

Estudio técnico-económico para identificar áreas con potencial para producir piña en el trópico húmedo de México

Alejandra Vélez-Izquierdo¹
José Antonio Espinosa-García¹
Jesús Uresti-Gil^{2§}
José Luis Jolalpa-Barrera³
Jaime Rangel-Quintos²
Diana Uresti-Duran²

¹Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Fisiología y Mejoramiento Animal-INIFAP. Carretera a Colón km 1, Ajuchitlán Colón, Querétaro. CP. 76190. Tel. 419 2920249. (velez.alejandra@inifap.gob.mx; espinosa.jose@inifap.gob.mx). ²Campo Experimental Cotaxtla-INIFAP. Carretera Veracruz-Córdoba km 34.5, Medellín de Bravo, Veracruz. CP. 94270. Tel. 229 2622200. (rangel.jaime@inifap.gob.mx; uesti.diana@inifap.gob.mx). ³Campo Experimental Valle de México-INIFAP. Carretera Los Reyes- Texcoco km 13.5, Coatlinchan, Texcoco, Estado de México. CP. 56250. Tel. 595 9595955. (jolalpa.jose@inifap.gob.mx).

§Autor para correspondencia: uesti.jesus@inifap.gob.mx.

Resumen

Con el objetivo de identificar el potencial productivo y económico del cultivo de piña a nivel de unidad de respuesta hidrológica, cuenca y estado, considerando el rendimiento y la relación beneficio costo (R B/C), se realizó un estudio técnico-económico, en los principales estados productores del Trópico Húmedo de México. Para ello se simuló y cartografió el rendimiento potencial de biomasa aérea total y fruta de piña en nueve 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 mantenimiento e ingresos del paquete tecnológico de malla sombra y se evaluó la rentabilidad financiera del cultivo para cada región identificada. Los resultados muestran que el cultivo de piña es rentable cuando se produce más de 45.8 t ha⁻¹. Se identificaron 596 666 ha con potencial para producir piña, ubicadas en Campeche, Chiapas, Oaxaca, Puebla, Quintana Roo, Tabasco, Veracruz y Yucatán, siendo el estado de Campeche el que presentó el mayor rendimiento (90 t ha⁻¹) y una R B/C de 1.88. Se concluye que la producción de piña es rentable en aquellas regiones que presentan condiciones agroecológicas idóneas para su producción.

Palabras clave: *Ananas comosus*, potencial económico, potencial productivo, trópico húmedo.

Recibido: abril de 2020

Aceptado: julio de 2020

Introducción

El trópico mexicano presenta condiciones agroecológicas apropiadas para el desarrollo de cultivos tropicales como la piña (*Ananas comosus*), fruto que por su agradable sabor y aroma, así como su contenido en vitaminas A, B y C, es altamente demandado en los diversos mercados del mundo (ASERCA, 2010), expresa su máximo potencial de crecimiento en climas subtropicales, cálidos y húmedos, por ello su producción se encuentra principalmente distribuida entre las latitudes 30° latitud norteroN y S (Malézieux *et al.*, 2003). El segundo lugar en la producción mundial de los frutales tropicales, sólo superada por el mango (Uriza *et al.*, 2018), aunque es nativa de Brasil y Paraguay, especialmente de la cuenca del río Paraná (Coppens, *et al.*, 2011). Actualmente los principales países productores son Costa Rica, Brasil, Filipinas y Tailandia (FAOESTAT, 2020).

En México, la piña en el año 2019 se produjo en 14 estados, aunque 80% de la producción se concentra en la región del Bajo Papaloapan, que comprende siete municipios del estado de Veracruz: Isla, Juan Rodríguez Clara, José Azuela, Chacaltianguis, Medellín, Alvarado y Tlaxiaco y dos municipios del estado de Oaxaca: Loma Bonita y Tuxtepec (SIAP, 2020). Tanto la superficie sembrada como la producción de piña ha aumentado al pasar de 13 938 ha y 376 150 t en 1980 a 44 182.9 ha y 1 041 161 t en 2019, que representa una tasa media de crecimiento anual del 3% y 2.6% respectivamente (SIAP, 2020).

A nivel mundial existe una tendencia a incrementar la demanda de piña, con la expectativa de logra el consumo per cápita que actualmente tienen países como América del Norte y la Unión Europea (UE) que es de 2 kg y de 1.3 kg para Japón, los que permite vislumbrar el potencial de crecimiento de la producción, su consumo y el mercado internacional (UNCTAD, 2016), lo cual representa un área de oportunidad para la piña mexicana, por ello urge ubicar nuevas áreas con potencial, de tal manera que los productores y tomadores de decisión promuevan su producción con criterios de productividad y rentabilidad, integrados en un estudio técnico-económico.

Los estudios técnico-económicos combinan indicadores de productividad y rentabilidad, como criterios conjuntos para caracterizar o apoyar la toma de decisiones y se han aplicado a una gran variedad de actividades y procesos productivos, como el realizado por Rodríguez *et al.* (2017) que estimaron el diferencial técnico-económico de los sistemas productivos de guajolotes en el Estado de México para determinar si los sistemas tecnificados obtienen mayor eficiencia técnica y económica que los semitecnificados y de traspatio, que permitió recomendar qué decisiones tienen que tomar los productores de estos últimos sistemas para alcanzar la eficiencia de los tecnificados.

