

EVALUACIÓN AUTOMATIZADA DE TIERRAS PARA EL CULTIVO DE AJONJOLÍ EN RELEVO A MAÍZ*

AUTOMATED LAND EVALUATION FOR CROPPING, MAIZE AND SESAME IN RELAY INTERCROPPING

Robertony Camas Gómez^{1§}, Antonio Turrent Fernández¹, Jaime López Martínez², Pedro Cadena Iñiguez², Bernardo Villar Sánchez², Reynol Magdaleno González², Francisco Cruz Chávez² y José Isabel Cortes Flores³

¹Campo Experimental Valle de México. INIFAP. Carretera Los Reyes-Textcoco, km 13.5. Coatlinchan, Textcoco, Estado de México. C. P. 56250. Tel. 01 595 9212681. (aturrent@cablevision.net.mx). ²Campo Experimental Centro de Chiapas. INIFAP. Carretera Ocozocoautla-Cintalapa, km 3. Ocozocoautla, Chiapas. A. P. 29140. Tel. 01 968 6882911. (lopez.jaime@inifap.gob.mx), (cadena.pedro@inifap.gob.mx), (villar.sanchez@inifap.gob.mx), (magdaleno.reynol@inifap.gob.mx), (cruz.francisco@inifap.gob.mx). ³Edafología. Colegio de Postgraduados. Carretera México-Textcoco, km 36.5, Montecillo, Textcoco, Estado de México. C. P. 56230. Tel. 01 595 9520248. (jicortes@colpos.mx). [§]Autor para correspondencia: camas.robertony@inifap.gob.mx.

RESUMEN

En La Frailesca, Chiapas el cultivo principal es maíz en monocultivo. Este se siembra principalmente en suelos de terraza intermedia, ubicados fisiográficamente entre suelos de vega a orillas de ríos y laderas. El objetivo de este estudio fue generar un modelo para planificar el establecimiento de maíz (*Zea mays* L.) de temporal y ajonjolí (*Sesamun indicum* L.) como cultivo en relevo después de maíz. El modelo se generó aplicando la metodología del sistema automatizado de evaluación de tierras de la FAO, ALES versión 4.5. Para esto se recabó información técnica, cartográfica y de campo para hacer una base de datos. El procesamiento de la cartografía se realizó por medio del software Arc View 3.2. Se clasificaron 22 unidades de tierra considerando las características físicas y químicas del suelo. Del área total evaluada el maíz presentó las siguientes aptitudes físicas: apta 2.3%, moderada 28.2%, marginal 50.3% y no apta 19.2%. Para el ajonjolí en relevo; 19.2% apta, 61.5% moderada y 19.2% no apta. Los rendimientos simulados fueron muy similares a las parcelas de validación y demostración establecidas en la región. Se concluyó que del área total evaluada y cultivada con maíz en monocultivo, 80.7% puede intensificarse mediante

ABSTRACT

In the Frailesca, Chiapas, maize is the main crop in monoculture. It is mainly Brown in intermediate terrace soils, located physiographically between lowland soils on river banks and hillsides. The aim of this study was to create a model to plan the establishment of maize (*Zea mays* L.) as a seasonal crop and sesame (*Sesamun indicum* L.) as a relay crop after maize. The model was created by applying the FAO methodology for automatic land evaluation, ALES version 4.5. In order to do this, technical, cartographic and field information was gathered in order to create a data base. Maps were processed using the program Arc View 3.2. Twenty two units of land were classified, considering the soil's physical and chemical characteristics. Out of the total area evaluated, maize displayed the following physical aptitudes: adequate 2.3%, moderate 28.2%, marginal 50.3% and inadequate 19.2%. For the relay sesame; 19.2% was adequate, 61.5% moderate and 19.2% inadequate. The simulated yields were very similar to the validation and demonstration parcels established in the area. It was concluded that out of the total area evaluated and cultivated with maize in monoculture, 80.7% can be intensified by introducing relay sesame, and that the automated land system helps create a reliable plan for soil use.

* Recibido: mayo de 2009
Aceptado: enero de 2010

la introducción de ajonjolí en relevo, y además el sistema automatizado de tierras permite realizar una planificación confiable para el uso del suelo.

Palabras clave: *Sesamun indicum* L., sistema experto.

INTRODUCCIÓN

La Frailesca, es la región maicera más importante del estado de Chiapas, con una producción de 400 000 t de grano, que representa 33% de la producción estatal, con un rendimiento medio de 3.3 t ha⁻¹ (Coutiño *et al.*, 2004). El maíz se cultiva en 120 000 ha bajo condiciones de temporal y la mayor parte de esta se ubica en áreas de terrazas caracterizadas por pendientes de 0 a 15%, comprendidas entre las tierras de vega y ladera, que representan 56% de la superficie total de La Frailesca. El sistema de producción es monocultivo, representando el maíz el único ingreso económico durante todo el año.

Para fomentar una mayor productividad de los suelos en terraza, recientemente se han introducido en relevo a maíz, especies como el ajonjolí (*Sesamun indicum* L.), sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench), ya que éstas completan su desarrollo con la humedad residual prevaleciente, después que el maíz alcanza la madurez fisiológica (Camas *et al.*, 2007). Sin embargo, para el éxito de este sistema de producción intensivo, es prioritario realizar una evaluación de tierras que permita determinar cuáles son los suelos más aptos agronómica y económicamente.

En relación a los métodos de evaluación de tierras, se han desarrollado un gran número de sistemas desde los convencionales (cualitativos) hasta los índices de productividad y modelos de simulación matemática, mismos que pueden ser usados en forma separada o combinados (Van *et al.*, 1992). Estos en su mayoría, están orientados hacia acciones de corto plazo y no tanto para labores de planificación, entendida como el proceso de distribución de uso del suelo, para lograr un beneficio máximo del grupo de usuarios, en corto, mediano y largo plazo, sin degradar el suelo. Como consecuencia, la FAO (1976) propone la metodología de esquema para evaluación de tierras; a través del sistema automatizado de evaluación de tierras (ALES), el cual es un sistema experto para la evaluación sistemática de los recursos naturales, considerando tres enfoques: clasificación cualitativa de aptitud de tierras, evaluación física cuantitativa y clasificación económica de tierras (Rossiter *et al.*, 1995).

Key words: *Sesamun indicum* L., expert system.

INTRODUCTION

The Frailesca, is the most important maize-growing area in the state of Chiapas, since it produces 400 000 t of grains, which accounts for 33% of the production of the state, with an average yield of 3.3 t ha⁻¹ (Coutiño *et al.*, 2004). Maize is grown on 120 000 ha under stormy conditions, and most of this surface is found in terrace areas with slopes of 0 to 15%, between lowlands and hillsides, which account for 56% of the total surface of the Frailesca. The production system is monoculture, making maize the only economic source of income throughout the year.

