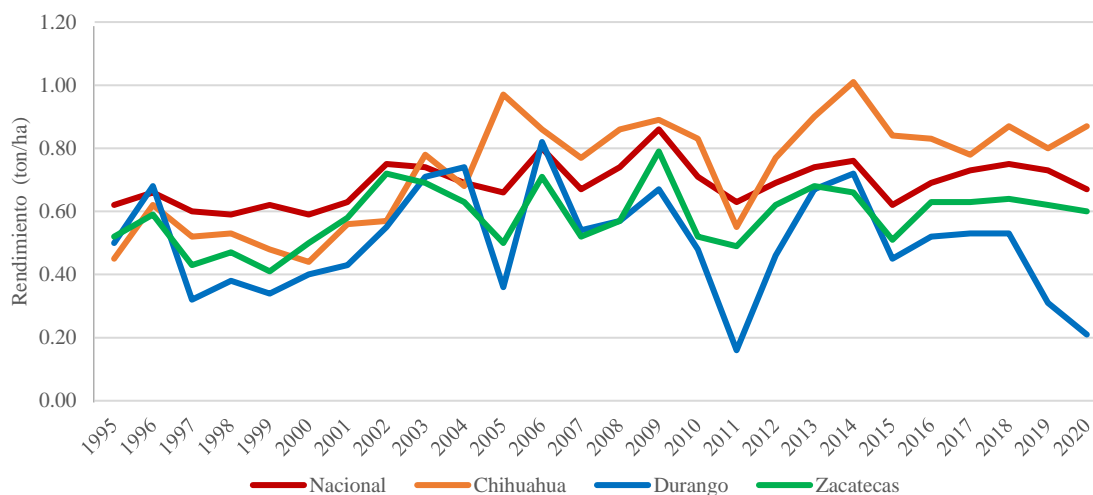


Figura 3. Rendimiento medio por hectárea de frijol (ton/ha) en México y estados de Chihuahua, Durango y Zacatecas durante el periodo 1995 – 2020.

Elaboración propia con datos de SIAP – SADER, base de datos 1995 – 2020.

En la Figura anterior se observa que durante los primeros ocho años (1995 – 2002) de análisis, el rendimiento medio por hectárea nacional del frijol era superior (excepto en 2002 en el estado de Durango) a lo que se dio en los estados seleccionados y a partir del año 2003, el rendimiento medio en el estado de Chihuahua empieza a sobresalir y es superior al nacional hasta el 2020 (excepto en 2011), caso contrario el rendimiento medio por hectárea más bajo predomina en el estado de Durango. Por otro lado, la diferencia entre los rendimientos medios por hectárea al inicio del periodo de análisis (año 1995), eran poco amplios, ya que entre el máximo y mínimo era de 0.170 toneladas, en tanto que al final del periodo (año 2020), la brecha se amplió a 0.660 ton, situación que refleja distinto grado de desarrollo tecnológico y productivo entre entidades.

Con información de FIRA (2019 y 2021) y SIAP (1999 y 2021) mencionan que el consumo *per capita* de frijol tiene una tendencia a la baja ya que, en la década de los años 90's fue de 13 kg/hab, para el 2000, bajo a 11 kg/hab y en el 2018 se reportó 10.1 kg/hab. Por otro lado, el último dato de las importaciones de frijol y de acuerdo a FIRA (2020) fue de 143,605.6 toneladas. Con los datos que se mostraron anteriormente de población y producción de frijol en México, el consumo estimado de la leguminosa en el país es de 1,299,870 toneladas y con la producción que se genera en el país (1,056,070.61 toneladas), se presenta un déficit de 243,799.39 toneladas de esta gramínea básica en la alimentación del pueblo mexicano.

El objetivo del presente trabajo de investigación fue determinar el potencial productivo en número de miles hectáreas de frijol en la región Norte Centro del país, en particular en los estados de Chihuahua, Durango y Zacatecas para contribuir a la soberanía alimentaria de México de esta leguminosa de la canasta básica de los consumidores más necesitados del país y contribuir a tener una balanza comercial favorable.