El realizado por Herrera y Andrade (2010) que estimaron indicadores técnicos y económico para tomar la decisión de desarrollar colectores solares planos (CSP) para agua caliente de uso doméstico que puedan ser adquiridos por la mayor parte de la población del estado de Oaxaca y donde recomendaron usar un financiamiento no superior a dos años para adquirir los equipos y que el costo de los mismos sea accesible a la mayoría de la población y así contribuir a mejorar la calidad de vida de la comunidad de esta zona.

El estudio técnico realizado contempla la estimación del rendimiento de la piña, el cual se hace mediante el uso de modelos de simulación agroecológicos que sean especialmente explícitos (Gálvez *et al.*, 2010), que permite 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). Una vez que se tiene información de los rendimientos se integra información de costos de producción e ingresos del cultivo para realizar el estudio económico estimando indicadores de rentabilidad (Gittinger, 1982).

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, Espinosa *et al.* (2015) para el cultivo de cacao, Espinosa *et al.* (2016) para el cultivo de café y Moctezuma *et al.* (2017) para el cultivo de hule. 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 piña a nivel de unidad de respuesta hidrológica (URH), cuenca y por estado en la región del trópico húmedo de México.

Materiales y métodos

Estudio técnico

Se llevó a cabo estimando los rendimientos potenciales de piña fresca en 48 cuencas hidrológicas, divididas en 816 subcuencas y 7 154 unidades de respuesta hidrológica (URH), que abarcan una extensión de 50.7 millones de hectáreas, distribuidas en nueve estados de la región sur-sureste de México: Campeche, Chiapas, Guerrero, Oaxaca, Puebla, Quintana Roo, Tabasco, Veracruz y Yucatán, 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 de estudio para realizar la simulación a nivel de URH (Inurreta *et al.*, 2013), utilizando información topográfica proveniente de un modelo de elevación digital (DEM) y un mapa de escurrimientos superficial (Inurreta *et al.*, 2013). 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 edafológicos 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 y prácticas de manejo de la piña para simular el desarrollo del cultivo, 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 (Sharpley y Williams, 1990), se generaron las estadísticas climáticas y posteriormente los datos diarios para el periodo 1912-2014. 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 con la textura según Colín *et al.* (2013); 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 con Rebolledo *et al.* (1998); Uriza (2011).

Cuadro 1. Parámetros fisiológicos utilizados para estimar el rendimiento potencial de piña.

Parámetro fisiológico	Unidades	Valor	Fuente
Temperatura óptima	(°C)	35	Uriza <i>et al.</i> (2018)
Temperatura base	(°C)	16	Uriza <i>et al.</i> (2018)
Índice de área foliar	[m ² m ⁻²]	8	Milis y Jones (1996)
Eficiencia en uso de la radiación	[(kg ha ⁻¹) (MJ m ⁻²) ⁻¹]	35	Malézieux <i>et al.</i> (2003)
Índice de cosecha	(adimensional)	0.35	Arias y Toledo (2000)
Profundidad de raíces	(m)	0.8	Gutiérrez (2001)
Altura mínima sobre el nivel del mar	(m)	0	Uriza <i>et al.</i> (2018)
Altura máxima sobre el nivel del mar	(m)	300	Uriza <i>et al.</i> (2018)

Estudio económico

Se estimaron los costos de producción de piña, aplicando una encuesta estructurada a productores del sur de Veracruz, durante los meses de octubre y noviembre de 2016. La muestra fue determinada mediante diseño de muestreo de proporciones de varianza máxima (Infante y Zárate, 1990).

$$n = \frac{N p(1 - q)}{(N - 1) \left(\frac{b}{Z_{1-\alpha}} \right)^2 + p(1 - q)}$$

Donde: n= tamaño de la muestra; N= tamaño de la población objetivo, 3 000 productores; β= precisión en porcentaje al 70%; Z_{1-α}; y= valor de confiabilidad al 95%.

La encuesta fue diseñada para recopilar información sobre costos de establecimiento y de mantenimiento de una ha de piña con productores que aplican los paquetes tecnológicos tradicional, malla sobra y acolchado, con base en esta información se estimó el costo total por ha de piña para cada paquete, aplicando el procedimiento de costos operacionales propuesto por Lopes y Dos Santos (2013), sumando el costo de labores manuales y mecanizadas, así como de la compra de insumos de nutrición, protección del cultivo, control de plagas y enfermedades, control de malezas e inducción floral.

Identificación de áreas con potencial productivo y económico

Con los rendimientos estimados se construyó un mapa regional, identificando cinco categorías, superficie con menos de 20, de 20 a 39.9, de 40 a 50.9, de 60 a 79.9, de 80 a 99.9 y más de 100 t ha⁻¹. Igualmente, estos rendimientos permitieron estimar el potencial económico de una plantación de piña, para lo cual 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 beneficio/costo (R B/C); valor actual neto (VAN); tasa interna de rentabilidad (TIR); y a nivel de URH, cuyas expresiones matemáticas se presentan a continuación (Coss, 1984).

