

Productividad y rentabilidad potencial del café (*Coffea arabica* L.) en el trópico mexicano*

Potential productivity and profitability of coffee (*Coffea arabica* L.) in Mexican tropic

José Antonio Espinosa-García¹, Jesús Uresti-Gil^{2§}, Alejandra Vélez-Izquierdo¹, Georgel Moctezuma-López³, Diana Uresti-Durán², Sergio Fernando Góngora-González y Héctor Daniel Inurreta-Aguirre²

¹CENID FyMA-INIFAP. Carretera a Colón, km 1. CP. 76190. Ajuchitlán, Querétaro. Tel. 01 419 2920249. (espinosa.jose@inifap.gob.mx; velez.alejandra@inifap.gob.mx). ²C. E. Cotaxtla-INIFAP. Carretera Veracruz-Córdoba, km. 34.5. CP. 94270. Medellín de Bravo, Veracruz. Tel. 01 800 088 2222. (uresti.jesus@inifap.gob.mx; uresti.diana@inifap.gob.mx; inurreta.daniel@inifap.gob.mx). ³CENID COMEF- INIFAP. Av. Progreso No. 5, Barrio Sta. Catarina. Delegación Coyoacán, CP. 04010, México, D. F. Tel: 01 55 36268700. (moctezuma.georgel@inifap.gob.mx). ⁴C. E. Mococho- INIFAP. Carretera Merida-Motul, km 25. CP. 97454. Mococho, Yucatán. Tel: 01 9919162215. (gongora.sergio@inifap.gob.mx). [§]Autor para correspondencia: uresti.jesus@inifap.gob.mx.

Resumen

Con el objetivo de identificar el potencial del cultivo del café a nivel de unidad de respuesta hidrológica (URH), cuenca y estado, considerando el rendimiento y la relación beneficio costo (R/B/C), se realizó este trabajo, en los principales estados productores de las Región Tropical de México. Para ello se simuló y cartografió el rendimiento potencial de grano de café cereza en 9 estados del Sur-sureste de México y se identificaron las áreas con mayor potencial para el cultivo. Asimismo, se estimaron los costos de establecimiento, de producción e ingresos del paquete tecnológico y se evaluó la rentabilidad financiera del cultivo para cada región identificada. Los resultados muestran que el cultivo de café es rentable cuando se produce más de 4 500 kg de café cereza por ha. Se identificaron 381 000 ha con potencial para producir café, ubicadas en Veracruz, Puebla, Oaxaca y Chiapas, siendo la región de Veracruz la que presentó el mayor rendimiento de 9 t ha⁻¹, y una R/B/C de 1.48. Se concluye que los rendimientos medios de café e indicadores de rentabilidad estimados permiten ubicar regiones con potencial para incrementar la superficie, la producción y la competitividad actual de este cultivo.

Abstract

In order to identify the potential of coffee cultivation at hydrologic response unit (HRU) level, basin and state, considering yield and cost-benefit ratio (R/B/C), this work was performed in the major producing states from the Tropical Regions of Mexico. To do so it was simulated and mapped the potential yield for cherry coffee bean in 9 states from South-southeast Mexico and identified the areas with the greatest potential for cultivation. Also, establishment costs, production and revenues from the technological package were estimated and the financial profitability of the crop for each region was evaluated. The results show that coffee is profitable when produced more than 4 500 kg of cherries coffee per hectare. Identifying 381 000 has with potential to produce coffee, located in Veracruz, Puebla, Oaxaca and Chiapas, where the Veracruz region had the highest yield of 9 t ha⁻¹, and R/B/C of 1.48. It is concluded that the average yields of coffee and estimated profitability indicators allow locating regions with potential to increase the area, production and current competitiveness of the crop.

Palabras clave: *Coffea arabica* L., potencial productivo, potencial económico, trópico húmedo.

Keywords: *Coffea arabica* L., economic potential, humid tropics, productive potential.

Introducción

El café (*Coffea arabica* L.) es originario de Etiopía, su introducción en México fue alrededor de 1790 (Medina *et al.*, 2016), es una plantación con un periodo pre-productivo de aproximadamente tres años, con una vida productiva que puede alcanzar hasta 40 años, se cultiva en altitudes sobre el nivel del mar que oscilan entre 900 y 1 500 m, con una precipitación pluvial de 750 a 3 000 mm, temperaturas de entre 16 °C y 22 °C (Ojien *et al.*, 2010). Existen más de 500 000 caficultores localizados en 12 estados del país, minifundistas la mayoría, dado que cerca 90% de ellos poseen superficies menores a cinco hectáreas (Flores, 2015). Se cultivan 700 000 ha, siendo Chiapas, Veracruz, Puebla y Oaxaca, los principales estados productores que en conjunto aportan cerca de 90% de la producción (SIAP, 2016).

La mayor parte de la producción de café se genera en el trópico mexicano, dado que esta región presenta condiciones agroecológicas apropiadas para el desarrollo de cultivos perennes, a pesar de estas condiciones, la producción de café ha venido disminuyendo en los últimos años al pasar de 1 836 882.5 t en 2000 a 1 166 025.8 t en 2014, que representa una caída de casi 3.7% promedio anual (SIAP, 2016), datos que muestran la crisis de la producción de café en México. De acuerdo con Imagen agropecuaria (2016), Ortega y Ramírez (2013) y Temis *et al.* (2011) las causas de esta crisis son la presencia del hongo de la roya y la plaga de la broca, el envejecimiento de los cafetales, la falta de programas y de políticas públicas efectivas así como los bajos precios internacionales del café. Situación que induce a los productores de café a abandonar la actividad para migrar a otras actividades económicas (Ortega y Ramírez, 2013).

A pesar de esta problemática las perspectivas para este cultivo son alentadoras, dado que los productores se enfrentan a una ventana de oportunidad ante el crecimiento del consumo del café a nivel mundial, de acuerdo con cifras de OIC (2016), el consumo per cápita de café en México creció a una tasa promedio anual de 0.6% durante el periodo de 2012 a 2015, además de que existe un crecimiento de la demanda de café con atributos éticos (Aragón *et al.*, 2013), por lo tanto urge ubicar nuevas áreas de producción con criterios de productividad y rentabilidad.

Introduction

Coffee (*Coffea arabica* L.) is a native of Ethiopia, its introduction to Mexico was around 1790 (Medina *et al.*, 2016), is a plantation with a pre-production period of about three years, with a productive life that can reach up to 40 years, grown at altitudes above sea level ranging from 900 and 1 500 m, with a rainfall of 750 to 3 000 mm, temperatures between 16 °C and 22 °C (Ojien *et al.*, 2010). There are more than 500 000 coffee growers located in 12 states of the country, mostly small farmers; nearly 90% of them have less than five hectares (Flores, 2015). 700 000 ha are cultivated, being Chiapas, Veracruz, Puebla and Oaxaca, the main producing states which together account for about 90% of production (SIAP, 2016).

Most of coffee production is generated in the Mexican tropics, since this region has appropriate agro-ecological conditions for the development of perennial crops, despite these conditions, coffee production has been declining in recent years, from 1 836 882.5 t in 2000 to 1 166 025.8 t in 2014, representing a drop of almost 3.7% per year (SIAP, 2016), data showing the crisis of coffee production in Mexico. According to Imagen agropecuaria (2016), Ortega and Ramírez (2013) and Temis *et al.* (2011) the causes of this crisis are the presence of rust fungus and borer pest, aging of coffee plantations, lack of programs and effective public policies thus low international coffee prices. This situation leads coffee producers to leave the business to migrate to other economic activities (Ortega and Ramírez, 2013).

