

## Los cultivos de frijol y maíz de grano bajo condiciones de secano en Zacatecas, México de 1980 a 2008\*

### The crops of bean and maize under dry land conditions in the state of Zacatecas, Mexico from 1980 to 2008

Maximino Luna Flores<sup>1§</sup>, José Hernández Martínez<sup>1</sup>, Maximino Gerardo Luna Estrada<sup>2</sup>, Luis Humberto Zelaya de Santiago<sup>1</sup> y Serafín García Hernández<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Unidad Académica de Agronomía, Universidad Autónoma de Zacatecas. Carretera Zacatecas-Guadalajara, km 15.5 Cieneguillas, C. P. 98000 Zacatecas, Zacatecas. (josehmzac@yahoo.com.mx), (lzelayadesantiago@yahoo.com.mx). <sup>2</sup>Unidad Académica en Estudios del Desarrollo, Universidad Autónoma de Zacatecas, Av. Preparatoria s/n, Col. Hidráulica, C. P. 98060. Zacatecas, Zacatecas. <sup>§</sup>Autor para correspondencia: maximinolunaflores@yahoo.com.mx.

#### Resumen

Los cultivos de frijol y maíz de grano son los más importantes agrícola, social y económicamente en el estado de Zacatecas, desde hace muchos años. Los objetivos principales de este trabajo fueron: ver si la superficie sembrada, la siniestrada, la producción y el rendimiento unitario de frijol y maíz de grano cultivados bajo condiciones de secano del estado de Zacatecas han variado de 1980 a 2008; y evaluar que tanto afecta la precipitación a estas variables. Se usaron los datos que la SAGARPA publica a través de internet. Se obtuvieron las correlaciones y regresiones entre los datos de las variables de cada cultivo, para hacer un análisis más preciso. Se encontró que el volumen de precipitación registrado durante el ciclo de cultivo y su distribución, afectaron considerablemente la superficie sembrada, la siniestrada, el rendimiento unitario y el volumen de producción de grano de frijol y maíz de secano. La superficie siniestrada de frijol (15.2%) fue inferior a la de maíz (18.6%); la de frijol aumentó 543 ha por cada milímetro de precipitación menos y la de maíz en 256 ha. El rendimiento medio de frijol de secano se incrementó 1.62% por año, y maíz 1.46%. La superficie sembrada de frijol disminuyó significativamente en los últimos años por efecto del programa de reconversión productiva, al aumentar principalmente las superficies de avena y maíz forrajeros.

#### Abstract

The bean and maize grain crops have been the most important, agriculturally, socially and economically in the State of Zacatecas, for many years. The main objectives of this work were to see if the surfaces planted and damaged, and if the production and the unit yields of beans and grain maize planted under dry land conditions in the State of Zacatecas, have varied from 1980 to 2008; and to evaluate how rainfall affects these variables. Data published by SAGARPA on the Internet was used. Correlations and regressions between the data for variables of each crop were obtained for further accuracy in the analysis. Rainfall during the crop season and its distribution was found to affect considerably the sown and damaged areas, unit yield and the production volume of beans and dry land corn. The damaged surface of dry land bean (15.2%) was lower than that of maize (18.6%); the surface for beans increased by 543 ha per millimeter less of rainfall and precipitation and, for maize, in 256 h. Average yield for dry land beans increased 1.62% per year, and for maize, this figure was 1.46%. The surface planted with beans dropped significantly in recent years due to the productive reconversion program, which increased mostly the surfaces of fodder oats and maize.

\* Recibido: octubre de 2011  
Aceptado: febrero de 2012

**Palabras clave:** agricultura, superficie sembrada, superficie siniestrada, rendimiento.

**Key words:** agriculture, planted surface, damaged surface, yield.

## Introducción

No obstante los relativamente bajos rendimientos de grano que se obtienen de frijol y de maíz de secano en el estado de Zacatecas, esta entidad ha sido la proveedora mayoritaria de frijol de nuestro país y también es importante en la producción de maíz (SAGARPA, 2010). Debido a esos bajos rendimientos, en algunos foros se ha indicado que no se debe cultivar estos granos bajo condiciones de secano en este estado; sin embargo, lo siembra el 68% de los 118 mil productores agrícolas de la entidad (INEGI, 2009). De 2006 a 2008, se sembraron en promedio en el estado 533 000 ha de frijol y 272 000 de maíz de grano bajo condiciones de secano, lo que representa 73% del área total cultivada bajo estas condiciones en la entidad; el volumen promedio de producción fue de 267 000 y 236 000 t de grano, respectivamente, y el rendimiento de 500 y 868 kg ha<sup>-1</sup>. Tanto la superficie sembrada, como el volumen de producción y el rendimiento unitario de los dos cultivos, han variado a través de los años (SAGARPA, 2010). Algunos autores (Luna y Galindo, 1987; Luna y Ortiz, 1998; Luna y Gutiérrez, 2000; Luna, 2008) indican que la variación se debe principalmente a la diferente cantidad y distribución de la precipitación que se registra durante el ciclo de cultivo -el ciclo de cultivo está determinado en días, entre las fechas de inicio y terminación de la temporada de lluvias (Luna y Gutiérrez, 2000)-; además, puede haber otras causas que influyen, como el volumen de producción obtenido el ciclo anterior y el precio del grano y los apoyos de programas gubernamentales como el de reconversión productiva (Ledesma y Ramírez, 1994; Luna y Zárate, 1994; SAGARPA, 2008). De todas formas, tanto la superficie de frijol, como la de maíz de grano son relativamente altas, no obstante que en los últimos años se han sustituido más de 200 000 ha sobre todo de frijol por avena y maíz forrajero con el programa de reconversión productiva (SAGARPA, 2010).