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

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

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

Donde: FC= al flujo de costos de producción; FI= al flujo de ingresos; i= a la tasa de actualización; y n= número de años de la plantación. Los FC y FI se estimaron a partir de los datos obtenidos de la encuesta a productores de piña para los paquetes tecnológicos de malla sobra y acolchado, considerando el horizonte de inversión de cinco años, que es el periodo de vida de la malla sombra, aplicando las siguientes fórmulas.

$$FC = TCoE_1 + \left(\sum_{i=1}^{n=5} CoFP + CoVP \right)$$

Donde: TCoE= a el costo total de establecimiento de la plantación en el año 0; CoFP= al costo fijo de producción del año uno al año cinco, calculado por la sumatoria de los costos de depreciación de la malla sombra y costos de administración (3% de los ingresos por venta de piña); y CoVP= al costo variable de producción del año uno al año cinco.

$$FI = \left(\sum_{i=2}^{n=5} P_{xkg} * RP_{xha} \right)$$

Donde: P_{xkg} = al precio promedio de mercado de la piña; y RP_{xha} = al rendimiento estimado de piña. Todos los valores monetarios tanto de costos de los insumos como los precios de la piña se deflactaron con el índice nacional de precios al productor (INEGI, 2020).

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 9.5%, propuesta por el Banco Mundial (BM), 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 la disminución del precio de la piña de 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45 y 50% considerando la gran variabilidad del precio internacional de la piña, bajo el supuesto de que en el largo plazo el precio del mercado nacional disminuya como consecuencia de esta variabilidad.

Resultados y discusión

Rendimiento potencial del cultivo de piña

La superficie con potencial para producir piña se presenta en la Figura 1, en cuatro zonas se podría producir piña con un rendimiento superior al promedio nacional, que es de 35.9 t ha^{-1} Veracruz, Tabasco, Chiapas y Campeche, cantidad ligeramente superior a la superficie sembrada actual de piña, que es de 44 182 ha (SIAP, 2020). Veracruz, Tabasco, Chiapas y Campeche, cantidad ligeramente superior a la superficie sembrada actual de piña, que es de 44 182 ha (SIAP, 2020); sin embargo, la superficie con rendimientos superiores a 80 t ha^{-1} es de 52 000 ha, localizada en los estados de Veracruz, Tabasco, Chiapas y Campeche, cantidad ligeramente superior a la superficie sembrada actual de piña, que es de 44 182 ha (SIAP, 2020).

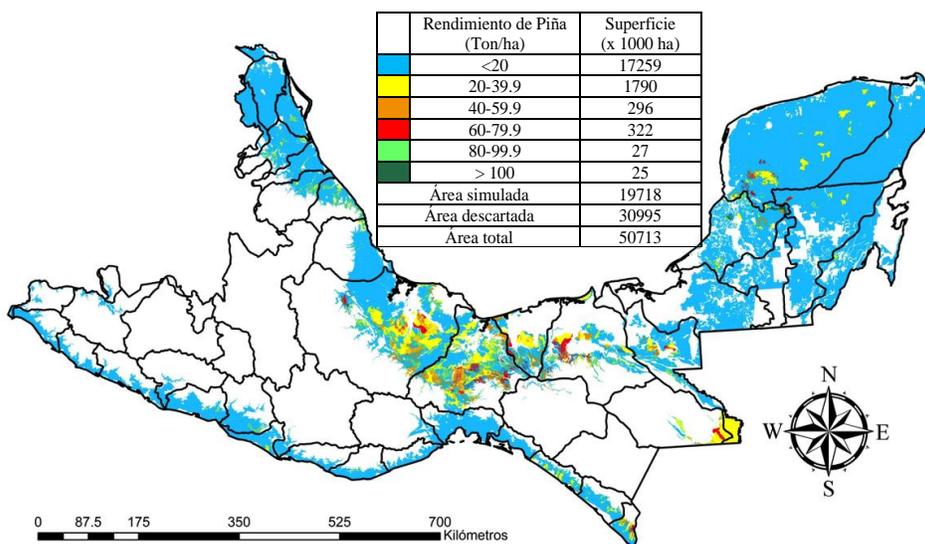


Figura 1. Superficie con potencial para producir piña en el sur-sureste de México.

La distribución de la superficie por nivel de rendimiento de fruta fresca de piña y por estado se presenta en el Cuadro 2, en donde se aprecia que sólo en 5% de la superficie regional se puede producir piña con rendimientos superiores a 20 t, siendo Guerrero, Puebla y Quintana Roo los estados con menor superficie y Veracruz y Chiapas los de mayor extensión; sin embargo, el estado con potencial para producir más de 100 t ha⁻¹ es Campeche, situación que contrasta con la actualidad, donde Veracruz es el mayor productor, aunque con rendimientos menores de 50 t ha⁻¹ (SIAP, 2020).

Cuadro 2. Distribución de la superficie (miles de hectáreas) con potencial para producir piña.

Estado	Rendimiento de piña (t)						Superficie total	
	< 20	20-39.9	40-59.9	60-79.9	80-99.9	>100	Estatad	Simulada
Campeche	2 530	81	19	22	6	25	5 053	2 683
Chiapas	889	393	25	88	16	0	7 353	1 411
Guerrero	973	4	0	0	0	0	6 388	977
Oaxaca	1 733	313	61	54	0	0	9 124	2 162
Puebla	141	11	0	2	0	0	3 410	154
Quintana Roo	3 453	23	0	0	0	0	4 875	3 476
Tabasco	606	140	37	17	4	0	2 479	804
Veracruz	3 597	713	151	128	1	0	7 132	4 589
Yucatán	3 337	112	2	10	0	0	3 712	3 461
Total	17 259	1 790	296	322	27	25	50 713	19 718

Estimaciones realizadas aplicando el modelo SWAT.

