

ORIGINAL

## Silvopastoral System Economical and Financial feasibility with *Jatropha curcas* L. in Manabí, Ecuador

### Viabilidad económica y financiera de sistemas silvopastoriles con *Jatropha curcas* L. en Manabí, Ecuador

Diana Rade L<sup>1\*</sup> MCA, Álvaro Cañadas L<sup>2</sup> Ph.D, Carlos Zambrano Z<sup>3</sup> Ph.D, Carlos Molina H<sup>4</sup> M.Sc, Alexandra Ormaza M<sup>4</sup> M.Sc, Christian Wehenkel<sup>5</sup> Ph.D.

<sup>1</sup>Escuela Politécnica Agropecuaria de Manabí ESPAM-MFL, Centro de Investigación de las Carreras de la ESPAM-MFL (CICEM). Campus Politécnico Calceta, Sitio El Limón, Calceta, Provincia de Manabí, Ecuador. <sup>2</sup>Universidad Laica Eloy Alfaro, ULEAM-Extensión Chone, Carrera Ingeniería Agropecuaria, Av. Eloy Alfaro, Chone, Provincia de Manabí, Ecuador. <sup>3</sup>Universidad Técnica Estatal de Quevedo UTEQ, Carrera de Economía UTEQ, Km 1.5 vía Sto Domingo, cantón Quevedo, provincia de Los Ríos. <sup>4</sup>Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias, Estación Experimental Tropical Pichilingue Km 5 vía Quevedo - El Empalme, cantón Mocache, Provincia Los Ríos, Ecuador. <sup>5</sup>Instituto de Silvicultura e Industria de la Madera, Universidad Juárez del Estado de Durango, Boulevard Guadiana #501, Ciudad Universitaria, Torre de Investigación, C.P. 34120 Durango, Durango, México \*Correspondencia: [yasbeth\\_rade15@hotmail.com](mailto:yasbeth_rade15@hotmail.com)

Received: October 2016; Accepted: April 2017.

#### ABSTRACT

**Objective.** To assess the economic and financial feasibility of traditional silvopastoral systems for the biofuels production as a contribution to the sustainability of "Piñón for Galapagos" project. **Materials and methods.** A survey was conducted to 450 small livestock producer in 10 cantons of the Manabí province in order to collect basic agronomic knowledge, management, establishment and costs involved in production of the Piñón (*Jatropha curcas* L.)/Savoy (*Megathyrsus maximus*) silvopastoral systems. For Piñón CP041 production recording plantation in live fence were established and for the tradition Piñón, the production of 10 sites were recorded, both systems since 2009. With those data were calculated the following economic indicators: ratio benefit/cost, net present value (NPV), internal rate ratio (IRR) and land expectation value (LEV). **Results.** The study exhibited a production decrease of Piñón with the passage of time. The CP041 INIAP improved silvopastoral system Piñón showed a B/C 1.07, NPV of USD\$ 404.11, LEV US\$ 970.23 and IRR of 18%. Followed by silvopastoral system with a local Piñón with a B/C 1.06, NPV of USD\$ 363.66, LEV USD\$ 873.10 and IRR of 17% and finally silvopastoral system without harvesting Piñón with a B/C 1.05, NPV of USD\$ 285.72, LEV USD\$ 685.99 and IRR of 15%. **Conclusions.** The alternative biofuels production was the silvopastoral systems (INIAP CP041)/Savoya in Manabí and is economically feasible. This system does not compete for arable land for food production and would not affect food security.