Según Ledesma y Miranda (1994), Luna (2003), Lechuga-Álvarez (2003) y Reyes (2007), los productores agrícolas de Zacatecas continúan sembrando frijol y maíz aún bajo las deficientes condiciones de secano del estado por varias razones: saben del manejo, conservación, usos y venta (aunque sea a bajo precio) de frijol y maíz, desconocen estos aspectos de otros cultivos (sobre todo de la comercialización) que además no tienen tantos usos como el maíz, el cual normalmente usan

## Introduction

Despite the relatively low grain yields obtained from dry land beans and maize in the state of Zacatecas, this entity has been the provider of the majority of beans in Mexico, and is also important in maize production (SAGARPA, 2010). Due to these low yields, in some forums it has been pointed out that these grains must not be planted in dry land conditions in this state. However, 68% of the 118 000 farmers of the state plant it (INEGI, 2009). From 2006 to 2008, an average of 533 000 ha of beans and 272 000 ha of grain maize were planted in the state in dry land conditions, which accounts for 73% of the total area of land planted under such conditions in the state; the average production volume was 267 000 and 236 000 t of grains, respectively, and the yields were 500 and 868 kg ha<sup>-1</sup>. The surface plated, along with the production volume and the unit yield of both crops have varied with the years (SAGARPA, 2010). Some authors (Luna and Galindo, 1987; Luna and Ortiz, 1998; Luna and Gutiérrez, 2000; Luna, 2008) point out that the variation is due mainly to the different amount and distribution of the rainfall recorded during the planting cycle -the planting cycle is determined in days, between the first and last days of the rainy season (Luna and Gutiérrez, 2000)-; other factors could have an influence, such as the production volume from the previous cycle and the grain price and the support from government programs such as the productive reconversion program (Ledesma and Ramírez, 1994; Luna and Zárate, 1994; SAGARPA, 2008). At any rate, both the surface for beans and the surface for grain maize are relatively high, although in recent years, fodder oats and maize have replaced 200 000 ha, especially of beans, with the productive reconversion program (SAGARPA, 2010).

According to Ledesma and Miranda (1994), Luna (2003), Lechuga-Álvarez (2003) and Reyes (2007), farmers in Zacatecas continue to grow beans and maize, regardless of the dry land conditions in the state for several reasons: they know about the management, conservation, uses and sale (although the price may be low) of beans and maize, and they do not know this about other crops (especially regarding commercialization) which do not have as many

o venden para alimento de ganado (Luna, 2008); este último aspecto ha favorecido la siembra de avena y maíz de secano con fines forrajeros en el estado. En este ensayo se hace un análisis de la variación que ha experimentado: la superficie sembrada, cosechada, siniestrada, volumen de producción, y rendimiento de grano de frijol y de maíz de secano del estado de Zacatecas, de 1980 a 2008, con el objetivo principal de ver si la producción y el rendimiento unitario se han elevado; también se hace una relación de esos datos con la cantidad de lluvia registrada durante el ciclo de cultivo principalmente, con el objeto de ver su efecto sobre aquellos parámetros.

### Frijol

En promedio de 1980 a 2008, se sembraron en el estado de Zacatecas 626 000 ha de frijol de secano, con un rango que varió desde 418 000 ha en 1980, hasta 759 000 en 1999 (Cuadro 1). En algunos años, como: 1980, 1989, 1992, 2001 y 2008, la superficie sembrada fue notoriamente menor a la sembrada en los años anterior y posterior a esos años, posiblemente como resultado del inicio tardío de la temporada de lluvias (Luna y Galindo, 1987; Luna y Ortiz, 1998; INIFAP, 2010), entre otras razones, porque la fecha límite de siembra para este cultivo en la entidad es del 10 al 15 de julio (Medina *et al.*, 2003). En el periodo 1985-2003 (salvo en los años 1989, 1992 y 2001), se sembraron en el estado entre 634 000 y 759 000 ha de frijol de secano; luego la superficie bajo a menos de 600 000 ha, porque se sembraron más de 200 000 ha con avena forrajera, maíz forrajero, cebada para grano y trigo, como efecto del programa de reconversión productiva (SAGARPA, 2008; SAGARPA, 2010).

uses as maize, which they normally use or sell for cattle feed (Luna, 2008). The latter aspect has favored the growth of oats and maize for fodder in dry lands in the state. This paper analyzes the variation undergone by the surface planted, harvested, damaged, the production volume and dry land beans and maize grain yields in the state of Zacatecas from 1980 to 2008, with the main objective of verifying if production and unit yield have risen; a relation is also made between these data and the amounts of rainfall recorded, mostly during the planting cycle, in order to see its effect on those parameters.

### Beans

Between 1980 and 2008 in the state of Zacatecas, an average of 626 000 ha were planted with dry land beans, which ranged between 418 000 ha in 1980, and 759 000 in 1999 (Table 1). In some years, such as 1980, 1989, 1992, 2001 and 2008, the surface planted was notoriously lower than in the years before and after those, possibly as a result of the late start of the rainy season (Luna and Galindo, 1987; Luna and Ortiz, 1998; INIFAP, 2010), among other reasons, since the planting deadline for this crop in the entity was between July 10 and 15 (Medina *et al.*, 2003). Between 1985 and 2003 (except in the years 1989, 1992 and 2001), there were between 634 000 and 759 000 ha of dry land beans planted in the state; the surface then fell to under 600 000 ha, since more than 200 000 ha were planted with fodder oats, fodder maize, grain barley and wheat, due to the productive reconversion program (SAGARPA, 2008; SAGARPA, 2010).

**Cuadro 1. Superficie sembrada (miles de ha-SS), superficie siniestrada (miles de ha-SSi), producción (miles de t-PR), rendimiento (kg ha<sup>-1</sup>-RE) y precipitación durante el ciclo de cultivo de secano mm-PP) de frijol en el estado de Zacatecas de 1980 a 2008.**

**Table 1. Surface planted (miles de ha-SS), surface damaged (thousands of ha-SSi), production (thousands of t-PR), yield (kg ha<sup>-1</sup>-RE) and rainfall during the dry lands planting cycle mm-PP) for beans in the state of Zacatecas from 1980 to 2008.**

Año	SS	SSi	PR	RE	PP <sup>1</sup>
1980	418	156	55	210	194
1981	527	61	219	470	396
1982	569	178	133	340	260
1983	598	14	298	510	373
1984	576	72	237	470	438
1985	656	46	250	410	279
1986	681	121	207	370	355
1987	699	95	278	460	355
1988	694	43	221	340	269

<sup>1</sup>PP= es el promedio de la precipitación registrada durante el ciclo de cultivo en nueve localidades representativas del área donde se cultiva frijol en el estado de Zacatecas (Medina *et al.*, 2003; INIFAP, 2010). V m= valor mínimo; V M= valor máximo.