A nivel mundial los rendimientos mayores de piña los obtiene Indonesia y Costa Rica con un promedio de 123 y 76 t ha⁻¹ respectivamente (FAOSTAT, 2020), valores muy superiores al promedio nacional, por lo tanto, si México quiere ser competitivo debería obtener rendimientos superiores a 80 t ha⁻¹, de acuerdo con las estimaciones realizadas, este valor se obtiene en 52 000 ha, ubicadas en los estados de Campeche, Chiapas, Tabasco y Veracruz (Cuadro 3).

Cuadro 3. Costos de producción de una hectárea de piña.

Etapa	Concepto	Unidad	Cantidad	Valor unitario(\$)	Total (\$)
Establecimiento	Malla	Unidad	1	68 200.00	68 200.00
	Chapeo	Servicio	1	1 042.90	1 042.90
	Barbecho	Servicio	1	1 035.30	1 035.30
	Arado	Servicio	1	766.70	766.70
	Camas o surcos	Servicio	1	823.10	823.10
	Rastras	Servicio	2	847.40	1 694.80
	Subsuelo	Servicio	1	850.00	850.00
	Semilla	Planta	39 750	0.40	15 900.00
	Fertilizante	kg	1 482.9	8.40	12 456.40
	Plagicida	kg	18.3	209.60	3 835.70

Etapa	Concepto	Unidad	Cantidad	Valor unitario(\$)	Total (\$)
	Herbicida	kg	6.7	356.10	2 385.90
	Acolchado	Plástico	1	7 156.30	7 156.30
	Flete	Servicio	1	6 868.00	6 868.00
	Labores manuales	Jornales	94	191.00	17 954.00
	Sub-total				140 969.00
Mantenimiento	Fertilizante	Kg	957.8	12.30	11 736.40
	Plagicida	Lt	13.5	173.80	2 337.10
	Herbicida	Lt	4.6	329.30	1 500.00
	Inductor Floral	Kg	42.7	78.90	3 367.20
	Protección del cultivo	Unidad	1	1 746.00	1 746.00
	Cosecha	Jornales	22	223.00	4 906.00
	Labores manuales	Jornales	65	223.00	14 495.00
	Flete	Servicio	1	5 921.00	5 921.00
	Sub-total				46 008.80
	Total				186 977.80

La cuenca hidrológica con mayor extensión con rendimientos de piña superiores a 20 t ha⁻¹ es la del Río Coatzacoalcos, con una superficie de 638 339 ha ubicada en los estados de Veracruz, Oaxaca y Chiapas, comprende 542 URH, le sigue en importancia la de Río Papaloapan, con una superficie de 618 920 ha ubicadas en los estados de Veracruz y Oaxaca, comprende 407 URH. La cuenca donde se pueden obtener rendimientos mayores a 100 t ha⁻¹ es la de Río Champotón y otro, en los estados de Campeche y Yucatán, aunque en esta cuenca actualmente no se produce piña.

Los resultados presentados muestran la utilidad de estimar el potencial productivo, un estudio similar fue realizado en Argentina por Tacchini y Tacchini (2012), para las plantaciones de cerezo (*Pronus avium*) que con el uso de variables climáticas similares a las utilizadas por el SWAT fue posible realizar un cálculo probabilístico para determinar el potencial por alcanzar en la producción de cerezas en la región de Mendoza y bajo éste esquema estimar los ingresos para el productor y Rivera *et al.* (2012), de la misma manera, trabajaron en el rendimiento potencial de la yuca (*Manihot esculenta* Crantz) en Tabasco, mediante las variables: clima, suelo, temperatura, precipitación pluvial, altitud, fotoperiodo y periodo de crecimiento, con lo que pudieron localizar 171 121 ha potenciales en Huimanguillo, 70 386 en Balancán y 41 337 en Macuspana.

Costos de producción del cultivo de piña

El estudio se desarrolló en la región del Papaloapan al sur del estado de Veracruz, incluyendo a los municipios Chacaltianguis, Isla, José Azueta, Juan Rodríguez Clara y Playa Vicente, el clima es trópico húmedo con lluvias de verano y trópico caliente sub húmedo con lluvias de verano con alturas que van de 0 a 800 msnm, 42% de los productores no usan malla sombra, un 42% combinan sus terrenos con y sin malla sombra y 14% restante usan malla sombra, el promedio de edad es de 48 ±8.6 años, 22.7 ±8 años de ser productor de piña y 14.1 ±3.1 años cursados de estudio. Como la piña es un cultivo bianual perenne se puede desarrollar en diferentes épocas del año.

En el proceso de producción se identifican dos fases (Figura 2), la de establecimiento de la plantación, la cual dura aproximadamente seis meses e incluye labores desde la adquisición del material vegetativo, preparación del terreno de cultivo, plantación, aplicación de fertilizantes, control de plagas y control de hierbas y la de mantenimiento, que dura aproximadamente un año, comienza con la inducción floral, labores de protección del fruto, fertilización, control de plagas y control de hierbas y por último la cosecha.