**Keywords:** Bioenergy, Biofuels, Economic feasibility, *Megathyrsus maximus*, *Jatropha curcas* L., (Source: CAB).

#### RESUMEN

**Objetivo.** Evaluar la viabilidad económica y financiera de los sistemas silvopastoriles tradicionales para la producción de Biocombustibles como aporte a la sostenibilidad del proyecto "Piñón para Galápagos". **Materiales y Métodos.** Se llevaron a cabo encuestas a 450 pequeños productores ganaderos de 10 cantones de la provincia de Manabí con la finalidad de coleccionar información agronómica, manejo, costos implicados en establecimiento y producción de los sistemas silvopastoriles vigentes de Piñón

(*Jatropha curcas* L.)/Saboya (*Megathyrsus maximus*). Para recopilar datos de producción del Piñón establecido en cercas vivas de Piñón INIAP CP041 e igualmente se registró la producción de sistemas en 10 sitios, desde el año 2009. Con estos datos se calcularon los siguientes indicadores financieros radio beneficio/costo (B/C), valor actual neto (VAN), tasa interna de retorno (TIR) y valor de expectativa de la tierra (VET). **Resultados.** El estudio mostró una disminución de la producción del Piñón con el transcurso del tiempo. El sistema silvopastoril mejorado con Piñón INIAP CP041 mostró B/C 1.07, VAN de USD\$ 404.11, VET USD\$ 970.23 y TIR de 18%. Seguido del sistema silvopastoril con Piñón local con un B/C 1.06, VAN de USD\$ 363.66, VET USD\$ 873.10 y TIR de 17% y finalmente sistema silvopastoril sin cosecha del Piñón con un B/C 1.05, VAN de USD\$ 285.72, VET USD\$ 685.99 y TIR de 15%. **Conclusiones.** La alternativa de producción de biocombustibles con sistemas silvopastoriles Piñón (INIAP CP041)/Saboya en Manabí es el sistema de mayor rentabilidad y no competiría por superficies de cultivo para la producción de alimentos, sin afectar a la seguridad alimentaria.

**Palabras Clave:** Bioenergía, Biocombustibles, *Jatropha curcas* L., *Megathyrsus maximus*, Viabilidad económica (Fuente: CAB).

## INTRODUCCION

Due to the strong association between oilseeds production to produce biofuels and deforestation, such as soybean in the Brazilian Amazon (1) or oil palm in Indonesia (2) and new policies to encourage the search of more sustainable alternatives for bioenergy crops production. The biofuel industry scrutinized other alternatives. Of the numerous raw materials presented, the Piñón (*Jatropha curcas* L.) has a long and miscellaneous history. Originally hailed as a "miracle crop" due to predictions of high yields under marginal growing conditions (4).

Piñón has often been classified as an ideal crop "pro poor" and is adapted to the bioenergy production systems of small producers (5). Consequently, substantial public and private investments have been given Piñón cultivation (6). Nevertheless, it has become clear that the necessary requirements to obtain economically viable yields have been underestimated and therefore many inversions capitals have been withdrawn (7-9). Despite this investment reversal, the biofuels production and other Piñón derived products under favorable growing conditions continues to be a concept that receives considerable political and commercial interest (10,11). The total of Piñón active projects around the world in 2011 was 260 compared to 242 in 2008. Consequently, the high land expectations under Piñón cultivation have not materialized. With the current and the total projected Piñón plantation area approximately 80% were below to the projected in 2008 (12). According to Walmsley et al (13) considered that, the economic evolution forces, especially of large and capital-intensive projects, have been put on hold. Their surveys of the change of the land use between native forest and Piñón plantation suggested that the "Jatropha Hype" may have ended.

## INTRODUCCIÓN

Debido a la fuerte asociación entre producción de semillas oleaginosas con fines de producir biocombustibles y deforestación, como la soya en la Amazonía Brasileña (1) o la palma africana en Indonesia (2) y las nuevas políticas para alentar la búsqueda de alternativas más sostenibles para la producción de cultivos bioenergéticos (3). La industria de biocombustibles escudriñó otras alternativas. De las numerosas materias primas presentadas, el Piñón (*Jatropha curcas* L.) tiene una historia larga y miscelánea. Originalmente aclamada como un "cultivo milagroso" debido a las predicciones de altos rendimientos bajo condiciones marginales de cultivo (4).