**Cuadro 1. Superficie sembrada (miles de ha-SS), superficie siniestrada (miles de ha-SSi), producción (miles de t-PR), rendimiento (kg ha<sup>-1</sup>-RE) y precipitación durante el ciclo de cultivo de secano mm-PP) de frijol en el estado de Zacatecas de 1980 a 2008 (Continuación).**

**Cuadro 1. Superficie sembrada (miles de ha-SS), superficie siniestrada (miles de ha-SSi), producción (miles de t-PR), rendimiento (kg ha<sup>-1</sup>-RE) y precipitación durante el ciclo de cultivo de secano mm-PP) de frijol en el estado de Zacatecas de 1980 a 2008 (Continuation).**

Año	SS	SSi	PR	RE	PP <sup>1</sup>
1989	483	109	78	140	267
1990	694	11	376	550	502
1991	674	32	366	570	435
1992	544	224	52	230	202
1993	650	69	244	420	286
1994	703	38	352	530	337
1995	741	92	279	420	318
1996	659	35	318	510	360
1997	719	218	130	320	150
1998	689	18	262	390	252
1999	759	314	134	300	275
2000	717	223	193	390	325
2001	575	86	230	470	365
2002	728	9	467	650	360
2003	634	14	391	630	475
2004	590	44	311	570	395
2005	583	261	125	390	240
2006	579	9	381	670	430
2007	537	100	197	450	430
2008	482	60	219	520	520
Media	626	95	241	454	339
V m	418	9	52	140	150
V M	759	314	467	670	520

<sup>1</sup>PP= es el promedio de la precipitación registrada durante el ciclo de cultivo en nueve localidades representativas del área donde se cultiva frijol en el estado de Zacatecas (Medina *et al.*, 2003; INIFAP, 2010). V m= valor mínimo; V M= valor máximo.

De la superficie sembrada, normalmente algún porcentaje no produce grano principalmente por falta de agua, aunque en algunas ocasiones también influyen otras causas, como daño por heladas y plagas, entre otras (Luna y Galindo, 1987; Luna y Ortiz, 1998; 2000; Luna y Gutiérrez, 2008); a esta superficie se le conoce como siniestrada. El promedio de esta superficie de frijol de secano de los años que abarca este estudio fue de 95 000 ha (15.2% de la superficie media sembrada en ese periodo), pero en algunos años (1992, 1999, 2005) alcanzó más de 40% (Cuadro 1); en otros años (1983, 1990, 1998, 2002, 2003, 2006) casi no hubo siniestro. En general, en los años con un alto porcentaje de siniestralidad se registró un bajo volumen de precipitación (Cuadro 1). En 1999, año con un alto porcentaje de siniestralidad y un volumen de precipitación regular, hubo sequía en la etapa fenológica de floración e inicio de la formación de las vainas, lo que ocasionó que gran parte de la superficie sembrada no produjera grano.

Normally, some percentage of the surface planted does not produce any grains, due mostly to water shortage, although other causes have an influence, such as frost or pests, among others (Luna and Galindo, 1987; Luna and Ortiz, 1998; 2000; Luna and Gutiérrez, 2008); this surface is known as damaged. The average of this surface of dry land beans in the years covered by this study is 95 000 ha (15.2% of the average surface planted in that period), yet in some years (1992, 1999, 2005) it reached over 40% (Table 1); in other years (1983, 1990, 1998, 2002, 2003, 2006) there was hardly any damage. In general, in years with a high percentage of damage, low rainfall levels were recorded (Table 1). In 1999, a year with a high rate of damage and a regular rainfall level, there was drought in the phenological stage of flowering and the beginning of the formation of pods, which caused most of the surface planted to not produce any grains.

La ecuación de regresión entre la cantidad de precipitación registrada durante el ciclo de cultivo (variable independiente) y la superficie siniestrada (variable dependiente) fue:  $Y = 278.1 - 0.543P$ ; la probabilidad del modelo estadístico fue 0.006 y  $r = -0.60$  entre las variables; esto quiere decir que por cada milímetro de precipitación que se le resta a la precipitación media registrada de 1980 a 2008 (339 mm), a 278.1 ha se le deben sumar 543, y por cada milímetro más, a 278.1 se restan 543 ha; es decir, conforme la precipitación disminuye en un milímetro, la superficie siniestrada aumenta en 543 ha, y al contrario, cuando la precipitación aumenta un milímetro, la superficie siniestrada disminuye en 543 ha.

En 10 de los 29 años que abarca este estudio, se registró un porcentaje de siniestralidad superior al promedio de los 29 años (15%) y en siete años fue 30% o más, lo cual es bastante alto; aún así, los productores de Zacatecas continúan sembrando frijol de secano, aunque en algunas regiones en los últimos años este cultivo se ha sustituido por los de avena forrajera, maíz forrajero y trigo, como resultado del programa de reconversión productiva, como lo recomienda la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA, 2010) y otros autores (Medina *et al.*, 2003; Rincón-Valdéz *et al.*, 2004; Bravo-Lozano *et al.*, 2006). De 2005 a 2008, se sembraron en promedio 166 mil hectáreas de avena forrajera, 57 mil de maíz forrajero y en 2007 y 2008, 40 mil de trigo (SAGARPA, 2010); en años anteriores, la superficie de esos cultivos rara vez alcanzaba las 50 000, 1 000 y 5 000 ha, respectivamente.

El rendimiento medio de grano de frijol de secano del estado de Zacatecas en el periodo que abarca el estudio fue de  $439 \text{ kg ha}^{-1}$ , con un rango que varió desde 210 (1980) hasta  $670 \text{ kg ha}^{-1}$  (2006) (Cuadro 1). En general, los rendimientos más altos se obtuvieron en los años con una alta precipitación (1981, 1984, 1990, 1991, 2003, 2006, 2008; Cuadro 1 y Figura 1) y los más bajos con precipitaciones bajas (1980, 1989, 1992, 1997, 2005). La ecuación de regresión, considerando la precipitación como variable independiente y el rendimiento como variable dependiente, es:  $Y = 72.89 + 1.078P$  (Figura 1), con una probabilidad de 0.0001 para el modelo y  $r = 0.80$  entre las variables.

De acuerdo a la ecuación de regresión entre el año (variable independiente) y el rendimiento (variable dependiente):  $Y = 351.7 + 5.79A$  (Figura 2), de 1980 a 2008, el rendimiento se

The equation for the regression between the amount of rainfall recorded during the plant cycle (independent variable) and the surface damaged (dependant variable) was:  $Y = 278.1 - 0.543P$ ; the probability of the statistical model was 0.006 and  $r = -0.60$  between variables. This means that for every millimeter of rainfall subtracted from the average rainfall recorded between 1980 and 2008 (339 mm), 278.1 ha must be added to 543, and for every other millimeter, 278.1 is subtracted 543 ha; that is, as rainfall is reduced by one millimeter, the surface damaged increases by 543 ha, and conversely, when rainfall increases by one millimeter, the damaged surface is reduced by 543 ha.