MATERIAL Y MÉTODOS

El proceso metodológico se inició con la conformación de un equipo multidisciplinario de cinco investigadores que cubrieron los perfiles necesarios para llevar las actividades de investigación del proyecto; cuatro de ellos adscritos en el Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Conservación y Mejoramiento de Ecosistemas Forestales del INIFAP, con experiencia en áreas de potencial productivo, agroecología, suelos, agroindustrias y planeación estratégica y un auxiliar de investigación de la Facultad de Economía de la UNAM con experiencia en economía de la producción primaria.

La principal fuente de información para potencial productivo se obtuvo del proyecto de investigación a nivel nacional con el título de Agendas Técnicas Agrícolas del INIFAP (2021) y en específico las que se realizaron para los estados de Chihuahua, Durango y Zacatecas. Para la información de superficie sembrada, producción y rendimientos medios por hectárea se recurrió a las bases de datos del Sistema de Información Alimentaria y Pesquera (SIAP) de la Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural, así como de los Fondos Instituidos con Relación a la Agricultura (FIRA) de Banco de México y del Consejo Nacional de Población (CONAPO, 2020).

Para la función estadística se consideró que la fórmula matemática que mejor refleja los crecimientos es la tasa media de crecimiento anual de una actividad, en un periodo de mediano y largo plazo, su expresión matemática es:

$$TMCA = ((Vf / Vi) ^ (1 / n) - 1) * 100$$

En donde:

- Vf = significa el valor final al periodo
- Vi = corresponde al valor inicial del periodo
- n = representa el número de años que considera el análisis.

De igual forma se tomaron en cuenta los crecimientos de un año base específico, el cual se comparó con el del último año del horizonte de análisis, para facilitar e identificar los tamaños de incrementos positivos y negativos que resultan a lo largo del periodo (Addin Technology Incorporated, 2018). Así mismo, se incluyó una línea de tendencia para tener una mejor comprensión en la evolución y comportamiento tanto de la superficie sembrada como de la producción y de los rendimientos medios por hectárea del cultivo del frijol.

Los requerimientos agroecológicos para el cultivo del frijol fueron los siguientes: clima, temperatura en sus acepciones máxima, media y mínima, precipitación pluvial, suelo y de las variables topográficas, la altitud y pendiente, sus escalas se observan en el Cuadro 4.

Las áreas potenciales se refirieron a la clasificación de aptitud de la tierra, como resultado parcial de la evaluación y agrupación de superficies específicas, en términos de su aptitud para utilización específica, misma que está en función de los requerimientos ecológicos del cultivo en particular y las condiciones y características de los sitios, variables que condicionan el sistema producto frijol y sus niveles de producción y productividad.

Cuadro 4. Coberturas de las variables agroecológicas

Capa	Escala	Fuente
Temperatura mínima		
Temperatura máxima	1:1 000 000	Uniatmos 2019
Temperatura media		
Precipitación	1: 1 000 000	Uniatmos 2019
Edafología	1:25 000	INIFAP 2021
Tipos de Climas	1:1 000 000	Conabio 2010
Uso de suelo y vegetación	1:25 000	INEGI Serie V 2015
Modelo de Elevación Digital	1: 50 000	INEGI, 2018

Para la delimitación de las áreas con potencial productivo en cada Distrito de Desarrollo Rural se usó el Proceso Analítico Jerarquizado (AHP, por sus siglas en inglés) que desarrolló Saaty en 1997, el cual resuelve problemas complejos con criterios múltiples. Su funcionalidad se estructuró en tres niveles: i) jerarquización, que representa el desglose del problema en sus partes integrantes, ii) establecimiento de prioridades entre los elementos de la jerarquía y iii) calificación de las preferencias relativas de los

elementos, a partir de una escala subyacente, con escala de valores del 1 al 9. Finalmente, se excluyen las áreas inapropiadas para el cultivo del frijol, las superficies que se descartaron fueron: cuerpos de agua, áreas naturales protegidas, bosques, y zonas urbanas.

Las técnicas de evaluación multicriterio (EMC) para generar los niveles de aptitud para el cultivo del frijol corresponden a la conjunción del AHP y la combinación lineal ponderada (WLC), cuyos criterios continuos (factores) se estandarizan en un intervalo numérico común, y enseguida se combinan por medio de un promedio ponderado. La estructura jerárquica de los criterios y subcriterios utilizados se muestra en la Figura 4.