El Piñón ha sido a menudo clasificado como ideal "pro pobres" ya que se adapta a los sistemas de producción de los pequeños productores de bioenergía (5). Consecuentemente, sustanciales inversiones públicas y privadas han sido transferidas para el cultivo del Piñón (6). No obstante, se ha resaltado que, los requerimientos necesarios para obtener rendimientos económicamente viables han sido subestimados y concomitantemente con este hecho se han retirado muchos capitales de inversión (7-9). A pesar de esta regresión de inversiones, la producción de biocombustibles y otros productos derivados del Piñón bajo condiciones favorables de cultivo sigue siendo un concepto que recibe un considerable interés político y comercial (10,11). Los proyectos de cultivo de Piñón activos alrededor del mundo para el 2011 fue de 260 comparado con los 242 del 2008. Seguidamente, las altas expectativas de tierras bajo cultivo de Piñón no se han materializado. Con el área total actual y proyectada de la superficie del Piñón aproximadamente un 80% estuvieron por debajo de lo proyectado para el 2008 (12). De acuerdo a Walmsley et al (13) consideraron que, la evolución de las fuerzas económicas especialmente de proyectos grandes e intensivos en capital, en gran cantidad han sido puestas en espera. Sus encuestas sobre

Within this context, the "Renewable Energy Project for Galapagos Islands" of the Ecuadorian Ministry of Electricity and Renewable Energy (MEER), with the financial support of the German Federal Environmental Ministry, Nature Protection and Nuclear Safety (BMZ), through the German International Cooperation (GIZ) and the Technical Cooperation of the Inter-American Institute Cooperation for the Agriculture (IICA) is carrying out the Project "Piñón oil production for the pilot electric generation plan in Galápagos". The main objective is to replace the diesel used in electric generation, by Piñón oil through the Piñón agro industrial development. The project concept is to take advantage of existing Piñón live fence in the continent, their improvement and the application of small producer's ancestral knowledge to generate an additional income and therefore improving the peasant family's life quality in the coast rural areas (14).

Most of the Ecuadorian cattle ranching takes place in areas where the pastures, due to the shortage or rain lack, dry up during summer time and consequently produces a deficit in the food supply in the cattle: zeal absence or decrease, weight loss, growth decreasing of young animals, weakness of the offspring and high rates of diseases and deaths. In the Manabí province, the cow population was 1.050.000 (15). In Ecuador, the environmental factors play an important role in the fluctuation of Piñón seed production in dry areas, where irrigation systems are not available (16). While, in the Manabí province, Piñón is seen as live fences to support the wire in the pastures division. Hence, the propagation selection materials are not directed to the oil seed production. Therefore, it is essential in the cattle sustainable development of this province to fill the knowledge gap on the Piñón productivity prospects (17).

van Eijck et al (18) mentioned that only nine studies have been carried out to determine the Piñón economic viability based on the benefit/cost analysis methodology, seven of which have been published after 2008 in the world. Beyond the economic and financial feasibility, the adoption and expansion of silvopastoral systems to produce biofuels in marginal rural areas will depend to a large extent on the profitability of this type of systems at the small livestock farmers level and because a seed production description about silvopastoral Piñón/Saboya is non-existent in Ecuador. The objective of the present research was to evaluate the economic and financial viability of traditional silvopastoral of the project "Piñón for Galápagos" in the Manabí province.

cambio del uso de suelo entre el bosque nativo y las plantaciones de Piñón sugieren que el "Jatropha Hype" puede haber terminado.

Dentro de este contexto, en el marco del "Proyecto de Energía Renovable para las Islas Galápagos", el Ministerio de Electricidad y Energía Renovable del Ecuador (MEER), con el apoyo financiero del Ministerio Federal Alemán de Medio Ambiente, Protección de la Naturaleza y Seguridad Nuclear (BMZ), a través de la Cooperación Internacional Alemana (GIZ) y la Cooperación Técnica del Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA) está llevándose a cabo el Proyecto "Producción de aceite de Piñón para el plan piloto de generación eléctrica en Galápagos", que tiene como objetivo principal reemplazar el diésel utilizado para la generación eléctrica, por aceite vegetal puro de Piñón a través del desarrollo agroindustrial del Piñón. El concepto del proyecto consiste en aprovechar las cercas vivas de Piñón existentes, el mejoramiento de las mismas y la aplicación de los conocimientos ancestrales de los pequeños productores para generar una fuente de ingresos adicionales que contribuyan a mejorar la calidad de vida de las familias campesinas de zonas rurales del litoral (14).