In order to enhance productivity of terrace soils, relays to maize have been introduced, such as sesame (*Sesamun indicum* L.) and sorghum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench), since these complete their growth with the prevailing residual humidity, after maize reaches its full physiologically growth (Camas *et al.*, 2007). However, for this intensive production system to be successful, it is crucial to carry out an evaluation of lands that helps determine which soils are more apt, both agronomically and economically.

In terms of the land evaluation methods, many systems have been developed, from the conventional (qualitative) to the productivity indexes and mathematical simulation models, which can be used separately or combined (Van *et al.*, 1992). Most of these are oriented towards short term actions, and not so much for planning, understood as the process of distribution of soil use, to achieve the maximum benefit by the group of users, in the short, medium and long run, without degrading the soil. Consequentially, FAO (1976) proposes the scheme methodology for land evaluation, by means of the automatic land evaluation system (ALES), an expert system for the systemic evaluation of natural resources, considering three approaches: qualitative classification of soil aptitude, quantitative physical evaluation and economic classification of lands (Rossiter *et al.*, 1995).

Therefore, the aim of this study was to create a model for planning the establishment of seasonal maize (*Zea mays* L.) and sesame (*Sesamun indicum* L.) as a relay after maize.

Por lo tanto, el objetivo del presente estudio fue generar un modelo para planificar el establecimiento de maíz de temporal (*Zea mays* L.) y ajonjolí (*Sesamun indicum* L.) como cultivo en relevo después de maíz.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó durante el ciclo primavera-verano 2006 y otoño-invierno 2006-2007, en suelos de terrazas de la Sociedad de Producción Rural (SPR), Hermenegildo Galeana y San Damián, municipio de Villa Flores, Chiapas, México. Conforman una superficie de 600 hectáreas, localizadas entre los paralelos 16° 16' 30" y 16° 17' 30" de latitud norte y entre los meridianos 93° 10' 30" y 93° 12' 15" de longitud oeste. El clima de acuerdo con la clasificación de Köppen modificado por García (1981), es Aw2(w^{''})(i)g corresponde al tipo cálido subhúmedo con lluvias en verano y presencia de sequía intraestival. La temperatura media anual es 25 °C y la precipitación media anual de 1 100 a 1 300 mm, con una estación lluviosa que inicia a fines de mayo y termina en octubre (García, 1981).

Todas las unidades de tierra (UT), se sitúan en áreas de temporal clasificadas como de buena productividad, de acuerdo al mapa de áreas de provincias agronómicas para el cultivo del maíz de temporal en Chiapas (Turrent *et al.*, 1992).

Metodología para la evaluación de tierras

FAO (1976), propone el esquema de evaluación de tierras como la aptitud física y económica de éstas, para tipos de uso de la tierra (TUT), que pueden ser cultivos diversos como uso forestal, pastizal, agrícola, etc. Para ello confronta las características de la tierra (CT), señaladas como cualidades de la tierra (CuT), con las exigencias o requerimientos de tipos de uso de la tierra (RUT). Adicionalmente, posee una herramienta automatizada que permite con mayor rapidez el proceso de cálculo y diseño de la base de datos y árboles de decisión, a través del programa computarizado llamado "sistema automatizado de evaluación de tierras" (ALES).

La CT son la base de la evaluación; éstas son estimaciones de las propiedades de la tierra que forman los elementos de la base de datos de ALES. Son utilizadas en la elaboración de árboles de decisión que determinan primero,

MATERIALS AND METHODS

The study was carried out during the spring-summer cycle in 2006 and autumn-winter 2006-2007, in terrace soils of the Rural Farming Society (SPR), Hermenegildo Galeana and San Damián, in the municipality of Villa Flores, Chiapas, Mexico. They cover a surface of 600 hectares, between the parallels 16° 16' 30" and 16° 17' 30", latitude north and between the meridians 93° 10' 30" and 93° 12' 15" longitude west. The weather, according to the Köppen weather classification, modified by García (1981), is Aw2(w^{''})(i)g, corresponding to the warm, subhumid type, with summer showers and drought between summers. Average annual temperature is 25 °C and average rainfall is between 1 100 and 1 300 mm, with a rainy season that begins in May and ends in October (García, 1981).

All land units (UT), are found in seasonal areas, classified as productive, according to the agronomic province areas for seasonal maize production in Chiapas (Turrent *et al.*, 1992).

Methodology for land evaluation

FAO (1976), proposes the land evaluation scheme as the physical and economic aptitude of the lands, for land use types (TUT), which can be diverse uses such as forestry, pasture lands, agricultural. For this, it confronts land characteristics (CT), pointed out as land qualities (CuT), with the requirements of land use types (RUT). In addition, it contains an automated tool that helps speed up the process of calculation and design of the data base and decision trees, by means of a computerized program called "automatic land evaluation system" (ALES).

The CTs are the basis for evaluation; they are estimates of the properties of the land that form the elements of the ALES data base. They are used in the creation of decision trees that determine, first of all, the aptitude levels for each CuT, and then, the aptitude ranges for the different TUTs. The CTs are handled as classified data to be able to create decision trees, which are multidirectional and hierarchical codes, in which the sheets represent results used to determine a) values of the CuT from values of the CT; b) the proportional yields expected as of the CuTs; and c) the subtype of physical and economic aptitude from the values of CuT.

Phases of the methodologic application for the evaluation and development of the automated system Database. The maps were obtained for both SPRs, along with the orthophoto and the digital elevation model (MDE) at a 1:75 000

los niveles de aptitud de cada CuT, y después los rangos de aptitud final para los diferentes TUT. Las CT se manejan como datos clasificados para poder construir arboles de decisión, siendo estos claves jerárquicas multidireccionales en donde las hojas representan resultados utilizados para determinar: a) valores de la CuT a partir de valores de la CT; b) los rendimientos proporcionales esperados a partir de CuT; y c) la subclase de aptitud física y económica a partir de valores de CuT.

Fases de la aplicación metodológica para la evaluación y desarrollo del sistema automatizado. Base de datos.

Se adquirieron los planos topográficos de ambas SPR, la ortofoto y el modelo digital de elevación (MDE) a escala 1:75 000, correspondiente a la carta topográfica E15C79, expedida por el Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (INEGI). Así también, se consultaron trabajos de investigación desarrollados en la región, sobre el cultivo del maíz y ajonjolí en relevo después de maíz.

Delimitación del área de terrazas con maíz de temporal.

Las terrazas se consideraron suelos con pendientes menores a 15% no pertenecientes a tierras de vega y laderas. Para su delimitación se siguieron los siguientes pasos: a) mediante el software ArcView 3.2, se realizó un análisis espacial del modelo digital de elevación de la carta topográfica E15C79, generando un mapa con pendiente menor y mayor a 15%; b) mediante fotointerpretación de la ortofoto, se discriminaron las áreas de vega respecto a las terrazas. Para verificación y ajustes se realizaron recorridos de campo usando el sistema de posicionamiento global (GPS); c) obtención de terrazas mediante la sobreposición de mapas con pendientes menores a 15%, y áreas de vega, eliminando áreas interceptadas; y d) obtención del mapa de parcelas muestreadas, sobreponiendo el mapa de áreas de terrazas sobre el mapa de parcelas proveniente de los planos topográficos de las comunidades.