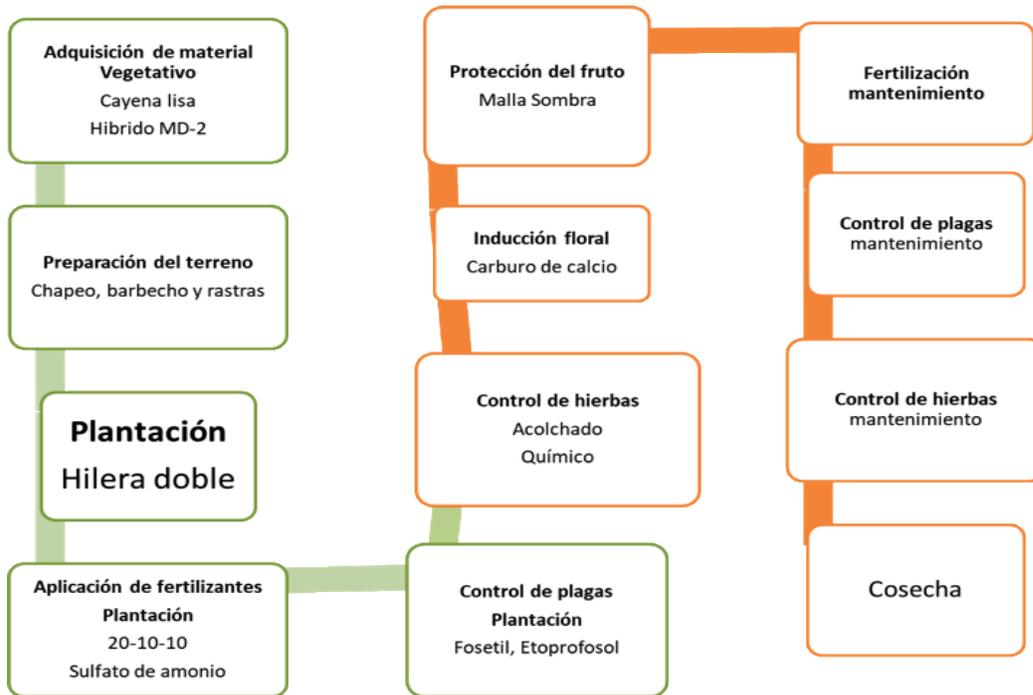


Figura 2. Paquete tecnológico del cultivo de piña en México.

El promedio de los costos de producción de los productores que usan malla sombra, tanto de establecimiento como de mantenimiento de la plantación se presentan en el Cuadro 3, se observa que el establecimiento representa 75% y el mantenimiento 25% restante, también se observa que la malla sombra representa 36% del costo de producción, sin embargo, la malla tiene un periodo de vida útil de 5 ciclos productivos, por lo tanto, más que un costo es una inversión. Los siguientes conceptos en importancia son la mano de obra, con un porcentaje de 20%, que muestra la importancia social del cultivo, por la generación de empleo, situación que se resalta también en un estudio realizado en Filipinas (Henry y Chato, 2019), le sigue en importancia el costo de los fertilizantes con 13% y la semilla con 9%.

Áreas con potencial productivo y económico

Obtener altos rendimientos no es una condición suficiente para tomar la decisión de producir, se requiere que las actividad productiva sea rentable, para conocer este dato se consideraron los costos presentados en el Cuadro 3, en donde se observó que se requiere una inversión inicial de más de 186 mil pesos por ha para producir piña, incluyendo es esta cifra la inversión de la malla sobra, que sirve para cinco ciclos productivos, por ello se realizó un análisis de inversión, con un periodo de 8 años, dado que el ciclo productivo es de 18 meses para obtener cinco cosechas.

A estos costos se le sumaron los costos fijos: depreciación de la malla, más la administración que varía de acuerdo con el rendimiento. Para estimar los indicadores de rentabilidad se consideró que los ingresos provienen del rendimiento de piña durante las cinco cosechas, de acuerdo con el paquete tecnológico de malla sombra, que empieza a cosechar a los 18 meses, el precio considerado para hacer el análisis fue de 4.34 \$ kg⁻¹, que fue el precio promedio al productor en el año 2019 (SIAP, 2020). Con la información de costos e ingresos se estimó y actualizó el flujo de efectivo para los ocho años considerados, lo que a su permitió estimar los indicadores de R B/C, VAN y TIR.

Los resultados muestran que el rendimiento mínimo que requiere un productor de una plantación de piña cuando aplica el paquete tecnológico de malla sombra, para que empiece a tener ganancia, es de 45.8 t ha⁻¹, con los cuales se obtiene una R B/C de 1, un VAN de 0 y una TIR de 9%, igual a la tasa de actualización, que son las condiciones de equilibrio (Gittinger, 1982), por lo tanto, plantaciones que obtienen rendimientos superiores a esta cantidad son rentables, si bien la media nacional de los últimos cinco años fue de 46.2 t ha⁻¹ (SIAP, 2020), hay estados que actualmente presentan rendimientos superiores a este promedio, como es el caso de Oaxaca, Quintana Roo, Jalisco, Colima y el mismo Veracruz, que es el principal productor, este resultado muestra porque este cultivo está en proceso de expansión, siguiendo una tendencia mundial.