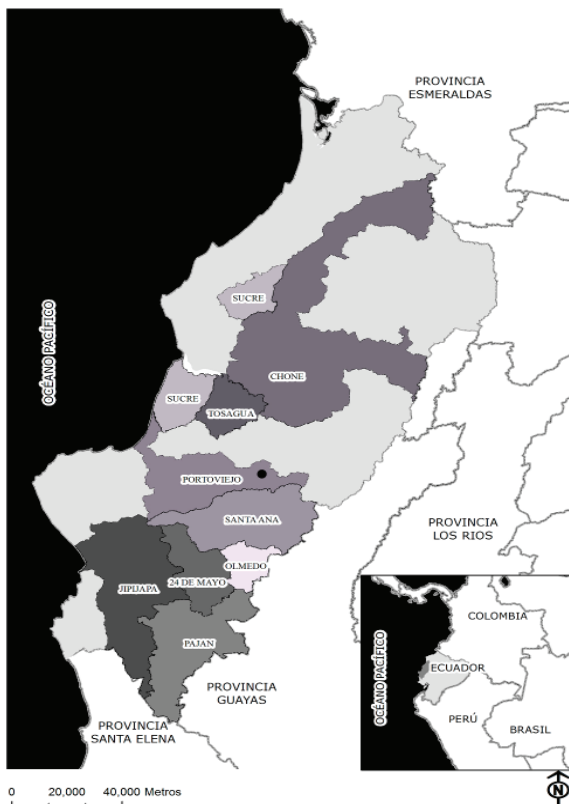
La mayor parte de la ganadería de la costa ecuatoriana se desarrolla en zonas donde los pastos, por la escasez o carencia de lluvia se secan durante el verano, generando como consecuencia el déficit en la oferta de alimento para el ganado, esta carencia de forraje se manifiesta en: ausencia o disminución de celo, pérdida de peso, disminución del crecimiento de los animales jóvenes, nacimiento de crías débiles e índices elevados de enfermedades y muertes. En la provincia de Manabí, la población de ganado es de 1.050.000 cabezas (15). En el Ecuador, los factores ambientales juegan un papel importante sobre la fluctuación de la producción de semillas del Piñón en zonas secas, donde no se dispone de sistemas de riego (16). Mientras que, en la provincia de Manabí, el Piñón es visto como cercas vivas para soportar el alambre en la división de potreros. De ahí que, la selección de material de propagación, no está dirigida para la producción de semillas para la obtención de biodiesel. Por tanto, es fundamental para el desarrollo sostenible de esta provincia llenar el vacío de conocimientos sobre las perspectivas de la productividad del Piñón (17).

Van Eijck et al (18) mencionaron que, únicamente nueve estudios han sido ejecutados para determinar la viabilidad económica del Piñón basados en la metodología de análisis beneficio/costo, siete de los cuales han sido publicados después del 2008 en el mundo. Más allá de la viabilidad económica y financiera, la adopción y expansión de los sistemas silvopastoriles con

## MATERIAL AND METHODS

**Location, database.** The fieldwork was conducted in ten cantons of the Manabí province (Sucre, Chone, Tosagua, Portoviejo, Santa Ana, Olmedo, 24 de Mayo, Jipijapa, Paján, Rocafuerte). Due to the undocumented nature of silvopastoral activities with the Piñón production in the Manabí province, a survey with a representative sample about producer's current activities was conducted. A total of 450 small producers dedicated to cattle fattening were interviewed, with a sampling error of five percent (Figure 1).