Despite these problems, the perspectives for this crop are encouraging, since producers are facing a window of opportunity to the growth of coffee consumption globally, according to figures from OIC (2016), per capita consumption of coffee in Mexico grew at an average annual rate of 0.6% during the period 2012-2015, in addition there is a growing demand for coffee with ethical attributes (Aragón *et al.*, 2013), therefore it is necessary to locate new production areas with productivity and profitability criteria.

By using agro-ecological simulation models that are spatially explicit, it is possible to obtain information on coffee yield (Gálvez *et al.*, 2010), allowing to identify

Mediante el uso de modelos de simulación agroecológicos que sean espacialmente explícitos, es posible obtener información sobre el rendimiento de café (Gálvez *et al.*, 2010), que permita identificar áreas con potencial para el establecimiento de plantaciones comerciales, como lo es el Soil and Water Assessment Tool (SWAT), que es un modelo matemático de simulación dinámica (Neitsch *et al.*, 2005), desarrollado inicialmente para modelación hidrológica que permite simular la producción de agua y sedimentos en cuencas hidrográficas, considerando el efecto que las prácticas agronómicas tienen en la calidad del agua por el uso de pesticidas y fertilizantes. (Rivera *et al.*, 2012), gracias a un interfaz con SIG (ArcSWAT), se puede utilizar para estimar rendimientos de cultivos perennes usando información agroclimática (Inurreta *et al.*, 2013).

Realizar un análisis de la viabilidad técnica y económica de una actividad agropecuaria, genera información de gran utilidad para los tomadores de decisiones, así como para los productores, como lo han hecho Barrera *et al.* (2011), en un estudio sobre rentabilidad de vainilla y Espinosa *et al.* (2015), para el cultivo de cacao. Los análisis de este tipo se fortalecen si se combina con información de paquetes tecnológicos, de datos agroclimáticos, de variables de mercado de insumos y del producto. Por lo tanto el objetivo del estudio fue identificar superficie con potencial productivo y económico para establecer plantaciones de café a nivel de unidad de respuesta hidrológica (URH), cuenca y por estado en la región del trópico húmedo mexicano.

Material y métodos

El trabajo se realizó en 48 cuencas hidrológicas, que abarcan una extensión de 50.7 millones de ha, distribuidas en nueve estados de la región Sur-sureste de México: Campeche, Chiapas, Guerrero, Oaxaca, Puebla, Quintana Roo, Tabasco, Veracruz y Yucatán. Para simular los rendimientos del café, las 48 cuencas se dividieron en 816 sub cuencas y 7 154 URH, posteriormente, se estimó la rentabilidad potencial de las URH con mayor rendimiento.

Simulación del rendimiento

Se llevó a cabo utilizando el modelo de simulación SWAT con su extensión ArcSWAT dentro del interfaz ArcGIS 9.3. Debido a que el SWAT es un modelo hidrológico que trabaja a nivel de cuenca, fue necesario acondicionar el área

areas with potential for the establishment of commercial plantations, as it is the soil and water assessment tool (SWAT), which is a mathematical model of dynamic simulation (Neitsch *et al.*, 2005), initially developed for hydrological modeling that allows to simulate water and sediment production in watersheds, considering the effect that agronomic practices have on water quality by the use of pesticides and fertilizers. (Rivera *et al.*, 2012), thanks to an interface with GIS (ArcSWAT), can be used to estimate yields of perennial crops using agro-climatic information (Inurreta *et al.*, 2013).

Performing an analysis of technical and economic viability of an agricultural activity generates useful information for decision makers as well as for producers, as Barrera *et al.* (2011) has done it in a study on profitability of vanilla and Espinosa *et al.* (2015), for the cultivation of cocoa. Analyses of this type are strengthened when combined with information from technological packages, agro-climatic data, market variables of input and output. Therefore the aim of the study was to identify areas with productive and economic potential to establish coffee plantations at hydrologic response unit (HRU), basin and state level in the region from the Mexican humid tropics.

Material and methods

The work was performed in 48 basins, covering an area of 50.7 million hectares, distributed in nine states from the South-southeast region of Mexico: Campeche, Chiapas, Guerrero, Oaxaca, Puebla, Quintana Roo, Tabasco, Veracruz and Yucatan. To simulate coffee yields, the 48 basins were divided into 816 sub basins and 7154 HRU, subsequently the potential profitability of HRU's with higher yield was estimated.

Yield simulation

It was performed using the simulation model SWAT with its extension ArcSWAT within the ArcGIS 9.3 interface. Because SWAT is a hydrologic model that works at basin level, it was necessary to condition the study area to perform the simulation at the level of this hydrologic unit (Inurreta *et al.*, 2013), the basin to simulate was divided into sub-basins using topographic information from a digital elevation model (DEM) and a map of surface runoff. In each sub-basin were identified areas with the same interval slope,

de estudio para realizar la simulación a nivel de esta unidad hidrológica (Inurreta *et al.*, 2013), la cuenca a simular se dividió en subcuencas, utilizando información topográfica proveniente de un modelo de elevación digital (DEM) y un mapa de escurrimientos superficial. En cada subcuenca se identificaron áreas con el mismo intervalo de pendiente, tipo de suelo y uso actual del suelo, llamadas URH's. El mapa de pendientes es generado por el SWAT a partir del DEM, en cambio los mapas edafológico y de uso actual del suelo fueron tomados del INEGI con una escala de 1:250 000 e ingresados al sistema.

En el modelo se utilizó información climática, de suelo, de fisiología del café y de prácticas de manejo, para simular el desarrollo del café, estimar su rendimiento a nivel de URH y expresar el resultado cartográficamente. Este modelo consta de ocho componentes: a) clima; b) hidrología; c) nutrientes y pesticidas en el suelo; d) erosión del suelo; e) crecimiento de plantas y cobertura del suelo; f) prácticas de manejo; g) procesos en el canal principal de drenaje; y h) cuerpos (almacenamiento) de agua.

La información climática se extrajo de una base de datos de 1 145 estaciones provenientes del SMN, las cuales contaban con información climática completa de por lo menos 10 años. Con esta información y usando el generador climático del modelo EPIC (Sharply y Williams, 1990), se generaron las estadísticas climáticas y posteriormente los datos diarios para el periodo 1912-2010. La información edafológica para caracterizar las subclases de suelo del mapa de INEGI, se obtuvo a partir de un reporte de este mismo INEGI con datos de campo de 1 247 pozos agrológicos. La información faltante se generó a partir de las siguientes fuentes: las propiedades hidráulicas y el factor de erosión del suelo (ecuación universal de pérdida del suelo), fueron calculados de acuerdo a la textura según Colín *et al.* (2013) y Ramírez *et al.* (2009) y el albedo fue calculado a partir de la materia orgánica del suelo, aplicando una ecuación de regresión obtenida de la información original del SWAT con 202 suelos con albedo y materia orgánica. Los parámetros fisiológicos del cultivo requeridos por el modelo se presentan en el Cuadro 1. El manejo agronómico fue elaborado de acuerdo a (Méndez, 2011; Themis *et al.*, 2011).