Trabajo de campo. En cada parcela se determinó la profundidad efectiva y se tomaron muestras de 0-30 cm de profundidad del suelo, para su análisis físico y químico en laboratorio.

Tipos de uso de la tierra (TUT) y caracterización tecnológica y económica. Los TUT seleccionados fueron: maíz de temporal y ajonjolí en relevo a maíz. Se estableció ajonjolí una vez que el maíz había alcanzado su madurez fisiológica, bajo el concepto de asociación en sucesión, para

scale, corresponding to map E15C79, issued by the National Statistics, Geography and Computing Institute (INEGI). Likewise, earlier research work on the area, on the farming of maize and sesame as a relay after maize, were consulted.

Delimiting of the area of terraces with seasonal maize.

Terraces are considered lands with slopes lower than 15%, not belonging to lowlands or hillsides. The following steps were taken for their delimitation: a) using the software ArcView 3.2, a spatial analysis of map E15C79 was carried out, creating a map with a slope lower and greater than 15%; b) by means of photointerpretation of the orthophoto, lowlands were separated to the terraces. For the verification and adjustments, fields were toured using GPS; c) obtaining terraces by superimposing maps with slopes lower than 15%, and lowland areas, eliminating intercepted areas; and d) obtaining the map of sampled parcels, superimposing the map of terrace areas over the map of parcels, coming from the topographic maps of the communities.

Fieldwork. In each parcel, the effective depth was determined, and 0-30 cm deep soil samples were taken for their physical and chemical analysis in the laboratory.

Land use types (TUT) and technological and economic characterization.

The selected TUTs were: seasonal maize and sesame in relay to maize. Sesame was established once maize had completed its physiological growth, under the concept of succession association, so as to avoid growth competition due to different factors such as humidity, nutrients, space and sunlight, presented in simultaneous associations (Pandey *et al.*, 1981).

Defining land characteristics (CT).

Seven CTs were defined and divided in three levels that express favorable or unfavorable conditions (Table 1). The ranges of the levels of each CT were defined based on the Official Mexican Norms on soil fertility and classification (PROY-NOM-021-RECNAT-2000) and FAO (1985), adjusting them to the conditions of the area of study.

Defining land qualities (CuT) and the requirements of land use types (RUT)

Nutrients, available humidity and roots were considered, all of which set forth differences and limitations for the development of crops amongst UTs. They were divided into 3 levels, which represent the possible behavior of each TUT at each CT present in the UTs (Table 1).

evitar la competencia de crecimiento por diferentes factores como humedad, nutrientes, espacio y radiación solar, que se presenta en asociaciones simultáneas (Pandey *et al.*, 1981).

Definición de las características de la tierra (CT). Se definieron siete CT y se dividieron en tres niveles que expresan condiciones favorables o desfavorables (Cuadro 1). Los rangos de los niveles de cada CT fueron definidos con base a la Norma Oficial Mexicana sobre fertilidad y clasificación de suelos (PROY-NOM-021-RECNAT-2000) y FAO (1985). Ajustándolos a las condiciones del área de estudio.

Definición de las cualidades de la tierra (CuT) y los requisitos de uso de la tierra (RUT)

Se consideraron los nutrientes, humedad disponible y enraizamiento, mismos que planteaban diferencias y limitaciones para el desarrollo de los cultivos entre las UT. Se dividieron en tres niveles, que representan el posible comportamiento de cada TUT a cada CT presente en las UT (Cuadro 1).

Cuadro 1. Requisitos de uso de la tierra y características utilizadas en su designación.

Table 1. Requisites of land use and characteristics used in their designation.

Requisitos	Niveles de los requisitos	Característica	Niveles de las características			
			1	2	3	
Enraizamiento	Limitado	Profundidad del suelo (cm)	Delgado (<15)	Medio (15-30)	Profundo (30)	
	Moderado		Gruesa	Media	Fina	
	Sin limitación	Precipitación (mm)				Baja (<500)
Humedad disponible	Baja	Materia orgánica (%)	Baja (<1.5)	Moderada (1.5-3)	Alta (>3)	
	Media		Fósforo (ppm)	Bajo (<5.5)	Moderado (5.5-11)	Alto (>11)
	Alta			pH	Acido (<5)	Moderado (5-6.5)
Disponibilidad de nutrientes	Media	Nitrógeno (%)	Bajo (<0.08)		Moderado (0.08-0.15)	Alto (>0.15)
	Baja					
	Alta					

La precipitación es en el periodo de primavera-verano.

Árboles de decisión para el uso de la tierra, aptitud física y económica

Árboles para los RUT. Para los tres RUT de los dos TUT, se elaboraron árboles de decisión en donde el orden de

Decision trees for land use, physical and economic aptitude

Trees for the RUTs. For the three RUTs of both TUTs, decision trees were made, in which the hierarchical order of arrangement of the CTs, supposes greater weight in the determination of the RUT or CuT. By confronting the CTs the high, middle and low levels of each quality are determined. For example, a UT with high rainfall + deep soil + fine texture + moderate organic matter, will have high available humidity. On the contrary, a UT with the same characteristics to the previous one, except for middle-depth soils, will have a moderate humidity available.

Decision trees of types of physical aptitude. Consists in combining the results of all three CuTs or RUTs; humidity available, nutrients available and roots, so that they express the types of total aptitude of the soil for the TUTs seasonal maize and sesame in relay to maize. Four types of aptitude were considered: 1=apt, 2=moderately apt, 3=marginally apt and 4=not apt. Figure 1 specifies, as an example, the creation of the decision tree for the TUT sesame as a relay for maize.

Economic aptitude. With data of experimental and validation parcels, the optimum yield for maize and relay sesame was determined (Vicente, 2005). This is understood as the highest yield obtained in a UT without limitations for a TUT. Likewise, yields for UT were

acomodo de las CT en forma jerárquica, presupone mayor peso en la determinación del RUT o CuT. Por medio de la confrontación de las CT se determinan los niveles bajo, medio y alto de cada cualidad. Por ejemplo una UT que tenga alta precipitación pluvial + suelo profundo + textura fina + moderada materia orgánica, tendrá alta humedad disponible. Por el contrario una UT con iguales características que la anterior, excepto suelos de profundidad media, tendrá moderada humedad disponible.

Árboles de decisión de clases de aptitud física. Consiste en combinar los resultados de las tres CuT o RUT; humedad disponible, nutrimentos disponibles y enraizamiento, de manera que expresen las clases de aptitud total de la tierra para los TUT maíz de temporal y ajonjolí en relevo a maíz. Se manejaron cuatro clases de aptitud: 1= apta, 2= moderadamente apta, 3=marginalmente apta y 4=no apta. En la Figura 1 se especifica a manera de ejemplo la elaboración del árbol de decisión para el TUT ajonjolí en relevo a maíz.