For data collection, a structured questionnaire was designed that included: basic agronomic knowledge, management, cost involved in establishment and production of the current Piñón/Saboya silvopastoral systems. Also discussion groups were carried out in each canton with the purpose of collecting information to validate certain parameters of livestock production and Piñón. A meteorological description of the study area (period 2010-2015) is presented in the Table 1. It is necessary to highlight that all the study areas belong to the Tropical Dry Forest of life zone.



**Figure 1.** Cantons of the province of Manabí, highlighting the places where the socioeconomic surveys were carried out.

finde de producir biocombustibles en zonas rurales marginales dependerá en gran medida de la rentabilidad de este tipo de sistemas a nivel de pequeños ganaderos y debido a que, la descripción de la producción de semillas de los sistemas silvopastoriles Piñón/Saboya es inexistente en el Ecuador. El objetivo de la presente investigación pretende evaluar la viabilidad económica y financiera de los sistemas silvopastoriles tradicionales para la producción de Biocombustibles como aporte a la sostenibilidad del proyecto "Piñón para Galápagos" en la provincia de Manabí.

## MATERIALES Y MÉTODOS

**Ubicación, base datos.** El trabajo de campo fue conducido en diez cantones de la provincia de Manabí (Sucre, Chone, Tosagua, Portoviejo, Santa Ana, Olmedo, 24 de Mayo, Jipijapa, Paján, Rocafuerte). Debido a la indocumentada naturaleza de las actividades silvopastoriles con el Piñón en la provincia de Manabí, una encuesta con muestra representativa de las actuales actividades de los productores fue conducida. Un total de 450 pequeños productores dedicados a la ceba de ganado bovino fueron entrevistados, con un error de muestreo del cinco por ciento (Figura 1).

Para la recolección de datos fue diseñado un cuestionario estructurado que incluyó: conocimientos básicos agronómicos, manejo, costos implicados en establecimiento y producción de los sistemas silvopastoriles vigentes Piñón/Saboya. También grupos de discusión fue llevado a cabo en cada cantón con la finalidad de coleccionar información para validar ciertos parámetros de producción pecuaria y del Piñón. Una descripción de las condiciones meteorológicas del área de estudio (período 2010-2015) es presentada en la Tabla 1. Es necesario resaltar que, todas las áreas pertenecen a la zona de vida de Bosque Seco Tropical.

**Producción del Piñón en sistemas silvopastoriles.** Desde junio del 2009 se han establecidos cercas vivas en praderas de pasto Saboya (*Megathyrus maximus*), utilizando la de accesión de INIAP Piñón CP041 con la finalidad de registrar la producción de semillas secas (17). Como referencia de la producción de los sistemas silvopastoriles Piñón/Saboya se establecieron 10 sitios (Quimis, Junín, Calceta, Boyacá, Dazarín, Tosagua, San Roque, Chone, Santa Ana y Lodana). La distancia entre árboles de Piñón fue de cero puntos ocho metros, con un total de 25 árboles y con cuatro repeticiones. Ninguna de estas cercas vivas con Piñón fue fertilizada. Los frutos fueron cosechados trimestralmente y



**Table 1.** Meteorological condition of the socioeconomic surveys sites of the Piñón producers, average period for period 2010-2015.

Cantons	Temperature °C	Relative Humidity %	Precipitation (mm year <sup>-1</sup> )	Sunshine (hours/ year)
Rocafuerte	25.9	77.9	77.9	1402.0
Tosagua	25.7	77.0	77.0	1064.4
Sucre	24.6	81.6	81.6	1385.0
Olmedo	26.0	79.0	130.0	-
24 de Mayo	25.7	80.3	818.4	1199.3
Paján	24.5	80.1	130.0	1037.0
Santa Ana	25.2	80.3	104.1	1053.2
Portoviejo	24.7	77.4	507.0	1457.1
Jipijapa	24.6	78.0	670.0	1057.3
Chone	24.3	88.3	802.9	1033.0