Estimación del potencial económico

Se aplicó la metodología de evaluación de proyectos de tipo agrícola a largo plazo (Gittinger, 1982), mediante la estimación de los indicadores de rentabilidad: relación

soil type and current land use, called HRU's. The slope map is generated by SWAT from DEM, however edaphological and current land use maps were taken from INEGI with a 1: 250 000 scale and fed into the system.

In the model were used climate, soil, coffee physiology and management practices information to simulate the coffee growth, estimate its yield at HRU level and cartographically express the result. This model consists of eight components: a) climate; b) hydrology; c) nutrients and pesticides in soil; d) soil erosion; e) plant growth and ground cover; f) management practices; g) processes in the main drainage channel; and h) water bodies (storage).

Climate information was extracted from a database of 1 145 stations from the SMN, which had full climate information of at least 10 years. With this information and using the weather generator from EPIC model (Sharply and Williams, 1990), generated weather statistics and subsequently daily data for the period 1912-2010. The edaphological information to characterize soil subclasses from the INEGI map was obtained of a report from INEGI with data field from 1 247 agrológic wells. The missing information was generated from the following sources: the hydraulic properties and soil erosion factor (universal soil loss equation) were calculated in relation to texture according to Colín *et al.* (2013) and Ramírez *et al.* (2009), and the albedo was calculated from the organic matter in the soil, applying a regression equation obtained from the original information of SWAT with 202 albedo soils and organic matter. Crop physiological parameters required by the model are presented in Table 1. Agronomic management was prepared according to (Méndez, 2011; Themis *et al.*, 2011).

Estimation of economic potential

The methodology to evaluate long term agricultural projects (Gittinger, 1982) through the estimation of profitability indicators: cost/benefit ratio (RB/C), net present value (VAN), internal rate of return (TIR) at HRU level, whose mathematical expressions are presented below (Coss, 1984).

$$RB/C = \frac{\sum_{i=1}^n \frac{FI}{(1+i)^i}}{\sum_{i=1}^n \frac{FC}{(1+i)^i}}$$

$$VAN = \sum_{i=1}^n \frac{FI - FC}{(1+i)^i}$$

$$TIR = \sum_{i=1}^n \frac{FI - FC}{(1+i)^i} = 0$$

beneficio/costo (RB/C), valor actual neto (VAN), tasa interna de rentabilidad (TIR), a nivel de URH, cuyas expresiones matemáticas se presentan a continuación (Coss, 1984).

$$RB/C = \frac{\sum_{t=1}^n \frac{FI}{(1+i)^t}}{\sum_{t=1}^n \frac{FC}{(1+i)^t}}$$

$$VAN = \sum_{t=1}^n \frac{FI - FC}{(1+i)^t}$$

$$TIR = \sum_{t=1}^n \frac{FI - FC}{(1+i)^t} = 0$$

Donde: FC es el flujo de costos de producción, FI es el flujo de ingresos, i es la tasa de actualización y n número de años de la plantación.

Where: FC is the flow of production costs, FI is the revenue flow, i is bank rate and n plantation age.

FC and FI were estimated from the technical coefficients per hectare from the technological package proposed by López (2011) and Themis *et al.* (2011), considering the crop horizon of 15 years using the following formulas:

$$FC = TCoE_1 + \left[\sum_{i=1}^{n=15} CoFP + CoVP \right]$$

Where: TCoE₁ is the total cost of plantation establishment in year 1, calculated by the sum of inputs amount used for the establishment of one hectare of coffee by their respective average market price in the states of

Cuadro 1. Parámetros fisiológicos del cultivo de café usados para simular su rendimiento con el modelo SWAT.
Table 1. Physiological parameters of coffee used to simulate its yield with the SWAT model.

Parámetro fisiológico	Unidades	Valor	Fuente
Eficiencia en el uso de la radiación	(kg ha ⁻¹)/(MJ m ⁻²)	10	Jaramillo <i>et al.</i> (2006)
Índice de área foliar máxima	m ² hoja/m ² terreno	1.35	Ramírez <i>et al.</i> (2009)
Índice de cosecha	Adimensional	0.15	Montoya <i>et al.</i> (2009)
Temperatura optima	°C	30	Arcilla <i>et al.</i> (2007)
Temperatura base	°C	10	Arcilla <i>et al.</i> (2007)
Altura mínima sobre el nivel del mar	(m)	600	Moguel y Toledo (2004)
Altura máxima sobre el nivel del mar	(m)	1 600	Moguel y Toledo (2004)

Los FC y FI se estimaron a partir de los coeficientes técnicos por hectárea del paquete tecnológico propuesto por López (2011) y Temis *et al.* (2011), considerando el horizonte del cultivo de 15 años, aplicando las siguientes fórmulas:

$$FC = TCoE_1 + \left[\sum_{i=1}^{n=15} CoFP + CoVP \right]$$

Donde: TCoE₁ es el costo total de establecimiento de la plantación en el año 1, calculado por la sumatoria de la cantidad utilizada de los insumos para el establecimiento de una ha de café por su respectivo precio promedio de mercado en los estados de Chiapas, Veracruz, Puebla y Oaxaca en el año 2014; CoFP en el costo fijo de producción del año uno al año 15, calculado por la sumatoria de los costos de depreciación de la plantación (TCoE menos el valor de rescate, entre los 15 años de vida útil) y costos de administración (3% de los ingresos por venta de café) y CoVP es el costo variable de producción del año uno al año 15, calculado por la sumatoria de las diferentes cantidades de insumos para la operación y mantenimiento de la

Chiapas, Veracruz, Puebla and Oaxaca in 2014; CoFP in the fixed cost of production from year 1 to year 15, calculated by the sum of depreciation costs of the plantation (TCoE minus the salvage value, by the 15-year life) and management costs (3% of income from coffee sales) and CoVP is the variable cost of production of year 1 to year 15, calculated by the sum of the different amounts of inputs for operation and maintenance of the plantation by their respective average market price from the states of Chiapas, Veracruz, Puebla and Oaxaca, during 2014.

$$FI = \left[\sum_{i=3}^{n=15} Pxkg * RCxha \right] + Pxmad * Qmad_{25}$$

Where: Pxkg is the market price of coffee cherries from year 3 to 15, RCxha is the coffee cherry yield per ha, Pxmad is the market price of wood in year 15 and Qmad is the amount of timber sold in year 15. the market price of coffee cherries was estimated with data from ICO (2016), whose original values are given in cents per pound of green coffee, therefore

plantación por su respectivo precio promedio de mercado de los estados de Chiapas, Veracruz, Puebla y Oaxaca, durante en el año 2014.

$$FI = \left[\sum_{t=3}^{n=15} P_{xkg} * RC_{xha} \right] + P_{xmad} * Q_{mad25}$$

Donde: P_{xkg} es el precio de mercado de café cereza del año tres al 15, RC_{xha} es el rendimiento del café cereza por ha, P_{xmad} es el precio de mercado de la madera en el año 15 y Q_{mad} es la cantidad de madera vendida en el año 15. El precio de mercado de café cereza se estimó con datos del ICO (2016), cuyos valores originales están dados en centavos de dólar por libra de café verde, por lo tanto se convirtieron a pesos mexicanos por kilogramos de café cereza, aplicando el factor de conversión de 0.1841 kg de café verde por kilogramo de café cereza, los precios de la madera son precios corrientes promedio de los estados de Chiapas, Veracruz, Puebla y Oaxaca, durante el año 2014.