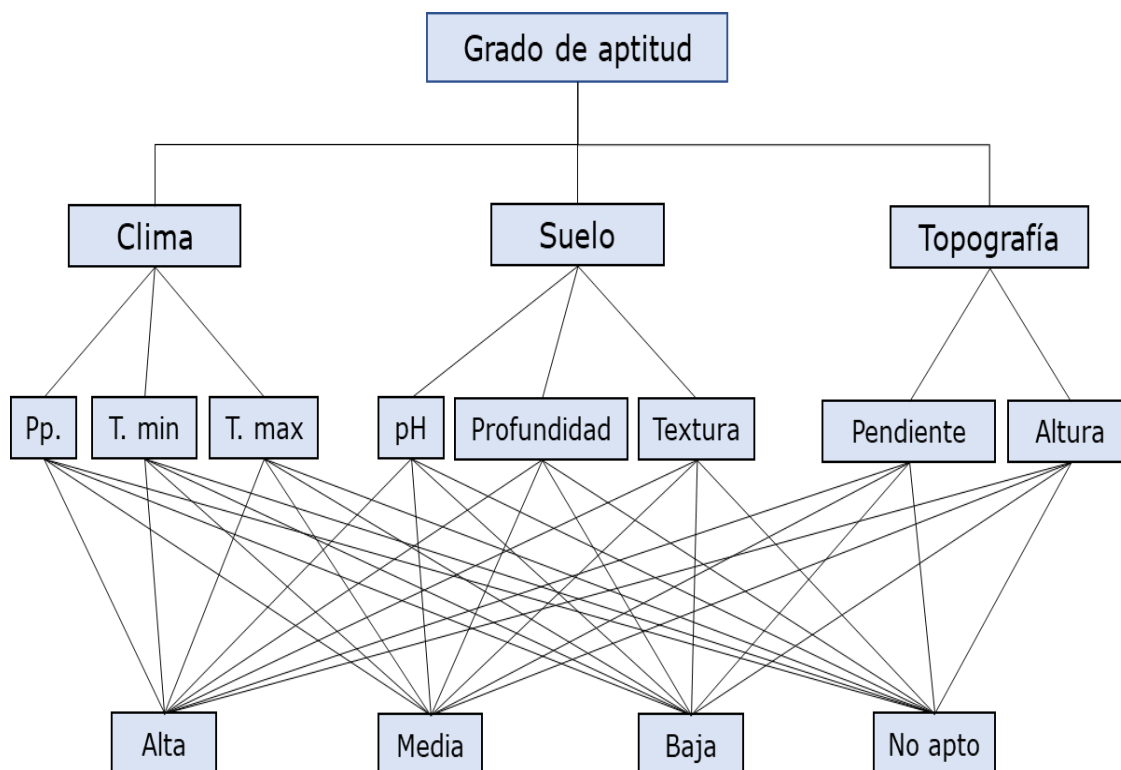


Figura 4. Estructura jerárquica de criterios y subcriterios.

Fuente: González et al., 2017; Moctezuma et al., 2017.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Como producto de la cuantificación del número de hectáreas susceptibles de ser cultivadas con frijol en los Distritos de Desarrollo Rural de los estados de Chihuahua, Durango y Zacatecas, bajo el criterio tres DDR con mayor potencial en cada uno de los dos tipos de potencial, se presenta en el Cuadro 5 el potencial productivo alto y medio de esta leguminosa.

De acuerdo con el Cuadro 5 con relación al potencial productivo medio, se detectaron 12.2 millones de hectáreas susceptibles de sembrarse con frijol en los estados de Chihuahua, Durango y Zacatecas el Distrito de Desarrollo Rural que destaca es el de Madera con 98.5% de la superficie susceptible a ser sembrada con frijol que representan 12.0 millones de has y en segundo lugar el DDR de Río Grande, Zacatecas. Con 1.2% de superficie con potencial medio en 0.15 millones de has y únicamente el 0.3% en el DDR Villa Ocampo, Durango.