**Piñón Production of silvopastoral systems.**

Since June 2009 live fences have been established on Saboya grass pasture (*Megathyrus maximus*) and Piñón pure plantations, using the accession of Piñón INIAP CP041 with the purpose of recording the production of dry seeds (17). As a reference for the Piñón/Saboya silvopastoral systems, 10 sites were established (Quimis, Junín, Calceta, Boyacá, Danzarín, Tosagua, San Roque, Chone, Santa Ana and Lodana). The distance between Piñón trees was zero point eight meters, with a total of 25 trees and with four repetitions. None of these live fences was fertilized. The fruits were harvested quarterly and dried in a circulation oven at 60°C until constant weight and these values were recorded in g árbol<sup>-1</sup>. The quintal price of 45 kg of dried seeds considered in this study was USD \$ 10.00 qq and is the value covered by the "Piñón for Galápagos" project.

**Financial and economic indicators.** The data analysis was done using the Microsoft Excel® program. The economic and financial indicators are summarized in Table 2. The selected profitability indicators were the benefit/cost ratio (B/C), the net present value (NPV), the internal rate of return (IRR) and the land expectation value (LEV) (19). Where B is the benefit, C represents the costs, t the time in years or rotation period, r determines the interest rate, n the period in years. A sensitivity analysis was conducted. The interest rate is expressed in nominal dollars, hence the following formula was applied to convert future profits and nominal cost to real Dollars:

$$r = \frac{i - m}{1 + m}$$

Where:

r = Real interest rate

i = Nominal interest

m = Inflation rate

secados en estufa de circulación a 60°C hasta tener peso constante y estos valores fueron registrados en g árbol<sup>-1</sup>.

El precio por un quintal de 45 kg de semillas secas fue de USD\$ 10.00 qq y es el valor cubierto por el Proyecto "Piñón para Galápagos".

**Indicadores económicos y financieros.** El análisis de datos fue realizado empleado del programa Microsoft Excel®. Los indicadores económicos y financieros se resumen en la Tabla 2. Los indicadores de rentabilidad seleccionados fueron la relación costo beneficio (B/C), el valor actual neto (VAN), la tasa interna de retorno (TIR) y el valor de expectativa de la tierra (VET) (19). Donde B es el beneficio, C representa los costos, t el tiempo en años o periodo de rotación, r determina la tasa de interés, n el periodo en años. Un análisis de sensibilidad fue conducido. La tasa de interés se expresa en dólares nominales, de ahí que para convertir los beneficios futuros y los costos nominales a dólares reales se empleó la siguiente fórmula:

$$r = \frac{i - m}{1 + m}$$

Dónde:

r = Tasa de Interés Real

i = Interés Nominal

m = Tasa de Inflación

Empleando la fórmula mencionada, la tasa de interés fijada para la presente investigación fue del ocho por ciento. Los Costos de Oportunidad no han sido considerados, debido a que los establecimientos de cercas vivas son inmensamente menos onerosos en relación a los postes de madera (USD\$ 2,000 ha<sup>-1</sup>) y de concreto (USD\$ 4,500 ha<sup>-1</sup>). Adicionalmente, se define al sistema silvopastoral como cercas

**Table 2.** Used economic indicators for the determination of the Piñón plantation profitability .

Profitability indicator formula	Criterion of Decision	
Ratio B/C	$\frac{\sum B_t}{(1+r)^t} \geq \frac{\sum C_t}{(1+r)^t}$	RBC $\geq$ 1
NPV	$\sum_{t=0}^{t=n} \frac{(B_t - C_t)}{(1+r)^t}$	NPV $\geq$ 1
LEV	$NPV_x \frac{(1+r)^n}{(1+r)^n - 1}$	LEV $\geq$ 1
IRR	$\sum_{t=0}^{t=n} \frac{(B_t - C_t)}{(1+r)^t}$	IRR $\geq$ r

Ratio Benefit/cost, NPV: Net Present Value, LEV: Land Expectation Value, IRR: Intern Return Rate

Using the aforementioned formula, the interest rate was set for the present investigation and was eight percent. Opportunity cost have not been considered, because the establishment of live fences are immensely less expensive in relation to wooden poles (USD\$ 2.000 ha<sup>-1</sup>) and concrete (US\$ USD \$4.500 ha<sup>-1</sup>). Additionally, silvopastoral systems are defined as Piñón live fences and Saboya grass according to the definition of Ramachandran Nair et al (20).