En razón de que los costos de establecimiento de producción, y los ingresos corresponden al periodo de vida del proyecto, se llevaron a valor presente aplicando una tasa de actualización de 10.4%, propuesta por el Banco Mundial como el costo de oportunidad del capital para proyectos de inversión pública para México (Coppola *et al.*, 2014). El estudio de potencial económico se complementó con un análisis de sensibilidad, considerando tres escenarios: i) disminución del precio del café, considerando el precio internacional, bajo el supuesto de que en el largo plazo el precio del mercado nacional disminuya; ii) incremento en el precio del fertilizante, por ser uno de los insumos de mayor porcentaje en la estructura del costo variable, causado por un incremento general de precios de acuerdo a la tendencia de la inflación a nivel nacional; y iii) la combinación de las dos situaciones anteriores, disminución del precio del café y aumento del precio del fertilizante que se considera el caso más crítico.

Resultados y discusión

Potencial productivo del cultivo de café

La superficie con potencial para producir el cultivo se presenta en la Figura 1, en el área de color verde, amarillo, naranja y rojo se podría producir café cereza con un rendimiento superior al promedio nacional, que para el periodo 2000- 2014 fue de 2 000.2 kg ha⁻¹ de café cereza (SIAP, 2016) o 368.23 kg ha⁻¹ de café verde, dado que un kg de café cereza es igual a

converted to Mexican pesos per kilogram of coffee cherries, applying the conversion factor 0.1841 kg of green coffee per kilogram of coffee cherry, timber prices are current average prices from the states of Chiapas, Veracruz, Puebla and Oaxaca during 2014.

Since establishment, production costs and income correspond to the lifetime of the project; these were taken to their current value using a bank rate of 10.4%, proposed by the World Bank as the opportunity cost of capital for public investment projects in Mexico (Coppola *et al.*, 2014). The study of economic potential was complemented with a sensitivity analysis, considering three scenarios: i) decrease in coffee price, considering the international price, assuming that in the long term the domestic market price decrease; ii) increase in fertilizer price, as one of the inputs of higher percentage in the structure of variable cost, caused by a general increase in prices according to the trend of inflation at national level; and iii) the combination of the above two situations, decline in coffee prices and increase of fertilizer price which is considered the most critical case.

Results and discussion

Productive potential of crop of coffee

The surface with potential to produce the crop is presented in Figure 1, in the green, yellow, orange and red area could be produced coffee cherries with higher yield than the national average, which for the period 2000-2014 was 2 000.2 kg ha⁻¹ of coffee cherry (SIAP, 2016) or 368.23 kg ha⁻¹ of green coffee, since a kg of coffee cherries is equal to 0.1841 kg of green coffee (Flores, 2015). Although the competitive potential is to produce coffee placing areas above the world average, for the same period was 691 kg ha⁻¹ of green coffee (FAO, 2016), equivalent to 3 753.4 kg ha⁻¹ of coffee cherry, in Figure 1, it is observed that there are about 1.896 million ha with competitive potential, located in the states of Veracruz, Puebla, Chiapas and Oaxaca, an area 2.5 times higher than that planted of coffee now throughout the country, which is 737 376.5 ha (SIAP, 2016).

The distribution of the surface by yield level of coffee cherry on the main states with potential is shown in Table 2, where can be seen that on 32% of the regional surface can produce

0.1841 kg de café verde (Flores, 2015). Aunque el potencial competitivo es producir café ubicando áreas superiores al promedio mundial, que para el mismo periodo fue de 691 kg ha⁻¹ de café verde (FAO, 2016), equivalente a 3 753.4 kg ha⁻¹ café cereza, en la Figura 1, se observa que son cerca de 1 896 000 ha con potencial competitivo, localizadas en los estados de Veracruz, Puebla, Chiapas y Oaxaca, superficie 2.5 veces mayor a la sembrada actualmente de café en todo el país, que es de 737 376.5 ha (SIAP, 2016).

La distribución de la superficie por nivel de rendimiento de café cereza en los principales estados con potencial se presenta en el Cuadro 2, en donde se aprecia que 32% de la superficie regional se puede producir café, siendo Guerrero el que mayor superficie se detectó, aunque sus rendimientos con menores que el resto de estados. Veracruz es el de menor porcentaje de superficie con potencial, sin embargo en este estado es donde se encuentra las regiones con mayores rendimientos, por ello a pesar de ocupar el tercer lugar en superficie sembrada, ocupa el segundo lugar en producción nacional (SIAP, 2016), el otro estado que le sigue en superficie potencial para obtener altos rendimientos es Puebla, por ello ocupa el tercer lugar en producción nacional. A nivel mundial los rendimientos mayores de café los obtiene Vietnam y Brasil con 10 y 6 t promedio de café cereza respectivamente (Flores, 2015), rendimientos que se pueden obtener en Chiapas, Oaxaca, Puebla y Veracruz.

coffee, being Guerrero where greater surface was detected, although with lower yields than other states. Veracruz has the lowest percentage of surface with potential, however this state has the regions with higher yields, therefore despite occupying the third place in planted area, ranks second in domestic production (SIAP, 2016), and the other state that follows in surface with potential for showing high yields is Puebla, therefore ranks third in domestic production. Globally the highest coffee yields are obtained by Vietnam and Brazil with an average of 10 and 6 t of coffee cherries respectively (Flores, 2015), yields that can be obtained in Chiapas, Oaxaca, Puebla and Veracruz.

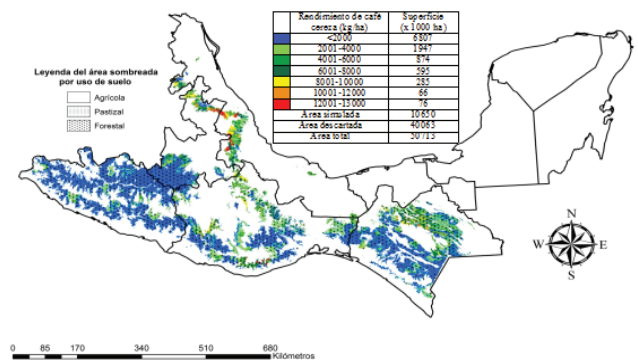


Figura 1. Superficie con potencial para producir café en el sur-sureste de México.
Figure 1. Surface with potential to produce coffee in the South-Southeast of Mexico.

Cuadro 2. Distribución de la superficie (miles de ha) con potencial para producir café.
Table 2. Distribution of the surface (thousands of ha) with potential to produce coffee.

Estado	Rendimiento de café cereza (t)							Superficie con potencial (%)
	<2	2.1-4	4.1-6	6.1-8	8.1-10	10.1-12	12.1-13	
Chiapas	1 714	630	221	277	103	12	5	40
Guerrero	2 833	309	43	0	0	0	0	50
Oaxaca	1 457	779	342	156	59	15	11	31
Puebla	738	119	92	64	53	15	18	32
Veracruz	65	107	173	99	71	23	42	8
Total	6 807	1,944	871	596	286	65	76	32

Fuente: estimaciones realizadas aplicando el modelo SWAT.