En el Cuadro 4 se presenta el análisis de rentabilidad en los ocho estados cuya simulación de rendimientos identificó áreas con valores superiores a 45.8 t ha⁻¹, igualmente se presentan la superficie con potencial productivo y económico. La R B/C presentada, indica que la corriente de beneficios actualizados durante el periodo de vida de la plantación *versus* la corriente de costos actualizados, fue 1.88, 1.71, 1.28, 1.30, 1.69, 1.32, 1.34 y 1.53 pesos en los estados de Campeche, Chiapas, Oaxaca, Puebla, Quintana Roo, Tabasco, Veracruz y Yucatán respectivamente, lo que se significa que por cada peso invertido se obtendrán 0.88, 0.71, 0.28, 0.69, 0.32, 0.34 y 0.53 pesos a una tasa de actualización de 9.5%, aunque son valores positivos, son menores al valor de relación beneficio costo reportado por Bonet *et al.* (2020) al realizar la evaluación económica de la respuesta del cultivo de la piña al riego en la provincia Ciego de Ávila, Cuba con el cultivar Española roja, que fue de 5.1.

Cuadro 4. Indicadores de rentabilidad de las plantaciones de piña en los estados con potencial productivo y económico.

Estado	URH	Superficie potencial	Rendimiento promedio	R B/C	TIR (%)	VAN (\$)
Campeche	66	62 929	90	1.88	73.5	559 377.70
Chiapas	192	115 998	71	1.71	47.3	316 114.20
Oaxaca	67	81 730	60	1.28	31.3	175 277.40
Puebla	5	1 157	61	1.3	32.8	188 080.80
Quintana Roo	4	33	80	1.69	59.8	431 344.30
Tabasco	54	80 468	62	1.32	34.3	200 884.10
Veracruz	177	254 138	63	1.34	35.8	213 687.40
Yucatán	15	213	72	1.53	48.7	328 917.50
Total/promedio	580	596 666	70	1.51	45.4	301 710.40

Pero muy similares a los obtenidos por Hidayah y Abdul (2019) al evaluar la rentabilidad de la producción de piña con pequeños productores de Malaysia donde obtuvieron una relación beneficio costo de 1.72. Igualmente, los valores del VAN y la TIR son positivos, que muestran el potencial alto de producir piña en 580 URH y cerca de 600 000 ha, siendo Campeche el estado con donde se presenta la mayor rentabilidad y Veracruz el de la mayor superficie potencial.

En una evaluación similar realizada en la Amazonía del Perú (Álvarez, 2009), se encontró que, en cuatro localidades, la rentabilidad del jebe (denominación del hule en Perú), medida por medio del indicador precio de venta/costo unitario fue favorable ya que sus cifras oscilaron entre 0.24 y 0.41. De igual manera Cruz, *et al.* (2013), en un estudio de viabilidad de policultivos, entre ellos el cacao en Huehuetán, Chiapas, obtuvieron indicadores de R B/C que oscilaron entre 1.89 y 2.59.

En otros cultivos, como la vainilla, Barrera *et al.* (2011), encontraron que en la región de Totonapan (Puebla-Veracruz), la rentabilidad de las plantaciones fue de 14% y en Colombia, Sierra *et al.* (2013), al trabajar con plantaciones de maracuyá, su tasa interna de rentabilidad alcanzó 47%. Para los estados del Trópico Húmedo de México se han encontrado resultados similares para cacao, (Espinosa *et al.*, 2015), para café (Espinosa *et al.*, 2016) y para hule (Moctezuma *et al.*, 2017).

En las Figura 3 y 4 se presentan los resultados del análisis de sensibilidad en los indicadores de rentabilidad que se obtendrían si el precio de la piña desciende hasta 50%, se observó que después de una caída del precio de 25% los indicadores económicos presentaron valores negativos.

En el año 2019 se sembraron 22 585 ha de piña en el sureste del país (SIAP, 2020), por lo que la superficie potencial de 596 666 ha estimadas en los ocho estados, es casi 26 veces la superficie actual y la producción se incrementaría en una proporción mayor, logrando con ello satisfacer la demanda interna de piña y aprovechar las oportunidades que ofrece el mercado mundial ante la expectativa de incremento de la demanda derivada de este producto reflejada en el consumo en fresco, en jugo o conservas del mercado norteamericano y si además, se considera que en estas regiones se obtendría una relación beneficio costo mayor, el impacto económico sería elevado.

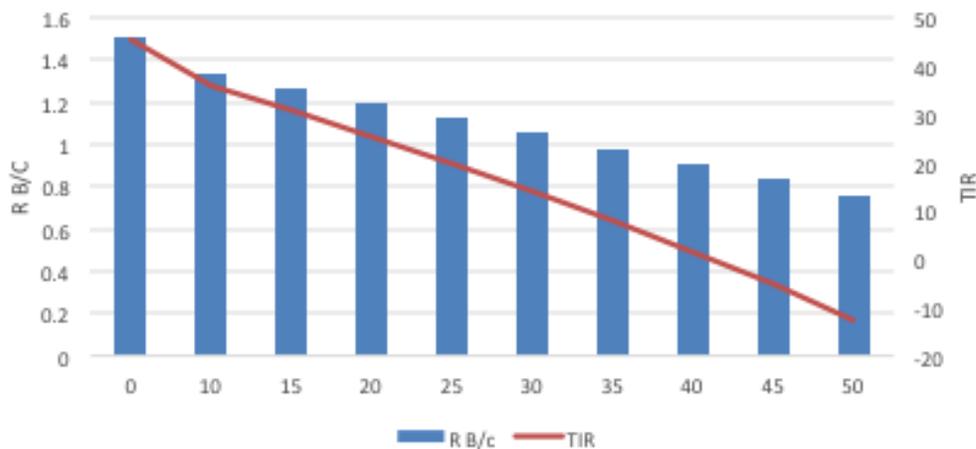


Figura 3. Análisis de sensibilidad del precio de la piña en la TIR y relación beneficio costo.