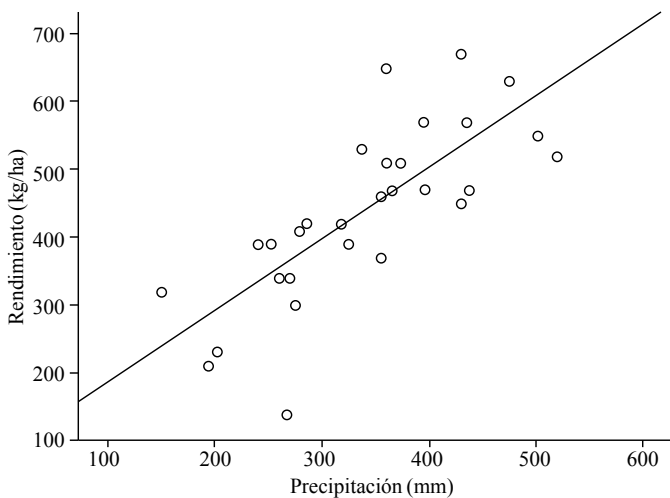
In 10 of the 29 years covered by this study, a damage rate above the average for the 29 years (15%) was recorded, and in seven years, it was 30% or more, which is considerably high. Even so, the farmers in Zacatecas continue to plant dry land beans, although in some regions in recent years this crop has been replaced by fodder oats, fodder maize, and wheat, as a result of the productive reconversion program, as recommended by the Secretary of Agriculture, Livestock, Rural Development and Food (SAGARPA, 2010) and other authors (Medina *et al.*, 2003; Rincón-Valdéz *et al.*, 2004; Bravo-Lozano *et al.*, 2006). From 2005 to 2008, an average of 166 thousand hectares of fodder oats were planted, along with 57 thousand of fodder maize, and in 2007 and 2008, 40 thousand of wheat (SAGARPA, 2010). In previous years, the surface of these crops hardly reached 50, 1 and 5 thousand hectares, respectively.

The average dry land grain beans in Zacatecas in the period of time covered by the study was  $439 \text{ kg ha}^{-1}$ , ranging from 210 (1980) to  $670 \text{ kg ha}^{-1}$  (2006) (Table 1). In general, the highest yields were obtained in the years with the highest rainfall (1981, 1984, 1990, 1991, 2003, 2006, 2008; Table 1 and Figure 1) and the lowest, in those with the lowest rainfall levels (1980, 1989, 1992, 1997, 2005). The regression equation, considering rainfall as an independent variable and yield as a dependant variable, is:  $Y = 72.89 + 1.078P$  (Figure 1), with a probability of 0.0001 for the model and  $r = 0.80$  between variables.

According to the regression equation, between the year (independent variable) and yield (dependent variable):  $Y = 351.7 + 5.79A$  (Figure 2), from 1980 to 2008, yield rose  $5.79 \text{ kg ha}^{-1}$  (1.64% per year) on average; the probability for the model was 0.035 and  $r = 0.45$ . This increase is a



elevó en promedio por año en  $5.79 \text{ kg ha}^{-1}$  (1.64% por año); la probabilidad para el modelo fue de 0.035 y  $r = 0.45$ . Este incremento es una tendencia que aunque baja es importante, porque se ha logrado en una región con condiciones ecológicas limitadas para obtener una alta productividad con casi cualquier cultivo de secano. La diferencia entre el rendimiento medio estimado (con base a la ecuación de regresión) de frijol de secano de 2008 ( $520 \text{ kg ha}^{-1}$ ) y el de 1980 ( $352 \text{ kg ha}^{-1}$ ) es de  $168 \text{ kg ha}^{-1}$ ; si se multiplica 168 por el promedio de la superficie cosechada (suponiendo el mismo número de 531 000 ha en 1980 y en 2008), el incremento en el volumen de producción en los 29 años sería de 86 mil toneladas por año, con lo cual se cubrirían los requerimientos de este grano de nueve millones de mexicanos, ya que el consumo medio de frijol *per capita* es de 11 kg. En el incremento del rendimiento ha tenido que ver entre otros factores el uso de variedades mejoradas, la aplicación de fertilizante en un área mayor que antes, mayores densidades de plantas y el uso de “pileteo” o “contreo” para la captación de agua (Ledesma y Ramírez, 1994; Luna y Ortiz, 1998; Medina *et al.*, 2003; Zandate-Hernández, 2005).

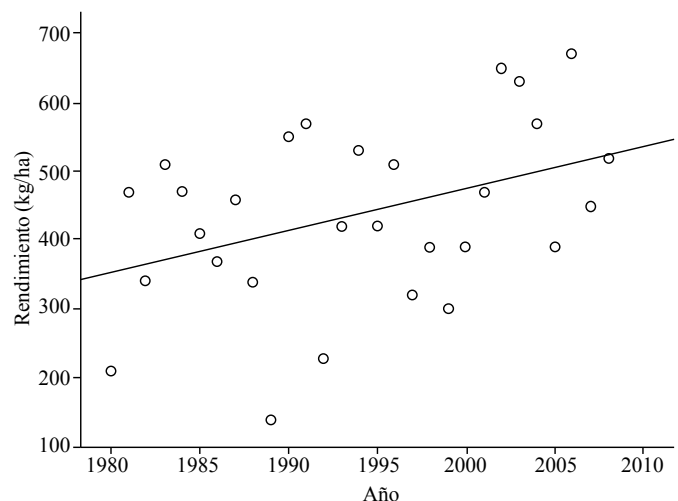


**Figura 1. Relación entre el rendimiento medio de frijol de secano del estado de Zacatecas y la precipitación registrada durante el ciclo de cultivo en los años 1980 a 2008.**

**Figure 1. Relation between the average bean yield in dry lands in the state of Zacatecas and the rainfall recorded during the planting cycle in the years 1980 to 2008.**

La variable de mayor variación fue la superficie siniestrada, con un coeficiente de variación de 88% y la de menor, la superficie sembrada, con 14% de coeficiente de variación (Cuadro 1). Esto quiere decir, que los productores de Zacatecas siembran frijol de secano aún con los riesgos de

tendency that, although low, is important, since it has been obtained in an area with limited environmental conditions for reaching a high productivity with almost any dry land crop. The difference between the estimated average yield (based on the regression equation) for dry land beans in 2008 ( $520 \text{ kg ha}^{-1}$ ) and in 1980 ( $352 \text{ kg ha}^{-1}$ ) is of  $168 \text{ kg ha}^{-1}$ . If 168 is multiplied by the average area planted (assuming the same number of 531 000 ha in 1980 and in 2008), the increase in the production volume in all 29 years would be of 86 thousand tons yearly, which would cover the requirements for this grain for 9 million people, since the average bean consumption per capita is 11 kg. Several factors have been involved in the yield increase, including the use of improved breeds, the use of fertilizers in a larger area than before, higher plant densities, and the use of “row diking” or “contreo” to collect water (Ledesma and Ramírez, 1994; Luna and Ortiz, 1998; Medina *et al.*, 2003; Zandate-Hernández, 2005).