Si México quiere aprovechar las ventajas comparativas que representan algunas regiones, debería producir café en 1 millón de ha en donde se podrían obtener rendimientos superiores a 6 000 kg de café cereza ha⁻¹, para obtener rendimientos similares a los obtenidos en Brasil que es el principal productor en el mundo (Flores, 2015). Pero no basta ser competitivo, sino que hay que conservar los recursos

If Mexico wants to use the comparative advantages that some regions represent, it should produce coffee in 1 million ha where could obtain yields greater than 6 000 kg of coffee cherries ha⁻¹, to obtain similar yields to those from Brazil which is the main producer in the world (Flores, 2015). But it is not enough to be competitive, but to conserve natural resources, to do so it is proposed to

naturales, para ello se plantea descartar las 641 000 ha cuyo uso actual del suelo es forestal (Cuadro 3) y proponer establecer café en 381 mil ha restantes.

discard the 641 000 ha whose current land use is forest (Table 3) and to establish coffee in the remaining 381 000 ha.

Cuadro 3. Uso actual del suelo en la superficie con mayor potencial para producir café.

Table 3. Current land use in the area with greater potential to produce coffee.

Estado	Superficie con rendimiento de 6-13 toneladas	Uso actual del suelo		
		Agrícola	Ganadero	Forestal
Chiapas	397 000	86 000	39 000	271 000
Oaxaca	241 000	14 000	8 000	220 000
Puebla	150 000	84 000	12 000	52 000
Veracruz	235 000	91 000	47 000	98 000
Total	1 023 000	275 000	106 000	641 000

Fuente: estimaciones realizadas aplicando el modelo SWAT.

Las cuencas hidrológicas con mayor extensión con potencial para producir café son las de los Río Grijalva y Lacantun, ambas en el estado de Chiapas comprenden 578 URH y la de Río Papaloapan, que comprende los estados de Puebla, Oaxaca y Veracruz, con 158 URH (Cuadro 4). La cuenca donde se pueden obtener los mayores rendimientos de 9 000 kg ha⁻¹ es la de Río Jamapa y otros, le sigue en importancia la del Río Astata y otros y la del Río Nautla y otros.

Watersheds with greater length with potential to produce coffee are the Grijalva and Lacantun River, both in the state of Chiapas, comprising 578 HRU and Papaloapan River, comprising the states of Puebla, Oaxaca and Veracruz, with 158 HRU (Table 4). The basin where the highest yields can be obtained 9 000 kg ha⁻¹ is in the Jamapa River and others, followed in importance by the Astata River and others and Nautla River and others.

Cuadro 4. Superficie con mayor potencial para producir café por cuenca hidrológica.

Table 4. Surface with the greater potential to produce coffee, per hydrologic basin.

Cuenca	Superficie (ha)	URH	Rendimiento (t ha ⁻¹)	Estados
Río Grijalva	197 578	246	7.3	Chiapas
Río Lacantún	189 073	332	7.8	Chiapas
Río Papaloapan	163 629	158	7.9	Oaxaca, Puebla y Veracruz
Río Jamapa y otros	89 372	99	9	Veracruz
Río Nautla y otros	79 495	225	8.7	Puebla y Veracruz
Río Atoyac	75 029	137	7.6	Puebla y Oaxaca
Río Copalita y otros	43 000	179	8.3	Oaxaca
Río Tuxpan	38 733	179	7.7	Puebla y Veracruz
Río Cazones	29 553	123	8	Puebla y Veracruz
Río Astata y otros	14 965	67	8.9	Oaxaca
Río Colotepec y otros	14 091	33	8.7	Oaxaca
Río Coatzacoalcos	12 091	4	6.7	Oaxaca y Veracruz
Río Moctezuma	10 608	56	8.4	Veracruz
Otras 10 cuencas	65 781	148	7	Chiapas y Oaxaca
Total	1 023 000	1 986		

Fuente: estimaciones realizadas aplicando el modelo SWAT.

Los resultados presentados muestran la utilidad de estimar rendimientos y con ello ubicar superficie con potencial productivo, como lo hicieron Rivera *et al.* (2012), para el cultivo de yuca (*Manihot esculenta* Crantz) en el estado de Tabasco, donde, mediante las variables: clima, suelo, temperatura, precipitación pluvial, altitud, fotoperiodo y periodo de crecimiento, pudieron localizar 171 121 hectáreas potenciales en Huimanguillo, 70 386 en Balancán y 41 337 en Macuspana, información relevante para el diseño de políticas de apoyo al desarrollo de un cultivo en una región.

Potencial económico del cultivo

Obtener altos rendimientos no es una condición suficiente para tomar la decisión de producir, se requiere además que el cultivo sea rentable, para conocer este dato se valoraron los coeficientes técnicos del paquete tecnológico, en los Cuadros 5 y 6 se presentan respectivamente las inversiones y los costos de operación de una ha de café durante la vida útil de la plantación. Como se observa en el Cuadro 5, se requiere invertir más de 26 mil pesos por ha para establecer un plantación, siendo el material vegetativo el que representa el mayor valor con 57%.

Cuadro 5. Costo de establecimiento de la plantación de café.
Table 5. Establishment cost of coffee plantation.

Actividades	Unidad	Cantidad	Valor (\$)	
			Unitario	Total
Desmante	Jornales	20	150.00	3 000.00
Subsoleo	Servicio	1	1 200.00	3 000.00
Barbecho	Servicio	1	1 200.00	1 200.00
Rastreo	Servicio	2	600.00	1 200.00
Material vegetativo café	Unidades	2 500	6.00	15 000.00
Mano de obra	Jornales	30	150.00	4 500.00
Material vegetativo para sombra de café	Unidades	340	5.00	1 700.00
Total				26 100.00

En cuanto a los costos de operación, se aprecia en el Cuadro 6 que en el año 1, los costos son menores debido principalmente a que el cultivo esta en desarrollo y aun no hay producción, también la cantidad de fertilizante aplicado es menor debido al tamaño de las plantaciones, los costos se van incrementando cada año, hasta alcanzar el valor de \$24 136.28 en el año 6 y así se mantienen hasta el año 15 el mayor concepto de costo es el de cosecha, le sigue en importancia la fertilización, esta

The results presented show the usefulness of estimating yields and thereby locate surface with productive potential, as Rivera *et al.* (2012) did, for the cultivation of cassava (*Manihot esculenta* Crantz) in Tabasco, where, by the variables: climate, soil, temperature, rainfall, altitude, photoperiod and growth period, were able to locate 171 121 potential hectares in Huimanguillo 70 386 in Balancán and 41 337 in Macuspana, relevant information for the design of policies to support the development of a culture in a region.

Economic potential of the crop

Obtaining high yields is not enough condition to take the decision to produce, it is also requires crop profitability, to know this information the technical coefficients from the technological package were valued, Tables 5 and 6 show the investments and operation costs of an hectare of coffee during the lifetime of a plantation respectively. As seen in Table 5, it is required to invest more than \$26 000 pesos per hectare to establish a plantation, being the vegetative material the highest value with 57%.

As for operating costs, Table 6 shows that in year 1 costs are lower, mainly because the crop is growing and there is no production, also the amount of fertilizer applied is

lower due to plantation size, costs start increasing each year, to reach the value of \$24 136.28 in year 6, and they continue until year 15, the highest concept of cost is harvest, followed in importance by fertilization, this cost structure is similar to that reported by López and Caamal (2009). To operation costs were added \$1 392.00 per year for plantation depreciation, plus administration costs that vary according to yield.

estructura de costos es similar a la reportada por López y Caamal (2009). A los costos de operación se le sumaron \$1 392.00 por año por depreciación de la plantación, más los costos de administración que varían de acuerdo al rendimiento.