Cuadro 5. Potencial productivo alto y medio en número de hectáreas de frijol por Distrito de Desarrollo Rural de los estados de Chihuahua, Durango y Zacatecas

Estado	DDR	PP Medio (Has)	%	PP Alto (Has)	%
Chihuahua:	Madera	11,991,277.61	98.46		
	Cuauhtémoc			23,665,509.15	98.31
Durango:	Villa Ocampo	37,905.13	0.31		
	Guadalupe Victoria			216,810.08	0.90
Zacatecas:	Río Grande	149,614.18	1.23	190,811.63	0.79
	Suma	12,178,796.92	100.00	24,073,130.86	100.00

Fuente: elaboración propia con la base de datos del CENID COMEF. INIFAP.

En la Figura 5 y a manera de ejemplo se muestra un mapa con el potencial productivo medio y alto de los Distritos de Desarrollo Rural Madera, Chihuahua y Río Grande, Zacatecas.

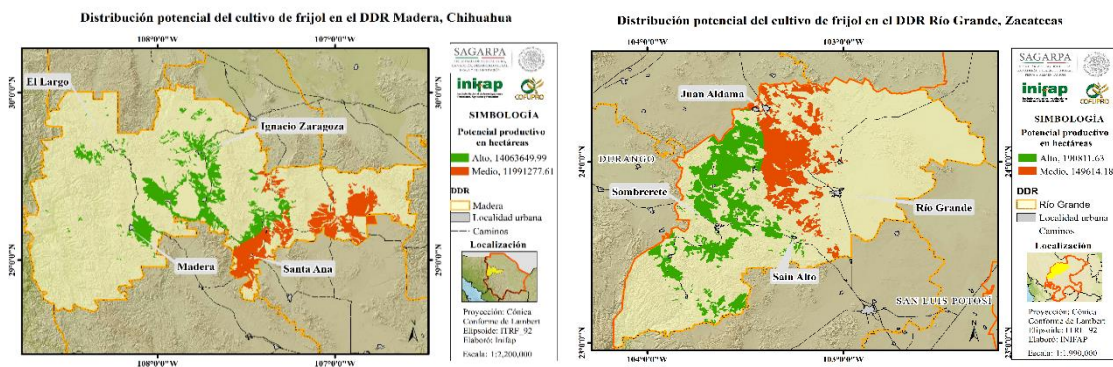


Figura 5. Mapas de potencial productivo medio y alto del frijol de los Distritos de Desarrollo Rural Madera, Chihuahua y Río Grande, Zacatecas.

Fuente: INIFAP (2017a; 2017c).

En el caso del potencial productivo alto, nuevamente es el estado de Chihuahua por medio de su DDR Cuauhtémoc el que alcanza el 98.3% de la superficie susceptible de 23.7 millones de has para sembrarse con frijol y el 1.7% restante de la superficie bajo estas características se reparten en los DDR de Guadalupe Victoria, Durango. y Río Grande, Zacatecas con 0.9% y 0.8% respectivamente. De manera ilustrativa, en la Figura 6 se muestra un mapa con el potencial productivo medio y alto de los Distritos de Desarrollo Rural Cuauhtémoc, Chihuahua y Guadalupe Victoria, Durango.

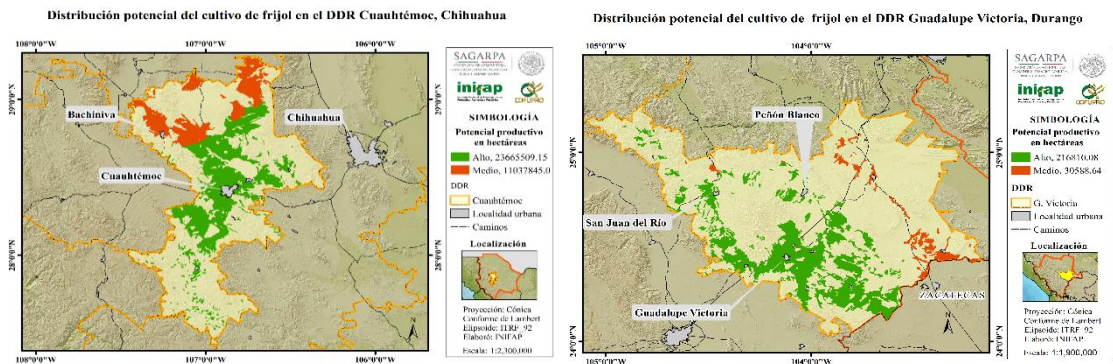


Figura 6. Mapas de potencial productivo medio y alto del frijol de los Distritos de Desarrollo Rural Cuauhtémoc, Chihuahua y Guadalupe Victoria, Durango.