Aptitud económica. Con datos de parcelas experimentales y de validación se determinó el rendimiento óptimo para el maíz y ajonjolí en relevo (Vicente, 2005). Este se entiende como el máximo rendimiento obtenido en una UT sin limitaciones para una TUT. Al mismo tiempo se obtuvieron

obtained, with different limitations. With the optimum yield, the proportional yield, which represents the current yield, minus its decrease, was evaluated, by effect of the requisites that damage production. With the valuation of outcomes and incomes, the economic indicators cost-benefit relation, and gross margin were determined to establish four economic types, classified in a similar way to physical aptitude.

Automated land evaluation system

Once the model is built, the data is placed into the ALES system for processing. The result is the definition of types of aptitude of UTs for the TUTs. By means of the interphase between ALES and the IDRISI GIS, images were created corresponding to the outputs of types and subtypes of physical aptitude, economic indicators, CuTs and CTs (León, 1994; Camas, 1995).

RESULTS AND DISCUSSION

Out of the 600 ha that make up both SPRs, 74.8 ha used for agriculture were evaluated, grouped into 22 The soil depth ranges were displayed as follows: 0 to 15 homogeneous,

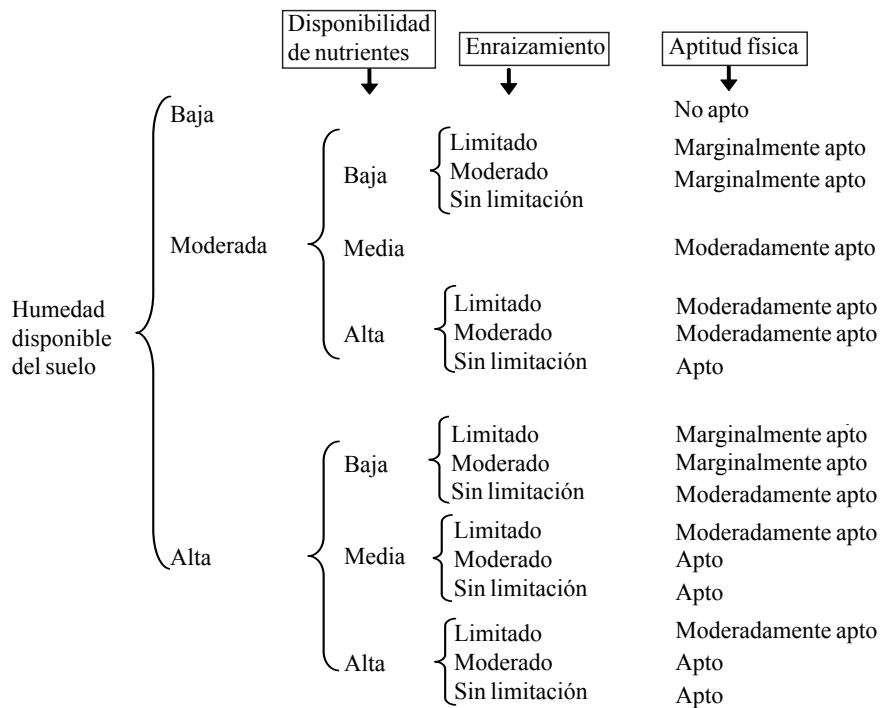


Figura 1. Árbol decisión de aptitud física para el TUT ajonjolí en relevo a maíz.
Figure 1. Decision tree for physical aptitude for the TUT sesame in relay to maize.

los rendimientos para UT con diferentes limitaciones. Con el rendimiento óptimo, se evaluó el rendimiento proporcional, que representa el rendimiento actual, descontado la disminución de este, por efecto de los requisitos que perjudican la producción. Mediante la valoración de los egresos e ingresos, se determinaron los indicadores económicos, relación beneficio-coste y margen bruto, para determinar cuatro clases económicas clasificadas de manera similar a la aptitud física.

Sistema automatizado para la evaluación de tierras

Construido el modelo, se vierten los datos al sistema ALES para su procesamiento. El resultado, es la definición de las clases de aptitud de las UT para los TUT. Mediante la interfase entre ALES y el sistema de información geográfica IDRISI, se generaron imágenes correspondientes a las salidas de clases y subclases de aptitud física, indicadores económicos, CuT y CT (León, 1994; Camas, 1995).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

De las 600 ha que comprenden ambas SPR, se evaluaron 74.8 ha dedicadas a la actividad agrícola, conjuntadas en 22 UT rangos de profundidad del suelo se presentaron de la siguiente manera: 0 a 15 cm en 30% (22.8 ha), 15 a 30 cm en 59% (44 ha) homogéneas geo-referenciadas (Cuadro 2 y Figura 2). Los y suelos con más de 30 cm que son más adecuados en 10.7% (8 ha). Estos resultados concuerdan con los plasmados por Turrent *et al.* (1992) en el mapa de provincias agronómicas para maíz de temporal en Chiapas, donde se indica que los suelos del área de estudio tienen más de 10 cm de profundidad.

geo-referenced UTs (Table 2 and Figure 2). cm in 30% (22.8 ha), 15 to 30 cm in 59% (44 ha) and soils over 30 cm which are more adequate in 10.7% (8 ha). These results agree with those recorded by Turrent *et al.* (1992) in the map of agronomic provinces for seasonal maize in Chiapas, which indicates that the soils of the area of study are over 10 cm deep.

Soil texture; 99% of the area (74.1 ha) is middle texture, 55.6% (41.2 ha) is sandy-clay loam, 23.9% (17.7 ha) is clay loam and 20.5% (15.2 ha) is loamy texture. Only 0.7 ha have a sandy loam texture. All these types of textures were considered appropriate for maize and sesame growing.

In 32% of the area (24.2 ha) there is a moderate acidity and in 30% (22.8 ha), acid soils, which are limiting for the growth of both crops (Malik *et al.*, 1992; López *et al.*, 1999; Joaquín, 2003). Only 37% (27.8 ha) of the area showed neutral soils considered appropriate for growing these crops.

In terms of organic matter (MO), 42.8% (32 ha) showed a low content (<1.5%) and 41.4% (31 ha), moderate (>1.5-3%). Amounts >3% were observed in 11.7 ha. In regard to soil characteristics (depth, acidity and organic matter), around a third of the evaluated area shows moderate levels and a similar proportion for low levels.

The conditions of total nitrogen in the soil are even more critical, since 62% (46.5 ha) shows low levels. This suggests a tendency to lower soil fertility, and hence its productivity. In this sense Nieuwkoop *et al.* (1992) mentions that in the area of study, once lands become open to agricultural uses with traditional systems that keep the soil uncovered, the latter undergo a deterioration process, due to the effect of the erosion that causes a loss in organic matter in the arable layer.

Cuadro 2. Determinación de unidades de tierra homogéneas.