To complete the estimate of profitability indicators is necessary to estimate the income of the plantation, which are determined by two variables: yield and price of coffee, the first is taken from the estimated productive potential, whose value depends on the agro-ecological region as can

Cuadro 6. Costos variables de producción de café.

Table 6. Variable costs of coffee production.

Actividades	Unidad	Precio (\$)	Año 1		Año 6 (cultivo estabilizado)	
			Cantidad	Valor (\$)	Cantidad	Valor (\$)
Fertilizantes	(kg)	8.03	249.65	2 004.69	676	5 428.28
Control de malezas	(L)	122	4	488.00	4	488
Control de enfermedades	(kg)	320	0	0	3.5	1 120
Aplicación fertilización	Jornales	150	8	1 200.00	16	2 400
Control de malezas	Jornales	150	20	3 000.00	15	2 250
Control de enfermedades	Jornales	150	0	0	5	750
Otras labores culturales	Jornales	150	7	1 050.00	8	1 200
Cosecha	Jornales	150		0	70	10 500
Total				7 742.69		24 136.28

Para completar la estimación de los indicadores de rentabilidad, se requiere estimar los ingresos de la plantación, los cuales están determinados por dos variables: rendimiento y precio del café, el primero es tomado del potencial productivo estimado, cuyo valor depende de la región agroecológica como se puede observar en la Figura 1. Para el caso del precio, no existe un solo valor, dado que el café no es un producto homogéneo, como se puede observar en la Figura 2, donde se presenta el comportamiento del precio en los últimos 16 años, de los tres tipos de café arábicas predominantes en el mundo, mas el precio indicativo compuesto, señalado por ICO (2016), como un indicador del precio de todos los tipos de café, en la misma Figura 2 se presenta el precio medio rural del café en México, en donde se observa que tiene un comportamiento similar al precio internacional aunque son menores en 30% promedio, como lo menciona CEDRSSA (2014), por ello el precio del café considera en el estudio es de \$6.08 por kilogramo. Con la información de costos e ingresos se estimó y actualizó el flujo de efectivo para los 15 años, lo que a su vez permitió estimar los indicadores de R B/C, VAN y TIR.

Los resultados muestran que el rendimiento mínimo que una plantación de café requiere para que un productor empiece a tener ganancia es de 4 500 kg de café cereza ha⁻¹, con los cuales se obtiene una R B/C de 1, un VAN de 0 y una TIR de 10.4%, igual a la tasa de actualización, que son

be seen in Figure 1. in the case of price, there is no single value, because coffee is not an homogeneous product, as shown in Figure 2, where can be seen the price behavior from the last 16 years, of the three predominant types of Arabica coffee in the world, plus the indicator price indicated by ICO (2016), as an indicator price of all coffee types, in the same Figure 2 are presented the average rural price of coffee in Mexico, where it can be seen that it has a similar behavior to international price, although are lower by 30% on average, as mentioned by CEDRSSA (2014), so coffee price considered in the study is \$6.08 per kilogram. With cost and revenue information estimated and updated the cash flow for 15 years, which in turn allowed estimating the R B/C, VAN and TIR indicators.

The results show that the minimum yield that a coffee plantation requires for a producer to start having profits is 4 500 kg of coffee cherries ha⁻¹, with which a R B/C of 1, a VAN of 0 and a TIR of 10.4%, equal to the bank rate, which are the conditions of equilibrium (Gittinger, 1974), therefore, plantations earning returns above this amount are profitable, situation that is not currently happening since the national average was just 1 670 kg ha⁻¹ in 2014 (SIAP, 2016), this result confirms the approach from CEDRSSA (2014), stating that coffee production has decreased its yield by disease problems and high production costs.

las condiciones de equilibrio (Gittinger, 1974), por lo tanto, plantaciones que obtienen rendimientos superiores a esta cantidad son rentables, situación que no acontece actualmente dado que el promedio nacional fue de apenas 1 670 kg ha⁻¹ en 2014 (SIAP, 2016), este resultado confirma el planteamiento de CEDRSSA (2014), que mencionaba que la producción de café ha disminuido su rendimiento por problemas de enfermedades y por los altos costos de producción.

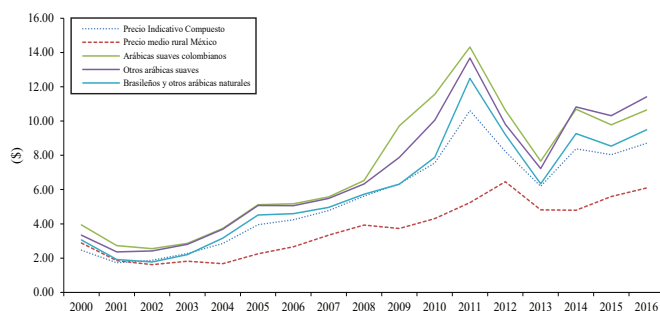
En el Cuadro 7 se presentan los indicadores financieros evaluados en las seis cuencas con mayor superficie con potencial para producir café, se aprecia que en las cuencas del río Jamapa y otros y la del río Nautla y otros se obtienen los mayores rendimientos potenciales, por ello los indicadores financieros son los de mayor valor, aunque en todas las cuencas estos indicadores son favorables, por ello si se establecieran plantaciones de café en estas cuencas los productores obtendrían de 30 a 48 centavos por cada peso invertido, también les permitiría contratar un crédito y pagar una tasa de interés de entre 16% y 28% mayor al costo de oportunidad de capital.

Cuadro 7. Indicadores de rentabilidad de las plantaciones de cacao en los estados con potencial productivo.

Table 7. Profitability indicators of cocoa plantations in states with productive potential.

Cuenca	Superficie (ha)	Rendimiento (t ha ⁻¹)	R B/C	TIR (%)	VAN (\$)
Río Grijalva	197 578	7.3	1.33	28.6	71 269
Río Lacantún	189 073	7.8	1.37	31.7	83 879
Río Papaloapan	163 629	7.9	1.38	32.4	86 402
Río Jamapa y otros	89 372	9	1.48	38.9	114 145
Río Nautla y otros	79 495	8.7	1.45	37.1	106 578
Río Atoyac	75 029	7.6	1.36	30.5	78 835
Otras 17 cuencas	65 781	7	1.3	26.7	63 702

Como se mencionó previamente, el área potencial para producción café es de 381 mil ha (72% agrícola y 28% ganadero), aunque varía por estado, los principales cultivos agrícolas que se siembran actualmente son maíz, caña de azúcar, frijol y café y la producción de carne de bovino en el caso de la ganadería (SIAP, 2016), por tanto la decisión de productor para cambiar el uso actual de suelo se basaría es una expectativa de ganancia mayor a la que obtiene actualmente. En un estudio realizado en México por Domínguez *et al.* (2010), menciona que los cereales son menos rentables que las frutas y hortalizas, sin embargo también requieren de menor inversión, por lo que el riesgo también es menor.



Fuente: estimación con datos de ICO, 2016 y SIAP, 2016.

Figura 2. Precios de café cereza en México y en el mundo. (Valores en pesos mexicanos).

Figure 2. Coffee cherry price in Mexico and the world. (In Mexican pesos).