Fuente: INIFAP (2017a; 2017b).

Los rendimientos medios por hectárea (toneladas/hectárea) de frijol en sus mínimos y máximos que se presentaron en los Distritos de Desarrollo Rural del Estado de México bajo la modalidad de temporal durante el periodo 1995–2020 se presentan en el Cuadro 6.

Cuadro 6. Rendimientos medios por hectárea (ton/ha) de frijol en los estados de Chihuahua, Durango y Zacatecas y a nivel nacional durante el periodo 1995 – 2020

Estado	R Min ton/ha	Año incidencia	R Máx. ton/ha	Año incidencia
Chihuahua	0.44	2000	1.01	2014
Durango	0.16	2011	0.74	2004
Zacatecas	0.41	1999	0.79	2009
Nacional	0.59	2000	0.86	2009

Fuente: SIAP(2021); SADER. Base de datos 2003 – 2019.

Del anterior cuadro, se observa que el menor rendimiento medio por hectárea en frijol se presentó en el estado de Durango en el año 2011 y el mayor de los rendimientos fue en el estado de Zacatecas en 2009. A nivel de país, se observa que su mínimo rendimiento fue en el año de 2000 y el máximo fue en 2009.

Con base a INIFAP (2021), a través de sus tecnología generadas y adoptadas se reportan para las áreas semiáridas del país (en donde se localizan los estados de la Región Norte Centro del INIFAP), en el Cuadro 7 se mencionan las siguientes variedades:

Cuadro 7. Variedades generadas por el INIFAP y recomendadas para las regiones semiáridas del país

Nombre de la Variedad	Rendimiento medio por hectárea ton*
Junio León	1.400
Flor de Mayo Eugenia	1.200
Flor de Mayo Dolores	1.500
Negro Altiplano	0.926
Negro Sahuatoba	0.900
Negro Vizcaya	0.900
Pinto Bayacora	1.091
Pinto Mestizo	1.118
Pinto Saltillo	1.139
Salinas	1.000
Pinto Villa	1.723
Rarámuri	1.100

*Temporal. Fuente: Cruz-Cruz *et al.*, 2021.

Para la determinación de la superficie a sembrar con frijol y con los datos de FIRA, que el consumo per capita es de 10.1 Kg y de CONAPO que el número de habitantes es de 128.7 millones de personas a alimentar, el consumo estimado es de:

$C = Po. \times cpc$ donde (C = consumo; Po. = población total y cpc = consumo *per capita*)

$C = 128\,700\,000 \times 10.1$

C = 1,299,870 ton de frijol.

De acuerdo a SIAP, la producción de frijol del año 2020 fue de 1,056,070.61 ton, por lo que el déficit a cubrir es de 243,799.39 ton (1,299,870.00 – 1,050,070.39). El déficit de frijol que se genera es susceptible de ser cubierto por medio del hectareaje con potencial productivo de los principales Distritos de Desarrollo Rural de Cuauhtémoc, Chihuahua, Guadalupe Victoria, Durango y Río Grande, Zacatecas.

Para la determinación de rendimiento medio por hectárea, se consideró el rendimiento más bajo de los que se han obtenido con los paquetes tecnológicos del INIFAP (2021), para zonas semiáridas del país y bajo condiciones de temporal, que es el que predomina en las zonas frijoleras de la nación, con lo cual, la contribución a la soberanía alimentaria de frijol se muestra en el Cuadro 8.

Cuadro 8. Producción adicional estimada de frijol en la región semiárida de los estados de Chihuahua, Durango y Zacatecas con la superficie de potencia productivo* alto y el rendimiento medio por hectárea bajo condiciones de temporal

DDR y Estado	Sup (ha) con pp* alto	Rend medio ton/ha	Producción adicional (ton)
Cuauhtémoc, Chihuahua	265,523.7	0.9	238,971.3
Guadalupe Victoria, Durango	2,430.8	0.9	2,187.7
Río Grande, Zacatecas	2,133.7	0.9	1,919.7
Suma	270,088.2		243,078.7

Fuente: Elaboración propia con datos de SIAP y del CENID COMEF, INIFAP.