**Figura 2. Variación del rendimiento medio de frijol de secano del estado de Zacatecas de 1980 a 2008.**

**Figure 2. Variation of the average yield for dry land beans in the state of Zacatecas from 1980 to 2008.**

The variable with the most variation was the damaged surface, with a variation coefficient of 88%, whereas the lowest was planted surface, with 14% of variation coefficient (Table 1). This means that farmers in Zacatecas plant beans despite the risks of a bad year due to scarce or poor distribution of rainfall, or other adverse factors, maybe hoping to harvest something. This checks against the value of the correlation coefficient obtained between the rainfall recorded during the planting cycle and the surface planted (0.20 not significant), indicating no relation between these variables.

un mal año por escasa o mala distribución de la precipitación u otro factor adverso, tal vez con la esperanza de obtener algo de cosecha. Esto coteja con el valor del coeficiente de correlación obtenido entre la precipitación registrada durante el ciclo de cultivo y la superficie sembrada (0.20 no significativa), indicando que no existe asociación entre esas variables.

Hubo correlación positiva ( $r= 0.44$ , con  $\alpha= 0.05$ ) entre la superficie sembrada y la superficie siniestrada, lo que significa que entre mayor es la superficie sembrada, mayor es la siniestrada. Esto en parte está de acuerdo con lo que señala la regionalización ecológica hecha por el Campo Experimental Zacatecas (Medina *et al.*, 2003), en la que se delimita el área potencial para el cultivo de frijol de secano en el estado para lograr altos rendimientos (82 119 ha) o medianos (298 542 ha); esta superficie es menor que la que se siembra, porque la regionalización elimina las áreas con precipitación deficiente. En estos lugares con limitaciones para el cultivo de frijol de secano, se recomienda sembrar especies menos sensibles a ellas, como la avena y maíz forrajeros, y trigo para grano (Medina *et al.*, 2003; Rincón *et al.*, 2004; Bravo *et al.*, 2006). También se sugiere llevar a cabo con oportunidad y calidad las labores de cultivo y minimizar costos de producción, entre otras cosas, para lograr los mejores rendimientos, la mejor ganancia económica y no afectar el medio ambiente (Medina *et al.*, 2003; Zandate-Hernández, 2005; Bravo *et al.*, 2006).

### Maíz de grano

En los 29 años que abarca el estudio, se sembraron en promedio en el estado de Zacatecas 333 000 ha de maíz de grano de secano, con un rango que varió desde 228 000 en 2005, hasta 482 000 ha en 1981 (Cuadro 1). Parecido a lo que se anotó para frijol, en maíz de grano, en algunos años (1989, 1991, 2005) la superficie sembrada fue bastante menor que la sembrada los años anterior y posterior a esos años, tal vez por el inicio tardío de la temporada de lluvias como un factor importante (Luna y Galindo, 1987; Luna y Gutiérrez, 1992; Luna, 2008; INIFAP, 2010), ya que a fecha límite de siembra para maíz de secano en Zacatecas es el 10 de julio, porque la temporada de lluvias termina aproximadamente el 20 de septiembre (Luna, 2008).

Hasta antes de 1988, en el estado de Zacatecas se sembraron más de 412 000 ha de maíz de secano (Cuadro 3); posteriormente se han registrado en general superficies inferiores a 300 000 ha; en esto han tenido que ver los programas gubernamentales, en especial el

A positive correlation was found ( $r= 0.44$ , with  $\alpha= 0.05$ ) between the surface planted and the surface damaged, which means that the greater the surface planted, the greater the damaged area. This corresponds in part to what was pointed out by the environmental regionalization, carried out by the Campo Experimental Zacatecas (Medina *et al.*, 2003), in which the potential area for the plantation of dry land beans in the state is delimited for high (82 119 ha) or medium (298 542 ha) yields. This surface is less than what is planted, since regionalization eliminates the areas with scarce rainfall. In places with limitations for the planting of dry land beans, it is recommended to plant species that are less sensitive to these limitations, such as fodder oats and maize, and grain wheat (Medina *et al.*, 2003; Rincón *et al.*, 2004; Bravo *et al.*, 2006). Another recommendation is to plant with adequacy and quality, while reducing production costs, amongst other factors, in order to obtain the best yields, the best profit, and to not affect the environment (Medina *et al.*, 2003; Zandate-Hernández, 2005; Bravo *et al.*, 2006).

### Grain maize

In the 29 years covered by the study, an average of 333 000 ha of dry land grain maize were planted in Zacatecas, ranging from 228 000 in 2005, up to 482 000 ha in 1981 (Table 1). Similar to what was recorded for beans, in grain maize, in some years (1989, 1991, 2005) the surface planted was significantly lower than what was planted the years before and after those years, perhaps due to the late start of the rainy season as an important factor (Luna and Galindo, 1987; Luna and Gutiérrez, 1992; Luna, 2008; INIFAP, 2010), since the deadline for planting dry land maize in Zacatecas is July 10, since the rainy season finishes approximately on September 20 (Luna, 2008).

Before 1988, in the state of Zacatecas, over 412 000 ha of dry land maize were planted (Table 3); after that, there have been records of surfaces smaller than 300 000 ha; government programs have had their relevance in this, especially the productive reconversion program, which has helped boost the planting of fodder oats and maize, and grain wheat (SAGARPA, 2008 y 2009).

In the time period covered by the study, an average was recorded of 18.6% damage of the surface planted with grain maize under dry land conditions in the state, ranging from 54% in 2005, to nearly 0% in seven of the years (Table 3). The years with the greatest damage are related to rainfalls lower than average during the 29 years of the study (410 mm) (Table 3), and those with the lowest damage are related to

de reconversión productiva, con el que se ha impulsado la siembra de avena forrajera, maíz forrajero y trigo para grano (SAGARPA, 2008 y 2009).

higher rainfall. In some years (1985, 1998), the damaged surface was not high and rainfalls were low, because the rain distribution was relatively regular during the planting cycle.