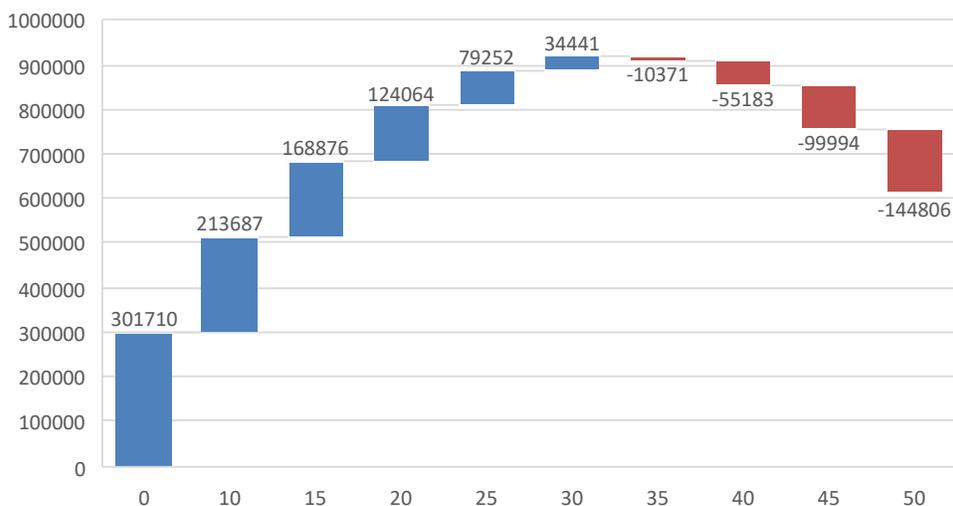


Figura 4. Análisis de sensibilidad del precio de la piña en el valor actual neto.

Conclusiones

La producción de piña utilizando un paquete tecnológico de malla sobra es viable económicamente para ciertos niveles de rendimiento en la región del trópico húmedo de México (>45.8 t ha⁻¹), valor superior al promedio nacional, valor ligeramente superior al promedio actual, pero que muestra que producir actualmente piña es rentable.

Se detectó que existen regiones con potencial productivo para producir piña con rendimientos mayores a 45.8 t ha⁻¹, R B/C mayor al 1.51, por lo tanto, se recomienda, que dada la importancia del cultivo de piña en el Trópico Húmedo de México, como un cultivo generador de ingresos y de mano de obra, sería importante realizar estudios integrales que contemplen, además de la parte productiva, aspectos de comercialización y de mercado.

Agradecimientos

Por el financiamiento a FIRCO-SAGARPA.

Literatura citada

- Álvarez, G. L. y Ríos, T. S. 2009. Evaluación económica del Jefe Silvestre (*Hevea brasiliensis*) en Madre de Dios. Serie Avances Económicos No. 2. Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana. Iquitos, Perú. 46 p.
- Arias, V.; Ciro, T. y Julio, H. 2000. Manual de manejo postcosecha de frutas tropicales (papaya, piña, platano, cítricos. Roma (Italia): Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). <http://www.fao.org/inpho/content/documents/vlibrary/aca304s/ac304s00.htm>.
- ASERCA. 2010. La producción de piña en México, historia de un patrimonio regional. Claridades Agropecuarias. 3-41 pp. <http://www.infoaserca.gob.mx/claridades/revistas/086/ca086.pdf>.

- 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(5):625-638.
- Bonet, P. C.; Guerrero, P. P.; Rodríguez, C. D.; Avilés, M. G. y Mola, F. B. 2020. Evaluación económica de la respuesta del cultivo de la piña (*Ananascomosus* L. Merr.) al riego. *Rev. Ing. Agríc.* 10(1):3-7.
- 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. Bios.* 5(1):23-31.
- Coppens-d'Eeckenbrugge, G.; Uriza, A. D. E.; Rebolledo, M. A. and Martínez, R. L. 2011. The cascajal block: another testimony of the antiquity of pineapple in Mexico? *Pineapple News*, 18(1):47-48.
- 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 6816*. Washington, DC. 41 p.
- Coss, B. R. 1984. *Análisis y evaluación de proyectos de inversión*. Editorial Limusa. México, DF. 348 p.
- Cruz, G. B.; Jarquín, R. G. y Ramírez, H. M. T. 2013. Viabilidad ambiental y económica de policultivos de hule, café y cacao. *Rev. Mex. Cienc. Agríc.* 4(1):49-61.
- Espinosa, G. J. A.; Uresti Gil, 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.
- Espinosa, G. J. A.; Uresti, G. J.; Vélez, I. A.; Moctezuma, L. G.; Inurreta, A. H. D.; Góngora, G. S. F. y Uresti, D. D. 2016. Productividad y rentabilidad potencial del café (*Coffea arabica* L.) en el trópico mexicano. *Rev. Mex. Cienc. Agríc.* 7(8):2011-2024.
- FAOSTAT. 2020. Datos de cultivos. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). <http://www.fao.org/faostat/es/#data/QC>.
- Gálvez, G.; Sigarroa, 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.
- Gutiérrez, M. V. 2001. La importancia de la raíz en la nutrición mineral de las plantas. *In: Meléndez, Meléndez, C. G. y Molina, R. E (Eds.). Fertilidad de suelos y manejo de la nutrición de los cultivos en Costa Rica*. Universidad de Costa Rica. 41-44 pp.
- Henry, C. and Rivera, C. C. 2019. Economic and social upgrading in the Philippines' pineapple supply chain. *Research Department Working Paper No. 52*. International Labour Office. Geneva, Switzerland. 44 p.
- Herrera, A. C. y Andrade, V. M. A. 2010. Estudio técnico-económico de colectores solares planos para zonas rurales del estado de Oaxaca. *Investigación y Ciencia*. 18(50):55-68.
- Hidayah, N. and Abdul, F. 2019. Profitability of pineapple production (*Ananas comosus*) among Smallholders in Malaysia. *Inter. J. Rec. Technol. Eng.* 8(4):4202-4207.
- Infante G., S. y Zarate de L. G.P. 1990. *Métodos estadísticos: un enfoque interdisciplinario*. Colegio de Postgraduados. Mundi-Prensa España. 642 p. INEGI. 2020. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. Índice nacional de precios al productor. <https://www.inegi.org.mx/temas/inpp/>.
- 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. *Trop. Subtrop. Agroecosys.* 16(3):325-339.