Table 7 presents the financial indicators assessed in six basins with the largest area with potential to produce coffee, it shows that in the basins from Jamapa river and others and from the Nautla river and other have higher potential yields, thus financial indicators are the most valuable, although in all basins these indicators are favorable,

so if coffee plantations were established in these basins producers would get 30 to 48 cents for each peso invested, it would also allow them to hire a credit and pay an interest rate between 16% and 28% higher than the opportunity cost of capital.

As mentioned previously, the area with potential for coffee production is 381 000 ha (72% agricultural and 28% livestock) but varies by state, the main agricultural crops currently grown are corn, sugar cane, beans and coffee the beef production in the case of livestock (SIAP, 2016), so the producer decision to change the current land use would be based is an expectation of higher gain to that currently

En otro estudio donde la producción de café tanto en un sistema tradicional como en la producción orgánica, se incide que la relación beneficio costo es negativa en el sistema tradicional y de 1.15 si se produce café orgánico en el estado de Chiapas (López y Caamal 2013), lo cual confirma la necesidad de establecer plantaciones en superficies productivas y aplicando un paquete tecnológico que asegure rendimientos superiores al promedio nacional. Finalmente Carrera *et al.* (2013), al estudiar el comportamiento de la ganadería de carne durante el periodo de 1980-2009, encontraron que esta actividad ha perdido competitividad. Lo expuesto previamente permite ubicar a la producción de café como una actividad viable para los productores en la región estudiada, aunque se requiere establecer una política de apoyo, tendiente a disminuir el costo financiero de la inversión y promueva un uso intensivo de la mano de obra, como lo sugiere Barrera *et al.* (2011), en un estudio similar.

En el Cuadro 8 se presentan los resultados del análisis de sensibilidad bajo tres escenarios, a) disminución del precio de café de 25%, que es el valor más bajo que hay obtenido los productores de café en México en los últimos 10 años (Figura 2); y b) un incremento del precio del fertilizante de 25%, que fue el valor más alto que se obtuvo en un periodo de 10 años analizados (SE, 2016) y c) una combinación de los dos anteriores. Los indicadores financieros obtenidos muestran un alta sensibilidad a las variaciones de precios del café, dado que una caída del precio de 25%, como sucedió a finales de 2010, algunas cuencas hidrológicas dejan de ser rentables, situación que se agudiza cuando se combina con un incremento en el precio de los insumos.

obtained. In a study conducted in Mexico by Domínguez *et al.* (2010) mentions that grains are less profitable than fruits and vegetables, however it also requires less investment, so the risk is also lower.

In another study where coffee production both in a traditional system and organic production, coincides that the benefit cost is negative in the traditional system and 1.15 if organic coffee is produced in the state of Chiapas (López and Caamal 2013), confirming the need to establish plantations in productive areas and applying a technological package that ensures returns above the national average. Finally Carrera *et al.* (2013), studying the behavior of beef production during the period from 1980 to 2009, they found that this activity has become less competitive. The latter allows placing coffee production as a viable activity for producers in the region studied, although it is necessary to establish a supportive policy, aimed at reducing the financial cost of the investment and promote intensive labor as suggested by Barrera *et al.* (2011), in a similar study.

Table 8 shows the results of the sensitivity analysis under three scenarios, a) decrease in the price of coffee of 25%, which is the lowest value that coffee producers have obtained in Mexico in the last 10 years (Figure 2); and b) an increase in the price of fertilizer by 25%, which was the highest value obtained over a 10 year period analyzed (SE, 2016) and c) a combination of the two. Financial indicators obtained show a high sensitivity to variations in coffee prices since a fall in price of 25%, as happened in late 2010, some watersheds are no longer profitable, situation that is exacerbated when combined with an increase in inputs price.

Cuadro 8. Análisis de sensibilidad de los indicadores de rentabilidad de las plantaciones de cacao en los estados con potencial productivo.

Table 8. Sensitivity analysis of the profitability indicators of cocoa plantations in states with productive potential.

Cuenca	< 25% precio café		> 25% precio fertilizante		< 25% precio cacao y > 25% precio fertilizante	
	R B/C	TIR (%)	R B/C	TIR (%)	R B/C	TIR (%)
Río Grijalva	1.03	11.1	1.3	27.2	1.01	9.9
Río Lacantún	1.06	13.4	1.35	30.3	1.04	12.1
Río Papaloapan	1.07	13.9	1.36	30.9	1.05	12.6
Río Jamapa y otros	1.14	18.8	1.45	37.4	1.12	17.4
Río Nautla y otros	1.12	17.5	1.43	35.7	1.1	16.1
Río Atoyac	1.05	12.5	1.33	29.1	1.03	11.2
Otras 17 cuencas	1	9.8	1.27	25.3	0.98	8.5

En el año 2014 se sembraron 670 316 ha de café en el sur-sureste del país, con una producción 1 084 249 t y un rendimiento de 1.6 t ha⁻¹ (SIAP, 2016), por lo que la superficie potencial de 381 000 ha reportada en los cuatro estados, donde se produciría más de 6 t ha⁻¹, se generaría más del doble de la producción actual, en condiciones rentables y logrando con ello también incrementar los ingresos de los productores de café del país.

Conclusiones

La combinación de información agroclimática, productiva y económica permitió ubicar regiones con rendimientos de grano de café competitivos a nivel mundial y con tasas de rentabilidad mayores al costo de oportunidad del capital, lo que las convierte con alto potencial para establecer plantaciones de café. Principalmente por su importancia en el trópico húmedo de México, y la problemática que enfrenta, por ello se recomienda utilizar la información para el diseño de política tendiente a reactivar la producción de café, logrando con ello incrementar las exportaciones y a la vez aprovechar las oportunidades que actualmente ofrece el mercado internacional, propiciado por el incremento del consumo mundial de café.

Agradecimientos

Los autores agradecen por el financiamiento al Fideicomiso de Riesgo Compartido (FIRCO)- Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA).

Literatura citada

- Aragón, G. C.; Montero, S. M. J.; Araque, P. R. A. y Gutiérrez, G. L. 2013. Evaluación del valor percibido en el consumo de café con atributos éticos. *Agrociencia*. (47):195-207.
- Arcilla, P. J.; Farfán, V. F.; Moreno, B. A. M.; Salazar, G. L. F. y Hincapié, G. E. 2007. Sistemas de producción de café en Colombia. *Cenicafé*. Chinachiná, Cladas, Colombia. 309 p.
- Barrera, R. A. I.; Jaramillo, V. J. L.; Escobedo, G. J. S. y Herrera, C. B. E. 2011. Rentabilidad y competitividad de los sistemas de producción de vainilla (*Vanilla planifolia* J.). *Agrociencia*. 45:625-638.

In 2014, 670 316 ha of coffee were planted in the south-southeast of the country, producing 1 084 249 tons with a yield of 1.6 t ha⁻¹ (SIAP, 2016), so that the area of 381 000 ha with potential has been reported in the four states, which would produce more than 6 t ha⁻¹, it would generate more than twice the current production, under profitable conditions and thereby achieving also to increase the income of coffee farmers in the country.

Conclusions

The combination of agro-climatic, productive and economic information allowed locating regions with globally competitive coffee grain yields and with higher profitability rates than opportunity cost of capital, which makes them with high potential for coffee plantations. Mainly because of its importance in the humid tropic of Mexico, and the problems it faces, therefore it is recommended to use the information to design policies aimed to reactivate coffee production, achieving to increase exports and simultaneously seize the opportunities that international market offers, led by the increase in world coffee consumption.