**Cuadro 3. Superficie sembrada (miles de ha-SS) y producción (miles de t-PR), rendimiento (kg ha<sup>-1</sup>-RE) y precipitación durante el ciclo de cultivo de secano (mm) de maíz en el estado de Zacatecas de 1980 a 2008.**

**Table 3. Surface planted (thousands of ha-SS) and production (thousands of t-PR), yield (kg ha<sup>-1</sup>-RE) and rainfall during the dry land planting cycle (mm) for maize in the state of Zacatecas from 1980 to 2008.**

Año	SS	SSi	PR	RE	PP1
1980	441	165	138	500	337
1981	482	71	325	790	519
1982	414	180	160	690	351
1983	426	13	391	950	441
1984	412	68	283	820	407
1985	456	70	251	650	264
1986	424	94	232	700	403
1987	442	75	300	820	371
1988	390	31	251	700	252
1989	272	86	116	620	253
1990	385	11	381	1020	615
1991	238	23	135	630	520
1992	277	89	111	590	310
1993	280	38	144	600	403
1994	277	29	140	570	386
1995	315	51	178	670	495
1996	315	23	190	650	471
1997	294	105	108	570	301
1998	267	18	157	630	289
1999	285	135	99	660	354
2000	323	131	119	620	383
2001	288	62	192	850	437
2002	287	3	253	890	427
2003	320	2	391	1230	583
2004	296	3	293	1000	480
2005	228	124	72	690	343
2006	261	6	262	1030	520
2007	305	87	178	820	440
2008	249	16	269	1150	535
Media	333	62	211	779	410
V m	228	2	72	500	252
V M	482	135	391	1230	615

IPP= es el promedio de la precipitación registrada durante el ciclo de cultivo en 11 localidades representativas del área donde se cultiva maíz de grano en el estado de Zacatecas (Medina *et al.*, 2003; INIFAP, 2010). V m= valor mínimo; V M= valor máximo.

En el periodo que abarcó el estudio, se registró en promedio 18.6% de siniestro de la superficie sembrada con maíz de grano bajo condiciones de secano en el estado, con un rango que osciló desde 54% en 2005, hasta casi 0% en siete de los años (Cuadro 3). Los años con mayor área siniestrada están asociados con precipitaciones inferiores a la media registrada durante los 29 años del estudio

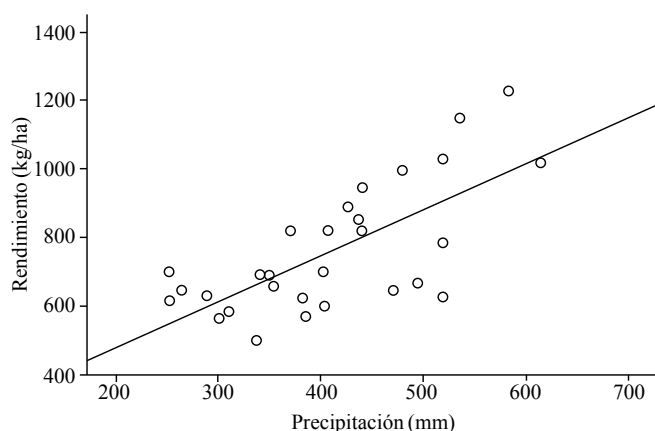
The equation for the regression between rainfall (independent variable) and damaged surface (dependent variable):  $Y = 167.4 - 0.256P$  (0.007= probability of the model  $r = -0.49$ ), indicates that as rainfall decreases by one millimeter, the damaged surface increases by 256 ha, and contrary to this, when rainfall increased by one millimeter, the damaged surface is reduced by 256 ha.



(410 mm) (Cuadro 3), y los de menor, a precipitaciones altas. En algunos años (1985, 1998), la superficie siniestrada no fue alta y las precipitaciones fueron bajas, porque la distribución de la lluvia fue relativamente regular durante el ciclo de cultivo.

La ecuación de regresión entre la precipitación (variable independiente) y la superficie siniestrada (variable dependiente):  $Y = 167.4 - 0.256P$  ( $0.007 =$  probabilidad del modelo  $r = -0.49$ ), indica que conforme la precipitación disminuye en un milímetro, la superficie siniestrada aumenta en 256 ha y al contrario, al aumentar la precipitación en un milímetro, la superficie siniestrada disminuye en 256 ha.

El rendimiento medio de maíz de secano en el estado de Zacatecas en el periodo de estudio fue de  $774 \text{ kg ha}^{-1}$ , con un rango desde 500 (1980) hasta 1 230 (2003) (Cuadro 3). En general, los rendimientos más altos se obtuvieron en años con alta precipitación y los más bajos con poca precipitación (Cuadro 3 y Figura 3), aunque, como se ha anotado antes, en ello también influye la distribución de la lluvia durante el ciclo de cultivo. En 1994 se registró un bajo rendimiento medio, no obstante que el volumen de precipitación registrado en el ciclo de cultivo no fue tan bajo, la mayoría se registró antes de las etapas fenológicas de floración y llenado del grano, en las que la planta necesita más agua para dar un buen rendimiento (Edmeades *et al.*, 1999; Luna y Gutiérrez, 2000; Cakir, 2004). La ecuación de regresión entre el rendimiento (variable dependiente) y la precipitación (variable independiente) es:  $Y = 186.52 + 1.39P$  (Figura 3), con una probabilidad del modelo de 0.0001 y  $r = 0.71$ .

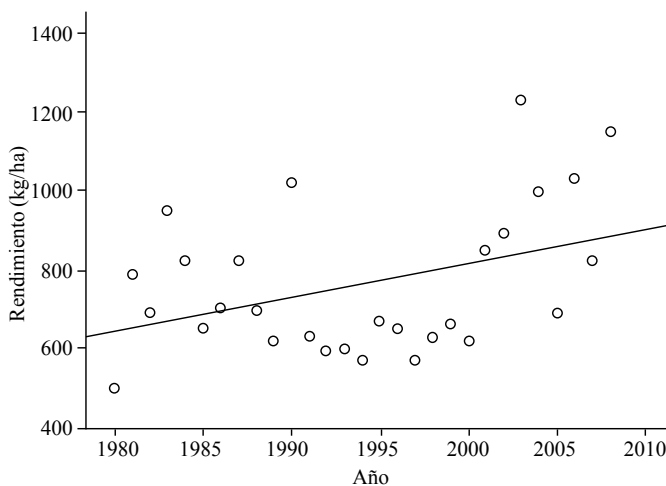


**Figura 3. Relación entre el rendimiento medio de maíz de secano del estado de Zacatecas y la precipitación registrada durante el ciclo de cultivo en los años 1980 a 2008.**

**Figure 3. Relation between the average yield of maize in dry lands in the state of Zacatecas and the rainfall recorded during the planting cycle in the years 1980 to 2008.**

The average yield for dry land maize in the state of Zacatecas in the period of study was  $774 \text{ kg ha}^{-1}$ , ranging from 500 (1980) to 1 230 (2003) (Table 3). In general, the highest yields were reached in years with the highest rainfalls, and the lowest yields were in years with the lower rainfalls (Table 3 and Figure 3), although, as mentioned earlier, rain distribution during the planting cycle also influences this. In 1994 a low average was recorded; although the volume of rainfall in the planting cycle was not very low, most of it was recorded before the phenological stages of flowering and filling of the grain, in which the plant needs more water to have a good yield (Edmeades *et al.*, 1999; Luna and Gutiérrez, 2000; Cakir, 2004). The equation for the regression between yield (dependent variable) and rainfall (independent variable) is:  $Y = 186.52 + 1.39P$  (Figure 3), with a probability of the model of 0.0001 and  $r = 0.71$ .