Del cuadro anterior se deriva que el estado de Durango fue el que tuvo los peores crecimientos, ya que en los tres conceptos tuvo crecimientos negativos, caso contrario fue el estado de Zacatecas, ya que solo en superficie sembrada tuvo decrecimiento de poco más de medio punto y el estado de Chihuahua tuvo el mayor decrecimiento en superficie y muy parecido en la disminución de producción y en cuanto a rendimiento se observó el mayor crecimiento en cuanto a productividad y a nivel país se observa un crecimiento leve en los rendimientos y en superficie y producción presentó crecimientos negativos.

Osuna *et al.* (2012), menciona que en un estudio de rendimientos con frijol pinto en el estado de Aguascalientes los rendimientos bajo condiciones de temporal en el año 2010, el mínimo y máximo fueron de 0.38 a 0.84 toneladas por hectárea y su repetición en el 2011, fueron de 1.53 t/ha como mínimo y de 1.90 t/ha como máximo y al comparar con el estimado del presente estudio, se cuantificó en 0.75 t/ha menos. De acuerdo con el Cuadro 6, INIFAP (2021), tiene variedades para siembra de temporal en zonas semiáridas con rendimientos medios por hectárea que oscilan entre 1.723 ton/ha para el Pinto Villa que cuenta con amplia aceptación entre los productores de la región norte centro y de 0.9 ton/ha para el Negro Sahuatoba y Negro Vizcaya. Por su parte Medina-García *et al.* (2016), determinó que el potencial productivo alto y medio en los estados de la región norte y los de Guanajuato y México fueron de 1,887,426 y 6319,789 hectáreas, respectivamente, y González *et al.* (2002), señala que para el municipio de Bahía de Banderas el estado de Nayarit para el ciclo otoño-invierno se determinaron áreas favorables para el cultivo de frijol en más de 21,000 hectáreas con potencial alto que representan 15.7 veces más de los que actualmente se siembre en ese lugar.

CONCLUSIONES

La superficie sembrada de frijol en México y en los estados de la región Norte Centro tienen una caída, siendo la más significativa la de Chihuahua, esta misma tendencia se presenta a nivel de producción a nivel nacional y regional (toneladas de frijol) y solo el estado de Zacatecas mostró a lo largo del periodo un ligero repunte de su producción y con relación a los rendimientos medios por hectárea se mantiene en niveles ligeramente arriba de la media tonelada y el desarrollo tecnológico para mejorar la productividad, a pesar de existir, no ha llegado a nivel de los productores y en general se puede decir que los índices de crecimiento en la superficie sembrada todos fueron negativos y en producción, también decreció a excepción de Zacatecas.

La producción de frijol en México es insuficiente para cubrir la demanda de esta gramínea, ya que se identifica un déficit en la misma que es solucionada mediante importaciones con la consiguiente salida de divisas del país y bajo la determinación de potencial productivo en sus modalidades de medio y alto en los diversos Distritos de Desarrollo Rural de la región semiárida y en particular de los estados de Chihuahua, Durango y Zacatecas, la contribución para alcanzar la soberanía alimentaria de este alimento de la canasta básica de los mexicanos es totalmente factible ya que, tan solo con solo el 1.2% de la superficie con

potencial productivo alto y con un rendimiento medio por hectárea conservador de poco menos de una tonelada por hectárea y de temporal, mismo que depende de la cantidad de precipitación pluvial que cae año con año, se cubren las necesidades de la demanda y se generarían excedentes para su comercialización en otros estados del país.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Addin Technology Incorporated. 2008. <https://www.extendoffice.com/es/documents/excel/2596-excel-average-compound-growth-rate.html>. Consultado 02 de Noviembre de 2020.

Consejo Nacional de Población (CONAPO) 2020. La situación demográfica de México. www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/629813/LSDM_2020_ISSN_140421.pdf consulta en febrero de 2022. Ciudad de México. México. 296 pp.

Cruz-Cruz, E., Acosta-Gallegos J. A., Reyes M. L. y J. Cueto-Wong. A. 2021. Variedades de Frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) del INIFAP. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias Oficinas Centrales. Ciudad de México. Libro Técnico No. 2. 54 pp.