Table 2. Determining units of homogeneous land.

UT homogéneas	UT que integran	Superficie (ha)	Profundidad (cm)	pH	MO (%)	N total (%)	P Olsen (ppm)	Textura
1	1	3	15-30	6.5-7.3	1.5-3	0-0.08	> 11	F
2	11, 32, 33	6.7	0-15	< 5	0-1.5	0-0.08	5.5-11	Fra
3	12	4.5	15-30	< 5	1.5-3	0.08-0.15	> 11	Fra
4	14	0.6	15-30	< 5	> 3-5	> 0.15	> 11	Fra
5	15, 24	5.6	15-30	< 5	1.5-3	0-0.08	> 11	Fra
6	17, 19, 28	5.5	0-15	< 5	1.5-3	0.08-0.15	> 11	Fr

MO= materia orgánica; N= nitrógeno; P= fósforo; F= franco; Fra= franco arcillo-arenoso; Fr= franco arcilloso; Fa= franco arenoso.

Cuadro 2. Determinación de unidades de tierra homogéneas (continuación).
Table 2. Determining units of homogeneous land (continuation).

UT homogéneas	UT que integran	Superficie (ha)	Profundidad (cm)	pH	MO (%)	N total (%)	P Olsen (ppm)	Textura
7	18	5.2	0-15	5-6.5	> 3-5	> 0.15	5.5-11	Fr
8	2	2.1	15-30	> 5-6.5	0-1.5	0-0.08	> 11	F
9	20	2.1	0-15	5-6.5	1.5-3	0.08-0.15	5.5-11	Fra
10	21	5.9	15-30	5-6.5	> 3-5	> 0.15	5.5-11	Fr
11	22	1	> 30	5-6.5	1.5-3	0-0.08	> 11	Fra
12	23	1.1	0-15	5-6.5	1.5-3	0-0.08	> 11	Fr
13	26	2.3	> 30	5-6.5	0-1.5	0-0.08	> 11	F
14	27	0.7	> 30	5-6.5	1.5-3	0.08-0.15	> 11	Fra
15	29	0.3	0-15	< 5	1.5-3	0-0.08	> 11	Fra
16	3, 8, 13, 25	10.4	15-30	< 5	0-1.5	0-0.08	> 11	Fra
17	30	0.7	0-15	< 5	1.5-3	0-0.08	> 11	Fa
18	31	4	> 30	< 5	0-1.5	0-0.08	> 11	F
19	4, 5, 10	5.4	15-30	< 5	0-1.5	0-0.08	5.5-11	Fra
20	6	1.2	0-15	< 5	0-1.5	0-0.08	> 11	Fra
21	7, 16	3.8	15-30	5-6.5	1.5-3	0.08-0.15	> 11	F
22	9	2.7	15-30	< 5	1.5-3	0-0.08	5.5-11	Fra

MO= materia orgánica; N= nitrógeno; P= fósforo; F= franco; Fra= franco arcillo-arenoso; Fr= franco arcilloso; Fa= franco arenoso.

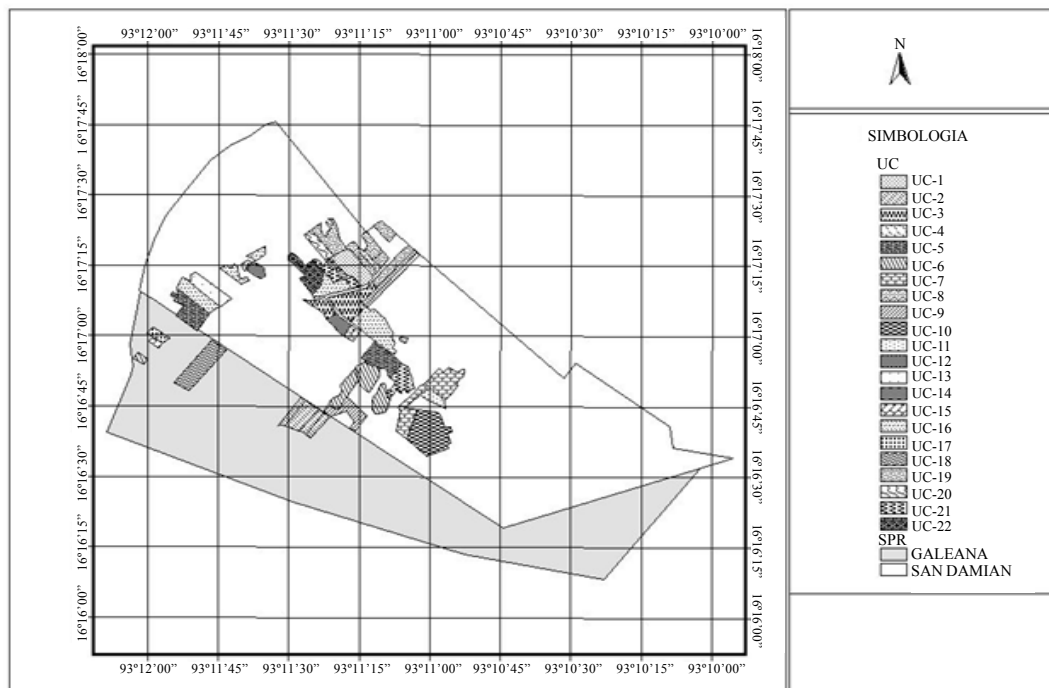


Figura 2. Unidades de tierra homogéneas de las SPR San Damián y Galeana.
Figure 2. Units of homogeneous land of the SPRs San Damián and Galeana.

La textura del suelo; 99% del área (74.1 ha) es textura media, 55.6% (41.2 ha) es franco arcillo-arenosa, 23.9% (17.7 ha) es franco arcillosa y 20.5% (15.2 ha) es textura franca. Únicamente 0.7 ha presentaron textura franco arenosa. Todas estas clases de textura se consideran apropiadas para los cultivos de maíz y ajonjolí.

En 32% del área (24.2 ha) se presentó acidez moderada y en 30% (22.8 ha) suelos ácidos, que resultan limitantes para el desarrollo de ambos cultivos (Malik *et al.*, 1992; López *et al.*, 1999; Joaquín, 2003). Únicamente 37% (27.8 ha) del área presentó suelos neutros considerados como apropiados para el desarrollo de los cultivos.

Con relación a la materia orgánica (MO), el 42.8% (32 ha) presentó un contenido bajo (<1.5%) y 41.4% (31 ha) moderada (>1.5-3%). Cantidades >3% se presentaron en 11.7 ha. Con respecto a las características del suelo; profundidad, acidez y materia orgánica, alrededor de un tercio del área evaluada presenta niveles moderados y una proporción similar para niveles bajos.