According to the equation for the regression between the year (independent variable) and yield (dependent variable):  $Y = 622.6 + 9.07A$  (Figure 4) (probability of the model of 0.028;  $r = 0.41$ ), yield rose by  $9.07 \text{ kg/ha}$  per year (1.46% per year), which is significant due to the limited environmental and technological conditions under which dry land maize is found in Zacatecas.



**Figura 4. Variación del rendimiento medio de maíz de secano del estado de Zacatecas del año 1980 a 2008.**

**Figure 4. Variation of the average yield for maize in dry lands in the state of Zacatecas from 1980 to 2008.**

The annual percentage in yield increase for beans (1.62%) is greater than this figure for grain maize, because its price is higher, which is why farmers give more attention to bean crops. Likewise, beans are better adapted to the environmental conditions in Zacatecas than grain maize, due to the longer lowering period, which helps it evade,

De acuerdo a la ecuación de regresión entre el año (variable independiente) y el rendimiento (variable dependiente):  $Y = 622.6 + 9.07A$  (Figura 4) (probabilidad del modelo de 0.028;  $r = 0.41$ ), el rendimiento se elevó en 9.07 kg/ha por año (1.46% por año), el cual es significativo por las condiciones ecológicas y tecnologías limitadas bajo las que se cultiva el maíz de secano en Zacatecas.

El porcentaje de incremento del rendimiento de frijol por año (1.62%) es mayor que el de maíz grano, porque su precio es mayor, por lo que los productores dan mejor atención al frijol; además, el frijol está más adaptado a las condiciones ecológicas de Zacatecas que el maíz de grano, por el mayor periodo de floración, con lo cual puede evadir al menos en parte alguna sequía que se presente durante esa etapa (Luna y Galindo, 1987); por esto, los apoyos gubernamentales en Zacatecas han sido más encaminados al frijol; sin embargo, el maíz de grano se sigue cultivando bajo condiciones de secano en el estado, porque también tiene uso como forraje y como cultivo de rotación, entre otras cosas (Luna, 2008). En el incremento del rendimiento tienen que ver, entre otros factores, el uso de una tecnología más productiva que la usada tradicionalmente, como la siembra de variedades precoces y tolerantes a sequía, la aplicación de una fertilización adecuada en una mayor superficie que antes, el uso de prácticas de captación y conservación del agua de lluvia y la siembra con mayor densidad de población (Luna y Galindo, 1987; Medina *et al.*, 2003; Luna, 2008).

La variable de mayor variación en maíz de secano fue la superficie siniestrada, con un coeficiente de variación 82%; además, la no asociación encontrada entre la superficie sembrada (SS) y la superficie siniestrada (SSi) ( $r = 0.25$ ), significa, igual que con frijol de secano, que los productores siembran estos cultivos bajo las difíciles condiciones ecológicas de Zacatecas, con los riesgos de pérdida que ello implica, pero seguramente con la esperanza de obtener algo de cosecha.

Hubo correlación negativa entre la SSI y la PP, la SSi y el RE y entre la SSi y la PR ( $r = -0.55$  y  $r = -0.49$ ;  $r = -0.57$ , con  $\alpha = 0.01$ , respectivamente), lo que quiere decir que la SSi repercute negativamente en el rendimiento y por tanto en el volumen de producción.

En este caso, como en frijol de secano, cabe el comentario de que se debe buscar la mejor manera de disminuir la siembra del cultivo de maíz en áreas con alto riesgo de pérdida y, donde se cultive, realizar prácticas culturales que ayuden a disminuir

at least in part, any drought that could take place in that stage (Luna and Galindo, 1987); this is why government supports in Zacatecas have pointed more at bean crops, although grain maize is still being planted under dry land conditions, because it is also used as fodder and a rotation crop, amongst other uses (Luna, 2008). Several factors are involved in the yield increase, including the use of a technology that is more productive than the one used traditionally, such as the plantation of precocious and drought-resistant varieties, an adequate fertilization in a greater surface than before, the use of rainwater collection and conservation practices, and planting with a greater population density (Luna and Galindo, 1987; Medina *et al.*, 2003; Luna, 2008).

The variable in dry land maize with the greatest variation was the damaged area, with a variation coefficient of 82%. Also, the non-association found between the surface planted (SS) and the damaged surface (SSi) ( $r = 0.25$ ), means, as with the dry land bean crops, that farmers plant these crops under the difficult environmental conditions of Zacatecas, with the risk of loss it implies, though surely with the hope of producing a good harvest.

There was a negative correlation between SSI and PP, SSI and RE and between SSi and PR ( $r = -0.55$  y  $r = -0.49$ ;  $r = -0.57$ , con  $\alpha = 0.01$ , respectively), which means that the SSI has a negative repercussion on yield, and therefore on the production volume.

In this case, as in dry land beans, it is worth mentioning that it is necessary to search for the best way to reduce maize plantations in areas with high risk of loss and, where it is planted, to carry out cultural practices that help reduce this risk, without adversely affecting the environment, such as the incorporation of organic matter into the soil, planting in leveled furrows, the use of "contreo" or "row diking" to gather rain water, and planting drought-resistant varieties.

## Conclusions

The unit yield of dry land beans in the state of Zacatecas increased an average of 1.62% every year, although the production volume did not rise with the years, since the planted surface began to diminish significantly since 2004.

ese riesgo, sin menoscabo del medio ambiente, como son la incorporación de materia orgánica al suelo, la siembra en surcos a nivel, el uso del “contreo” o “pileteo” para retener agua de lluvia y la siembra de variedades tolerantes a sequía.

## Conclusiones

El rendimiento unitario de frijol de secano en el estado de Zacatecas se fue elevando en promedio en 1.62% por año; sin embargo, el volumen de producción no mostró incremento a través de los años, debido a que la superficie sembrada comenzó a disminuir significativamente a partir de 2004.