End of the English version



- Carrera, Ch. B.; Bustamante, L. y Tzatzil, I. 2013. ¿Es la ganadería bovina de carne una actividad competitiva en México?. *Nóesis*. 22(43):19-50.
- CEDRSSA. 2014. Producción y mercado de café en el mundo y en México. Reporte del CEDRSSAR. Cámara de Diputados. México, D. F. 18 p.
- Colín, G. G.; Ibáñez, C. L. A.; Reyes, S. J. y Arteaga, R. R. 2013. Diagnóstico de la erosión hídrica de la Cuenca del Río Pichucalco. *Rev. Ing. Agríc. Bio*. 5(1):23-31.
- Coppola, A.; Fernholz, F. and Graham, G. 2014. Estimating the economic opportunity cost of capital for public investment projects, an empirical analysis of the Mexican case. The World Bank. Policy Research Working Paper 8616. Washington, DC. 41 p.
- Coss, B. R. 1984. Análisis y evaluación de proyectos de inversión. Ed. LIMUSA. México, D. F. 348 p.
- Domínguez, A. R.; Brambila, P. J. J.; Mora, F. S. y Martínez, D. M. A. 2010. Valores críticos para evaluar proyectos agrícolas en escenarios de precios estocásticos. *Rev. Fitotec. Mex*. 33(1):79-83.
- Espinosa, G. J. A.; Uresti, G. J.; Vélez, I. A.; Moctezuma, L. G.; Inurreta, A. H. D. y Góngora, G. S. F. 2015. Productividad y rentabilidad potencial del cacao (*Theobroma Cacao* L.) en el trópico mexicano. *Rev. Mex. Cienc. Agríc*. 6(5):1051-1063.
- FAO. 2016. FAOSTAT. <http://www.fao.org/statistics/es/>. 3/06/2016.

- Flores, V. F. 2015. La producción de café en México: ventana de oportunidad para el sector agrícola de Chiapas. Espacio, Innovación más Desarrollo. (7):175-193.
- Gálvez, G.; Sigarrosa, A.; López, T. y Fernández, J. 2010. Modelación de cultivos agrícolas. Algunos ejemplos. Cultivos Tropicales (Cuba). 31(3):60-65.
- Gittinger, J. P. 1982. Análisis económico de proyectos agrícolas. Instituto de Desarrollo Económico (IDE). Banco Mundial. Tecnos, Madrid, España. 241 p.
- IA. 2015. Debaque cafetalero mexicano. Imagen agropecuaria, visión del campo y los agronegocios. <http://imagenagropecuaria.com/2015/debaque-cafetatera-mexicana/>.
- Inurreta, A. H. D.; García, P. E.; Uresti, G. J.; Martínez, D. J. P. y Ortiz, L. H. 2013. Potencial para producir *Jatropha curcas* L. Como materia prima para biodiesel en el estado de Veracruz. Tropical and Subtropical Agroecosystems. 16:325-339.
- Jaramillo, R. A.; Areila, P. J.; Montoya, R. E. y Quiroga, Z. F. 2006. La radiación solar; consideraciones para su estudio en las plantaciones de café (*Coffea arabica* L.). Meteorol. (10):12-22.
- López, A. A. P. 2011. Paquete tecnológico cacao (*Theobroma cacao* L.). Programa estratégico para el desarrollo rural sustentable de la región sur - sureste de México: Trópico Húmedo 2011. SAGARPA-INIFAP. Huimanguillo, Tabasco. 10 p.
- López, L. E. C. y Caamal, C. I. 2009. Los costos de producción del café orgánico del estado de Chiapas y el precio justo en el mercado internacional. Rev. Mex. Ec. Agríc. Rec. Nat. 2(1):175-198.
- Medina, M. J. A.; Ruiz, N. R. E.; Gómez, C. J. C.; Sánchez, Y. J. M.; Gómez, A. G. y Pinto, M. O. 2016. Estudio del sistema de producción de café (*Coffea arabica* L.) en la región Frailesca, Chiapas. CienciaUAT. 10(2):33-43.
- Méndez, L. I. 2011. Paquete tecnológico café robusta (*Coffea canephora* P.). Establecimiento y mantenimiento. Programa Estratégico para el Desarrollo Rural Sustentable de la Región Sur - Sureste de México: Trópico Húmedo 2011. Rosario Izapa, Chiapas. México. 8 p.
- Moguel, P. y Toledo, V. M. 2004. Conservar produciendo: biodiversidad, café orgánico y jardines productivos. Conabio Biodiversitas. (55):1-7.
- Montoya, R. E. C.; Arcila, P. J.; Jaramillo, R. A.; Riaño, H. N. M. y Quiroga, Z. F. 2009. Modelo para simular la producción potencial del cultivo del café en Colombia. Boletín Técnico No. 33. Cenicafé. Chinachín, Cladas, Colombia. 52 p.
- Neitsch, S. L.; Arnold, J. G.; Kiniry, J. R. and Williams, J. R. 2005. Soil and Water Assessment Tool. Theoretical Documentation. Backland Research Center. Texas Agric. Exp. Center. Texas, USA. 386 p.
- Ojien, V. M.; Dauzat J.; Harmand, J. M.; Lawson, G. and Vaast, P. 2010. Coffee agroforestry system in Central America: II. development of a simple process-based model and preliminary result. Agroforestry System. 80:661-378.
- OIC. 2016. Informe del mercado del café. Nueva York, USA. 5 p.
- Ortega, H. A. y Ramírez, V. B. 2013. Crisis de la cafeticultura y migración en el contexto de pobreza y marginación. El caso de los productores indígenas de Huehuetla, Puebla. Ra Ximhai 9(1):173-186.
- Ramírez, O. F. A.; Hincapié, G. E. y Sadeghian, K. S. 2009. Erodabilidad de los suelos de la zona central cafetera del departamento de caldas. Cenicafé. 60(1):58-71.
- Rivera, H. B.; Aceves, N. L. A.; Juárez, L. J. F.; Palma, L. D. J.; González, M. R. y González, J. V. 2012. Zonificación agroecológica y estimación del rendimiento potencial del cultivo de la yuca (*Manihot esculenta* Crantz) en el estado de Tabasco, México. Avances en Investigación Agropecuaria. 16(1):29-47.
- Rivera, T. F.; Pérez, N. S.; Ibáñez, C. L. L. A. y Hernández, S. F. R. 2012. Aplicabilidad del modelo SWAT para la estimación de la erosión hídrica en las cuencas de México. Agrociencia. 46:101-105.
- SE. 2016. Consulta precios de insumos. <http://www.economia-sniim.gob.mx/nuevo/home.aspx?opcion=consultas/mercadosnacionales/preciosdemercado/agricolas/consultainsumos.aspx?subopcion=9%7c0.3/09/2016>.
- Sharpely, A. N. and Williams, J. R. 1990. EPIC- erosion/productivity impact calculator. USDA. Agricultural Research Service, Technical Bulletin No. 1768, Washington, D.C. EUA. 235p.
- SIAP. 2016. Cierre de la producción agrícola por estado 2014. SIAP-SAGARPA. <http://www.siap.gob.mx/agricultura-produccion-anual>.
- Temis, P. A. L.; López, M. A.; Vigil, M. E. y Sosa, M. M. E. 2011. Producción de café (*Coffea arabica* L.): cultivo, beneficio, plagas y enfermedades. Temas Selectos de Ingeniería de Alimentos. 5(2):54-74.