Las condiciones de nitrógeno total en el suelo, son aún más críticas ya que 62% (46.5 ha) presenta niveles bajos. Lo anterior, sugiere que existe una tendencia a la pérdida de la fertilidad del suelo y por ende en la productividad del mismo. En este sentido Nieuwkoop *et al.* (1992) menciona que en la zona de estudio, una vez abiertas las tierras al uso agrícola bajo sistemas tradicionales que mantienen el suelo descubierto, estas se ven sujetas a un proceso de deterioro, por efecto de la erosión que ocasiona pérdida de la materia orgánica en la capa arable.

No se determinaron UT con niveles críticos para fósforo, presentándose 37.4% del área total (28 ha) con cantidades moderadas (5.5-11 ppm), y altas (>11 ppm) en 62.5% (46.8 ha). Esto coincide con López *et al.* (1999), quien menciona que los suelos de la zona no presentan limitantes en fósforo que restrinjan el buen desarrollo y rendimiento del maíz.

Evaluación física y económica para el TUT maíz de temporal

Para el TUT maíz de temporal, del área evaluada, el 2.3% (1.7 ha) es físicamente apta con rendimientos de 4.5 t ha⁻¹; el 28.2% (21.1 ha) es moderadamente apta con rendimiento de 3.1 a 3.4 t ha⁻¹. La mayor parte del área no cumple con los RUT definidos para el maíz, siendo

No UTs were noticed with critical levels for phosphorous, with 37.4% of the total area (28 ha) displaying moderate (5.5-11 ppm), and high amounts (>11 ppm) in 62.5% (46.8 ha). This agrees with López *et al.* (1999), who states that the soils in the area do not show phosphorous limitations that constrain the maize's proper development and yield.

Physical and economic evaluation for the seasonal maize TUT

For the TUT of seasonal maize, out of the area evaluated, 2.3% (1.7 ha) is physically apt, with yields of 4.5 t ha⁻¹; 28.2% (21.1 ha) is moderately apt, with a yield of 3.1 to 3.4 t ha⁻¹. Most of the area does not comply with the RUTs established for maize, with 50.3% (37.6 ha) marginally apt and 19.2% (14.4 ha) not apt (Table 3). This is evident for UTs with restrictive characteristics for TUT, such as low effective soil depth and a highly acidic pH (<5), which according to López *et al.* (1999) mainly affects the plants' roots and, along with low nutrient availability, reduce the production of maize.

For the economic evaluation, there was a greater area apt and moderately apt, in regard to that obtained for physical aptitude. This is due to the best reference price achieved by maize in 2006, helps some UTs with a moderate and marginal physical aptitudes become economically apt and moderately apt, respectively. In this way, 19.2% (14.4 ha) of the surface turned out to be economically apt and 61.5% (46 ha) with a moderate economic aptitude, including all UTs with a marginal physical aptitude. Finally, 19.2% (14.4 ha) of the surface was not apt.

Physical and economic evaluation for TUT sesame in relay to maize

Regarding physical aptitude, what was considered as apt was 2.3% (1.7 ha) surface with a yield of 750 kg ha⁻¹, moderately apt was 42.5% (31.8 ha) with 510 to 600 kg ha⁻¹, marginally apt 44.6% (33.4 ha) with 300 kg ha⁻¹; and not apt 10.6% (7.9 ha) (Table 3). For the economic evaluation, there is a similar amount of hectares with a marginal aptitude or no aptitude to those presented for physical aptitude. In terms of the economic aptitude, there were 25 ha, which represent an increase of 23.3 ha with respect to apt physical aptitude, since UTs 1, 3, 4, 5, 10 and 21 of moderate physical aptitude show a yield of 600 kg ha⁻¹, which helps reach this aptitude level. Finally, there were 8.4 ha with a moderate economic aptitude.

50.3% (37.6 ha) marginalmente apta y 19.2% (14.4 ha) no apta (Cuadro 3). Lo anterior es evidente para las UT que presentan características restrictivas para el TUT, como son la baja profundidad efectiva del suelo y a la presencia de pH fuertemente ácidos (<5), que de acuerdo a López *et al.* (1999) afecta principalmente el enraizamiento de las plantas y junto a la baja disponibilidad de nutrimentos, ocasionan merma en la producción de maíz.

In both TUTs there is an equal surface with an apt physical aptitude (1.7 ha). For the marginal and not apt physical aptitude, there is a decrease in both with the TUT in relay sesame in regard to seasonal maize. This is because UTs 6, 15 and 17, which are not apt, and UTs 3, 4 and 5, that are marginally apt for maize, become moderately apt for sesame (Table 4). The behavior of sesame to show more favorable aptitude levels in comparison to maize is due to the

Cuadro 3. Aptitud física y económica del maíz de temporal y ajonjolí en relevo.
Table 3. Physical and economic aptitude of seasonal maize and sesame in relay.

UT homogéneas	Superficie (ha)	TUT maíz de temporal		TUT ajonjolí en relevo a maíz			
		Rendimiento (t ha ⁻¹)	Aptitud física	Aptitud económica	Rendimiento (t ha ⁻¹)	Aptitud física	Aptitud económica
1	3	3.42	2	S1	600	2	S1
2	6.7	0	4	S4	0	4	S4
3	4.5	2.6	3	S2	600	2	S1
4	0.6	2.6	3	S2	600	2	S1
5	5.6	2.6	3	S2	600	2	S1
6	5.5	0	4	S4	510	2	S2
7	5.2	3.1	2	S2	510	2	S2
8	2.1	2.6	3	S2	300	3	S3
9	2.1	3.1	2	S2	510	2	S2
10	5.9	3.4	2	S1	600	2	S1
11	1	4.5	1	S1	750	1	S1
12	1.1	3.1	2	S2	510	2	S2
13	2.3	2.7	3	S2	300	3	S3
14	0.7	4.5	1	S1	750	1	S1
15	0.3	0	4	S4	510	2	S2
16	10.4	2.6	3	S2	300	3	S3
17	0.7	0	4	S4	510	2	S2
18	4	2.7	3	S2	300	3	S3
19	5.4	2.6	3	S2	300	3	S3
20	1.2	0	4	S4	0	4	S4
21	3.8	3.4	2	S1	600	2	S1
22	2.7	2.6	3	S2	300	3	S3

1= apta; 2= moderadamente apta; 3= marginalmente apta; 4= no apta; S1= apto; S2= moderadamente apto; S3= marginalmente apta; S4= no apto.

Para la evaluación económica, se obtuvo mayor cantidad de área apta y moderadamente apta respecto a la obtenida en la aptitud física. Lo anterior se debe, a que el mejor precio de referencia que alcanzó el maíz en 2006, permite que algunas UT con aptitud física moderada y marginal pasen a ser económicamente aptas y moderadamente aptas respectivamente. De esta manera, 19.2% (14.4 ha) de la superficie resultó ser económicamente apta y 61.5% (46 ha)

sesame plant being more rustic, with fewer nutritional and humidity requirements to express its productive potential (Finol, 2001; Ucan *et al.*, 2007).