El rendimiento unitario de maíz de grano de secano creció 1.46% en promedio por año.

Tanto en frijol, como en maíz de secano en el estado de Zacatecas, los años con mayor superficie sembrada, menor porcentaje de siniestralidad, mayor rendimiento y como consecuencia mayor volumen de producción, coincidieron con años de mayor cantidad de precipitación registrada y regular distribución durante el ciclo de cultivo; por el contrario, un menor volumen de precipitación y deficiente distribución, estuvo asociado con alta siniestralidad, bajo rendimiento y baja producción.

En los últimos años (2004 a 2008) disminuyó de manera importante la superficie sembrada con frijol de secano en Zacatecas por efecto del programa de reconversión productiva, al aumentar principalmente las superficies de avena y maíz forrajeros.

## Literatura citada

- Bravo-Lozano, A. G.; Salinas-González, H. y Velasco-Villegas, I. 2006. Importancia del fenómeno de la sequía. *In*: sequía: vulnerabilidad, impacto y tecnología para afrontarla en el Norte Centro de México. Bravo, L. A. G.; Salinas, G. H. y Rumayor, R. A. F. (ed.). Centro de Investigación Regional Norte Centro, INIFAP. Calera de V. R. Zac. (Libro técnico Núm. 4). 180 p.
- Cakir, R. 2004. Effect of water stress of different development stages on vegetative and reproductive growth of corn. *Field Crops Res.* 89:1-16.

The unit yield for grain maize increased an average of 1.46% per year.

Both in dry land beans and maize in the state of Zacatecas, the years with the largest surface planted, greatest percentage of damage, greatest yield, and consequently, the greatest production volume, coincided with the years with the most rainfall and regular distribution during the planting cycle. On the other hand, a lower volume of rainfall and a poor distribution was related to high damage, low yield and low production.

In recent years (2004 to 2008) the surface planted with dry land beans in Zacatecas has diminished considerably due to the effect of productive reconversion programs which increases the surface of fodder oats and maize.

*End of the English version*



- Edmeades, G. O.; Bolaños, J.; Chapman, S. C.; Lafitte, H. R. and Bänziger, M. 1999. Selection improves drought tolerance in tropical maize populations. I. Gains in biomass, grain yield, and harvest index. *Crop Sci.* 39:1306-1315.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). 2009. Anuario estadístico del estado de Zacatecas. INEGI. Aguascalientes, Aguascalientes. 440 p.
- Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, (INIFAP). 2010 Internet: INIFAP-Zacatecas, Monitoreo agroclimático”. Consultado septiembre de 2010.
- Lechuga-Álvarez, M. 2007. Comportamiento de variedades de maíz de temporal probadas durante varios años en dos localidades del estado de Zacatecas. Tesis de Maestría en Ciencias, Universidad Autónoma de Zacatecas. Zacatecas, Zacatecas. 59 p.
- Ledesma-Mares, J. C. y Ramírez-Miranda, C. 1994. La producción de frijol en México y sus perspectivas ante el Tratado de Libre Comercio. *In*: el TLC y sus repercusiones en el sector agropecuario del Centro-Norte de México. Schwentesius, R. R.; Gómez, C. M. A.; Ledesma, M. J. C. y Gallegos, V. C. (Coord.). CIESTAAM, Universidad Autónoma Chapingo, Estado de México. 39-62 p.

- Luna-Flores, M. y Galindo-González, G. 1987. La agricultura de Zacatecas. Un estado mexicano. *Agro-Ciencia, Chile* 13:77-90.
- Luna-Flores, M. y Gutiérrez-Sánchez, J. R. 1992. Relación entre el clima y el rendimiento de maíz de temporal en Zacatecas, *Rev. Fitotec. Mex.* 13:104-116.
- Luna-Flores, M. y Zárate-Valdez, J. L. 1994. La producción de maíz en México ante el Tratado de Libre Comercio. *In: el TLC y sus repercusiones en el sector agropecuario del Centro-Norte de México.* Centro de Investigaciones y Estudios de la Agricultura y Agroindustria Mundial-Universidad Autónoma Chapingo. Estado de México. 17-34 p.
- Luna-Flores, M. y Ortiz-Valdez, M. 1998. Análisis de la producción de frijol de temporal en el distrito de Río Grande, Zac. *Rev. Geog. Agríc.* 27:51-62.
- Luna-Flores, M. y Gutiérrez-Sánchez, J. R. 2000. Investigación fisiotécnica de maíz de temporal en la región alta del norte de México. *Rev. Fitotec. Mex.* 23:195-210.
- Luna-Flores, M. 2003. ¿Por qué no se deja de sembrar maíz en México? *In: ¿El campo aguanta más?* Schwentesius, R. R.; Gómez, M. A. y Calva, J. L. (Coord.). Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Estado de México. 115-132 p.
- Luna-Flores, M. 2008. El cultivo de maíz en Zacatecas. Universidad Autónoma de Zacatecas. Zacatecas, Zacatecas. 129 p.
- Medina-García, G.; Rumayor-Rodríguez, A. F.; Cabañas-Cruz, B.; Luna-Flores, M.; Ruiz-Corral, J. A.; Gallegos-Valdez, C.; Madero-Tamargo, J.; Gutiérrez-Sánchez, J. R.; Rubio-Díaz, S. y Bravo-Lozano, A. G. 2003. Potencial productivo de especies agrícolas en el estado de Zacatecas. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Centro de Investigación Regional Norte Centro. Calera de V. R., Zacatecas, México. (Libro Técnico Núm. 2). 157 p.
- Reyes-Rivas, E. 2007. El TLCAN y la viabilidad de la producción de frijol en la zona de alta migración en Zacatecas: el caso de la Colonia González Ortega. Tesis de Doctor en Ciencias, Unidad Académica en Estudios del Desarrollo, Universidad Autónoma de Zacatecas. 160 p.
- Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA). 2008. Programas de prevención y manejo de riesgos. Programas agricultura. Programa de uso sustentable de recursos naturales para la producción primaria (reconversión productiva). URL: <http://www.sagarpa.gob.mx/Sagarpa programas>. Consulta: agosto, 2009.
- Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA). 2010. OEIDRDUS Zacatecas, base de datos. Internet <http://www.oeidrus.sagarpa.gob.mx>. Consulta: agosto, 2010.
- Zandate-Hernández, R. 2005. Adopción de la práctica del pileteo en el Distrito de Desarrollo Rural Zacatecas. Tesis de Maestría en Ciencias, Unidad Académica de Agronomía, Universidad Autónoma de Zacatecas. Zacatecas, Zacatecas. 99 p.