- Jaji, K.; Man, N. and Nawi, N. M. 2018. Factors affecting pineapple market supply in Johor, Malaysia. *Inter. Food Res. J.* 25(1):366-375.
- Lopes, M. A. e Dos Santos, G. 2013. Análise de rentabilidade de fazendas leiteiras em regime de semiconfinamento com alta produção diária. *Informações Econômicas.* 43(3):65-74.
- Malézieux, E.; Côte, F. and Bartholomew, D. P. 2003. Crop environment, plant growth and physiology. *In: Bartholomew, D. P.; Paul, R. and Rohrbach, K. G. (Eds.). The pineapple: Botany, Production and Uses.* London, UK- CAB publishing. 69-107 pp.
- Milis, H. A. and Jones, J. B. 1996. Plant analysis handbook II. A practical sampling, preparation, analysis, and interpretation guide. MicroMacro Publishing, Inc. Georgia, USA. 442 p.
- Moctezuma, L. G.; Ortiz, C. E.; Espinosa, G. J. A.; Uresti Gil, J.; Vélez, I. A.; Jolalpa, B. J. L.; Góngora, G. S. F. y Inurreta, A. H. D. 2017. Potencial productivo y económico de las plantaciones de hule en el trópico húmedo mexicano. *Agron. Trop.* 65(1-2):7-16.
- 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 Agricultural Experiment Center. Texas, USA. 476 p.
- 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.
- Rebolledo, A.; Uriza, D. y Rebolledo, L. 1998. Tecnología para la producción de piña en México., INIFAP-CIRGOC, Campo Experimental Papaolopán, Veracruz, México, DF. Folleto técnico núm. 20. 159 p.
- 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. *Rev. Avances Investig. Agron.* 16(1):29-47.
- Rivera, T. F.; Pérez, N. S.; L. Alicia Ibáñez, C. 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(2):101-105.
- Rodríguez, L. G.; Carrillo, J. C.; Hernández, M. J. y Borja, B. M. 2017. Análisis diferencial técnico-económico de los sistemas productivos de guajolotes en el Estado de México. *CIENCIA ergo-sum.* 24(1):25-33.
- Sharpley, A. N. and Williams, J. R. 1990. EPIC-Erosion/productivity impact calculator. USDA. Agricultural Research Service-Technical Bulletin No. 1768, Washington, DC. 235 p.
- Sierra, C. J. C.; Gómez, R. C.; Sánchez, B. E. E. y Pinilla, R. M. 2013. Viabilidad financiera para la producción y exportación de Gulupa (*Passiflora edulis* Sims) hacia el mercado español. *Economía y Desarrollo Rural. Corpoica Ciencia Tecnológica Agropecuaria.* 14(1):17-26.
- SIAP. 2020. Sistema de Información Agropecuaria y Pesquera. Cierre de la producción agrícola por estado. SIAP-SAGARPA. <http://www.siap.gob.mx/agricultura-produccion-anual>.
- Tacchini, J. y Tacchini, F. 2012. Producción de cerezo en Mendoza: viabilidad técnico-económica, basada en un modelo de simulación. *Rev. UNCUIYO.* 4(2):241-253.
- UNCTAD. 2016. Pineapple: an INFOCOMM Commodity Profile. New York and Geneva.
- Uriza, Á. D. E.; Torres, Á. A.; Aguilar, Á. J.; Santoyo, C. V. H.; Zetina, L. R. y Rebolledo, M. A. 2018. La piña mexicana frente al reto de la innovación. Avances y retos en la gestión de la innovación. Colección Trópico Húmedo. Chapingo, Estado de México. Universidad Autónoma Chapingo (UACH). 484 p.
- Uriza, D. E. 2011. Paquete tecnológico piña MD2 (*Ananas comosus* var. *comosus*): Establecimiento y mantenimiento. Centro de Investigación Regional Golfo Centro-Campo Experimental Cotaxtla/Papaloapan. 16 p.