Fideicomisos Instituidos en Relación con la Agricultura (FIRA) 2019. Panorama Agroalimentario. Frijol 2019. Dirección de Investigación y Evaluación Económica y Sectorial. Banco de México. Ciudad de México. México. 23 pp.

Fideicomisos Instituidos en Relación con la Agricultura (FIRA) 2020. Información Sectorial. Dirección de Investigación y Evaluación Económica y Sectorial. Subdirección de Investigación Económica. Banco de México. Ciudad de México. México.

Fideicomisos Instituidos en Relación con la Agricultura (FIRA) 2021. FIRA Perspectivas 2021. Banco de México. Ciudad de México. México. 77 pp.

González, H. A., Romero S. M. E., Pérez R. M., Zamora-Martínez M. C., Islas T. B. L. y López E.A. G. 2017. Potencial productivo para el establecimiento de *Hevea brasiliensis* (Willd. ex A. Juss) Mill. Arg. en el trópico húmedo mexicano. Libro Técnico No. 12. Cenic Comef. INIFAP. Ciudad de México. 86 p.

Heinisch, C. 2013. Soberanía alimentaria: un análisis de concepto. **In:** Hidalgo, F., Lacroix P. y Román P. (Eds.), Comercialización y Soberanía alimentaria. Quito, Ecuador: SIPAE-AVSF. pp. 11 -36.

Instituto Nacional de Estadística. Geografía e Informática 2020. Censo Nacional de Población y Vivienda. Aguascalientes, Aguascalientes. México.

Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) 2017. Agenda Técnica Agrícola. Chihuahua. Ciudad de México. México. 220 pp.

Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) 2017. Agenda Técnica Agrícola. Durango. Ciudad de México. México. 196 pp.

Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) 2017. Agenda Técnica Agrícola. Zacatecas. Ciudad de México. México. 188 pp.

Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) 2021. Variedades de Frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). del INIFAP. 2021. Ciudad de México. Libro técnico No.1. México. 236 p.

Medina-García, G., Ruiz-Corral J. A., Rodríguez-Moreno V. M., Soria-Ruiz J., Díaz-Padilla G. y Zarazúa-Villaseñor P. 2016. Efecto del cambio climático en el potencial productivo del frijol en México. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas. Publicación Especial (13):2465 – 2474.

Moctezuma, L., Ortiz C. G., E., Hernández C. J. M., Díaz F. V. H. y Velázquez F. L. 2017. Evaluación financiera de plantaciones de hule [*Hevea brasiliensis* (Wild ex A. Juss) Mull. Arg.] en el trópico húmedo mexicano. Folleto Técnico No. 25. Cenid Comef, INIFAP. Ciudad de México. 38 pp.

Rosset, P. 2004. Soberanía Reclamo Mundial. https://www.researchgate.net/publication/267623543_Soberania_Alimentaria_Reclamo_Mundial_del_Movimiento_Campesino.

Saaty, T. L. 1997. Toma de decisiones para líderes. El Proceso Analítico Jerárquico: La Toma de Decisiones en un mundo complejo. RWS. Pittsburgh, PA, USA. 424 p.

Servicio de Información y Estadística Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). 1999. Situación Actual y Perspectivas de Frijol en México 2000 – 2005. Ciudad de México. 3 pp

Servicio de Información y Estadística Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). 2021. Panorama Agroalimentario. Conectando el conocimiento ancestral y moderno para lograr la autosuficiencia alimentaria. Ciudad de México. 96 pp

Osuna, C. E. S., Reyes M. L., Ramírez P. J. S. y Martínez G. M. A. 2012. Rendimiento de frijol Pinto Saltillo en altas densidades bajo temporal. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas 3(7):1389-1400.

Pereira, A. R. 1982. Crop planning for different environments. Agricultural Meteorology 27(1-2):71-77.

Ulloa J. A., Rosas U. P., Ramírez R J. C. y Ulloa R. B. E. 2011. El frijol (*Phaseolus vulgaris*): su importancia nutricional y como fuente de fotoquímicos. Revista Fuente. Año 3. Número 8. Julio – septiembre. Universidad Autónoma de Nayarit. México. pp 5-9.

Artículo recibido el día 21 de Febrero del 2022 y aceptado para su publicación el día 3 de Agosto del 2022.