The fact that UTs 2 and 20 in 7.9 ha were not apt for both types of land use is considered to be caused by low availability of nutrients that prevail in these UTs, characterized by strongly acidic pH (<5) and lo MO content (<1.5%).

con aptitud económica moderada, incluyendo a todas las UT con aptitud física marginal. Finalmente el 19.2% (14.4 ha) de la superficie resultó no apta.

Evaluación física y económica para TUT ajonjolí en relevo a maíz

Respecto a la aptitud física, se determinó como apto 2.3% (1.7 ha) superficie con un rendimiento de 750 kg ha⁻¹, moderadamente apto 42.5% (31.8 ha) de 510 a 600 kg ha⁻¹, marginalmente apto 44.6% (33.4 ha) de 300 kg ha⁻¹; y no apto 10.6% (7.9 ha) (Cuadro 3). Para la evaluación económica, se presenta similar cantidad de hectáreas marginalmente aptas y no aptas a las presentadas para aptitud física. En lo que concierne a la aptitud económica apta, se presentan 25 ha, representando un incremento de 23.3 ha respecto a la aptitud física apta, debido que las UT 1, 3, 4, 5, 10 y 21 de aptitud física moderada presentan un rendimiento de 600 kg ha⁻¹, el cual permite alcanzar ese nivel de aptitud. Finalmente se obtienen 8.4 ha con aptitud económica moderada.

Se observa que en ambos TUT se presenta igual superficie con aptitud física apta (1.7 ha). Para la aptitud física marginal y no apta, existe un decremento de ambas con el TUT ajonjolí en relevo, respecto a maíz de temporal. Lo anterior se debe que las UT 6, 15 y 17 que resultan ser no aptas y las UT 3, 4 y 5 que son marginalmente aptas para maíz, pasan a ser moderadamente aptas para ajonjolí (Cuadro 4). Este comportamiento del ajonjolí en presentar niveles más favorables de aptitud respecto al maíz, se debe que la planta de ajonjolí es más rústica, con menores requerimientos nutricionales y de humedad, para expresar su potencial productivo (Finol, 2001; Ucan *et al.*, 2007).

To eliminate these restrictions, and to increase land productivity in the future, whitewashing soils is recommended, along with the use of legumes, such as canavalia, dolicos and nescafe beans, that contribute with organic matter and biologically fixed nitrogen (Bohlool *et al.*, 1990; Cherr *et al.*, 2006; Quiroga *et al.*, 2006; Camas, 2007). Another way is to find alternatives that are compatible with the characteristics that are currently restrictive to the evaluated TUTS, such as establishing species resistant to acidity and low fertility.

The UTs with a marginal physical aptitude, but moderate economic aptitude, although they may bring attractive monetary income, may cause sustainability problems after consecutive farming cycles due to the constant exhaustion of natural resources. To avoid this, fertility recovery practices must be implemented in the system, involving, first of all, the management of residues under a system of minimum or no tillage, which contribute to maintaining residual humidity, vital for sesame (Marcano *et al.*, 1994).

Confronting true yields and simulated yields

Yields calculated using the expert system resembles those obtained in experimental and validation parcels (Table 5). For this reason, the evaluations carried out using the model developed can be considered valid for applying in lands in the area similar to the area studied.

CONCLUSIONS

The model created with the automated land evaluation system (ALES), based on the land evaluation scheme

Cuadro 4. Comparación de la aptitud de las unidades cartográficas a los tipos de uso.

Table 4. Comparison of aptitude of cartographic units to types of use.

Nivel de aptitud	TUT maíz de temporal				TUT ajonjolí en relevo			
	AF (ha)	UT	AE (ha)	UT	AF (ha)	UT	AE (ha)	UT
Apto	1.7	11, 14	14.4	1, 10, 11, 14, 21	1.7	11, 14	25.1	1, 3, 4, 5, 10, 11, 14, 21
Moderadamente apto	21.1	1, 7, 9, 10, 12, 21	46	3, 4, 5, 7, 8, 9, 12, 13, 16, 18, 19, 22	31.8	1, 3, 4, 5, 7, 9, 10, 12, 21	8.4	7, 9, 12
Marginalmente apto	37.6	3, 4, 5, 8, 13, 16, 18, 19, 22	0	0	33.4	8, 13, 16, 18, 6, 19, 22, 15, 17	33.4	13, 16, 18, 19, 8, 22, 6, 15, 17
No apto	14.4	2, 6, 15, 17, 20	14.4	2, 6, 15, 17, 20	7.9	2, 20	7.9	2, 20

AF= aptitud física; UT= unidades de tierra que corresponden a cada aptitud; AE= aptitud económica.

Las UT 2 y 20 en 7.9 ha que resultaron no aptas para ambos tipos de uso de la tierra, se considera que es debido a la baja disponibilidad de nutrimentos que prevalecen en esas UT, caracterizados por la presencia de pH fuertemente ácidos (<5) y bajo contenido MO (<1.5%).

Para eliminar estas restricciones y a futuro lograr incrementar la productividad de la tierra, se sugiere realizar el encalado de suelos y adicionalmente el establecimiento de leguminosas como canavalia, dolicos y frijol nescafe que contribuyen con aportes de materia orgánica y nitrógeno fijado biológicamente (Bohloul *et al.*, 1990; Cherr *et al.*, 2006; Quiroga *et al.*, 2006; Camas, 2007). Otra forma, es buscar alternativas que sean compatibles con las características que actualmente son restrictivas para los TUT evaluados, como el establecimiento de especies tolerantes a acidez y condiciones de baja fertilidad.

Las UT con aptitud física marginal, pero con aptitud económica moderada, aunque aportan atractivas ganancias económicas, pueden ocasionar problemas de sostenibilidad después de ciclos consecutivos de producción por el agotamiento constante de los recursos naturales. Para evitarlo, deben integrarse al sistema, prácticas de recuperación de fertilidad de suelos que involucren en primer orden, el manejo de residuos de cosecha bajo un sistema de mínima o cero labranza que coadyuven además a la mayor conservación de la humedad residual, de vital importancia para el ajonjolí (Marcano *et al.*, 1994).

Confrontación de los rendimientos reales con los simulados

Los rendimientos calculados mediante el sistema experto se asemejan a los obtenidos en parcelas experimentales y de validación (Cuadro 5). Por lo cual se considera que

by FAO helped define physical and economic aptitude of lands for growing maize and sesame in relay to maize.

With the model created, an establishment of seasonal maize and of sesame in relay of maize can be planned for an intensive and sustainable use of intermediate terrace soils.

Out of the total area evaluated, 80.7%, with maize in monoculture, can the land use be intensified, using sesame as a relay crop.

End of the English version



las evaluaciones realizadas por el modelo desarrollado, pueden considerarse válidos de aplicar en tierras de la región semejantes al área de estudio.

CONCLUSIONES

El modelo generado con el sistema automatizado de evaluación de tierras (ALES), basado en el esquema de evaluación de tierras de la FAO permitió definir la aptitud física y económica de la tierra, para el cultivo de maíz de temporal y ajonjolí en relevo a maíz.

Con el modelo generado es posible realizar una planificación del establecimiento del maíz de temporal y del ajonjolí en relevo a maíz, para el uso intensivo y sostenible de los suelos de terraza intermedia.

Del área total evaluada, 80.7% cultivada con maíz en monocultivo, puede intensificarse el uso de la tierra estableciendo ajonjolí en relevo.

Cuadro 5. Rendimiento simulado y real de algunas unidades cartográficas para los dos tipos de uso de la tierra.
Table 5. Simulated and true yields of some cartographic units for both types of land use.

Unidad de tierra Productor cooperante	Maíz de temporal		Ajonjolí de relevo	
	Rendimiento real (kg ha ⁻¹)	Rendimiento simulado (kg ha ⁻¹)	Rendimiento real (kg ha ⁻¹)	Rendimiento simulado (kg ha ⁻¹)
UT1 San Damián (2005)	3 250	3 420	680	600
David Torres 1 (2006)	4 350	4 500	690	750
David Torres 2 (2006)	4 250	4 500	640	750
René Camas 1 (2006)	4 400	4 500	770	750
René Camas 2 (2006)	4 445	4 500	655	600
Quebrajachal (2005)	4 250	4 600	690	750

LITERATURA CITADA

- Bohlool, B. B.; Ladha, J. K. y Garrity, D. P. 1990. Biological nitrogen fixation for sustainable agriculture. A perspective. *Plant and Soil*. 141:1-11.
- Camas, G. R. 1995. Desarrollo de un modelo para la evaluación automatizada de tierra con énfasis en la conservación de los recursos naturales en la Frailesca, Chiapas, México. Tesis de Magíster Scientiae. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. Turrialba, Costa Rica.
- Camas, G. R.; Turrent, F. A.; Cadena, I. P.; Villar, S. B.; Quiroga, M. R. R. y López, H. J. C. 2007. Uso intensivo y sostenible de suelos de terraza intermedia con especies en relevo a maíz en regiones de muy buena y buena productividad. Campo Experimental Centro de Chiapas. INIFAP. Ocozocoautla, Chiapas. Folleto técnico. Núm. 7. 28 p.
- Cherr, C. M.; Scholberg, J. M. S. y Sorley, R. M. 2006. Green manure approaches to crop production. *Agron. J.* 98:302-319.
- Coutiño, E. B.; Sánchez, G. G. y Vidal, V. A. 2004. El uso de semilla F2 de híbridos de maíz en La Frailesca, Chiapas reduce el rendimiento y las ganancias netas. *Rev. Fit. Mex.* 27(3):261-266.
- Finol, M. E. A. 2001. Efecto del déficit de humedad del suelo sobre el desarrollo del ajonjolí (*Sesamum indicum* L.). *Rev. Fac. Agron.* 18:1-12.
- García, M. E. 1981. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. 3^{ra} Edición. Universidad Nacional Autónoma de México. Instituto de Geografía. Distrito Federal, México. 252 p.
- Joaquín, T. I. C. 2003. Manual para producir ajonjolí en la tierra caliente de Guerrero y Michoacán. Campo Experimental Iguala. INIFAP. Iguala, Guerrero, México. Folleto técnico. Núm. 6. 32 p.
- León, P. C. 1994. Evaluación de tierras en la cuenca superior del río Reventazón, Costa Rica: aplicación de un sistema automatizado ALES. Tesis de Magíster Scientiae. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. Turrialba, Costa Rica.
- López, L. A.; Villar, S. B.; López, B. W.; Zamarripa, M. A.; Turrent, F. A.; Garrido, R. E.; López, M. J.; Betanzos, M. E. y Camas, G. R. 1999. Manual de diagnóstico de prescripción para el cultivo de maíz en el estado de Chiapas. Campo Experimental Centro de Chiapas. INIFAP. Ocozocoautla, Chiapas. Publicación especial. Núm. 5. 292 p.
- Malik, N. A.; Arugh, O. H. y Ramzan, M. 1992. Effect of row spacing and fertility levels on quantity and quality of *Sesamun indicum* L. *J. Agric.* 30(2):213-219.
- Marcano, L. F.; Ohep, C.; Lugo, J. y Marquez, G. 1994. Efecto de diferentes prácticas de manejo del suelo y el comportamiento del cultivo de ajonjolí (*Sesamum indicum* L.) en la colonia agrícola de Turen, estado Portuguesa. *Bioagro.* 6(2):46-58.
- Nieuwkoop, V. M.; López, B. W.; Zamarripa, M. A.; Cadena, I. P.; Villar, S. B. y Piedra, C. R. 1992. Uso y conservación de los recursos naturales en La Frailesca, Chiapas. Un diagnóstico. CIMMYT. México. 47 p.
- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). 1976. Esquema para la evaluación de tierras. Roma, Italia. 66 p.
- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). 1985. Directivas: evaluación de tierras para la agricultura en secano. Roma, Italia. Boletín de suelos de la FAO. Núm. 52. 228 p.
- Pandey, C. S.; Singh, D. P.; Prasad, S. D. y Sharma, M. N. 1981. Intercropping under rainfed conditions in north Bihar. *Indian Farming.* 31(1):17-18.
- Quiroga, M. R. R.; Ponce, D. P.; Pinto, R. R.; Alonso, B. R. A.; Velasco, Z. M. E.; Zuart, M. J. L.; Camas, G. R. y Soto, P. M. L. 2006. La asociación de cultivos maíz-canavalia: ventajas agroecológicas y económicas. Universidad Autónoma de Chiapas. Tuxtla Gutiérrez, Chiapas. 46 p.
- Rossiter, D. G.; Jiménez, T. A. y Van Wambeke, A. 1995. Sistema automatizado para la evaluación de tierras. ALES. Versión 4.5. Cornell University, Ithaca. Manual para usuarios. 105 p.
- Turrent, F. A.; López, L. A.; Villar, S. B.; De la Piedra, C. R.; López, B. W.; Zamarripa, M. A.; Maldonado, M. J.; Aveldaño, S. R. y Ortiz, V. M. 1992. Provincias agronómicas de las tierras de labor para maíz en el estado de Chiapas. Campo Experimental Centro de Chiapas. INIFAP. Ocozocoautla, Chiapas.
- Ucan, K.; Killi, F.; Gencoglan, C. and Merdun, H. 2007. Effect of irrigation frequency and amount on water use efficiency and yield of sesame (*Sesamum indicum* L.) under field conditions. *Field Crops Research.* 101:249-258.
- Van, L. A. J.; Bouma, J. and Groot, W. J. M. 1992. A mixed qualitative/quantitative physical land evaluation methodology. *Geoderma.* 55:37.
- Vicente, T. M. E. 2005. Evaluación del sistema de producción ajonjolí (*Sesamun indicum* L.) en relevo a maíz (*Zea mays* L.) en terrazas intermedias en Villaflores, Chiapas. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma de Chiapas. Villaflores, Chiapas, México.