**Sensitivity analysis.** This analysis should be applied when there is uncertainty about projected costs and revenues or if the investment made is barely acceptable according to any of the economic criteria used in economic and financial viability (19). Two variations were analyzed for the sensitivity analysis. First, the Piñón quintal price and second the interest rate to see the viability of the silvopastoral systems analyzed under assumptions.

**Statistical analysis.** The obtained data from Piñón surveys and production in the present research were analysed using descriptive statistics. To determine the trend of the Piñón production over time, the covariance was calculated to establish the degree of joint commutation of the two variables in relation to their means.

## RESULTS

**Traditional silvopastoral systems description.** According to the surveys collected, the typical farm had an area of 30 ha ( $\pm$ 3). The

vivas de Piñón y pasto Saboya de acuerdo a la definición de Ramachandran Nair et al (20).

**Análisis de sensibilidad.** El análisis de sensibilidad debe ser utilizado, cuando hay incertidumbre sobre los costos e ingresos proyectados o si la inversión efectuada es apenas aceptable según cualquiera de los criterios económicos empleados en la viabilidad económica y financiera (19). Se emplearon dos variaciones para el análisis de sensibilidad; el primero fue el precio pagado por el quintal de 45 kg de semillas de Piñón seca, y el segundo la tasa de interés para ver la viabilidad de los sistemas silvopastoriles analizados bajo supuestos.

**Análisis estadístico.** Los datos obtenidos de las encuestas y producción del Piñón en la presente investigación fueron analizados mediante estadísticas descriptivas. Para determinar la tendencia de la producción del Piñón durante el transcurso del tiempo se calculó la covarianza para establecer el grado de conmutación conjunta de las dos variables en relación a sus medias.

## RESULTADOS

**Descripción del sistema de silvopastoril tradicional.** De acuerdo a las encuestas recolectadas la finca típica tiene un área de 30 ha ( $\pm$ 3), el sistema de producción es de engorde de ganado y la capacidad de carga es de 1 UBA ha<sup>-1</sup>. El 70% de la finca está cubierta con pasto Saboya empleando el Piñón como poste de cercas vivas; 25% de bosque es secundario; mientras que el cinco por ciento es dedicado para la casa; corral y huertos familiares. El material de propagación del Piñón es tomado de los alrededores, el método de establecimiento es mediante estacas con 20 cm de largo en promedio ( $\pm$  4.65) con 10 brotes en promedio, plantadas cada cero punto ochenta metros para un total de 500 árboles ha<sup>-1</sup> (125 árboles x cuatro lados) y dos veces al año realiza podas. Los pequeños productores no cosechan usualmente las semillas del Piñón.

La densidad de árboles dentro del pastizal es en promedio tres ( $\pm$ 1.5 árboles ha<sup>-1</sup>). El ganado recibe sales minerales. A los animales de engorde se les suplementa durante los meses de sequía con rastrojos mayormente de maíz. El manejo sanitario del ganado se basa en vacuna triple (septicemia, edema maligno, carbunco sintomático), desparasitada interna y externa dos veces al año. Las pasturas son desmalezadas mediante "chapeos" más la aplicación de herbicidas 2.4-D amina, Tordon® más Glifosato®. La densidad de carga animal promedio fue dos animales ha<sup>-1</sup> ( $\pm$ 0.50), considerando que estos

production system is cattle fattening. The load capacity is 1 UBA ha<sup>-1</sup>. 70% of the farm area is covered with Saboya grass using Piñón as a live fence post; 25% secondary forest; five percent is dedicated to the house, corral and family gardens. The Piñón propagation material is taken from surrounding areas. The Piñón establishment method was cuttings with 20 cm ( $\pm 4.65$ ) with 10 shoots on average, planted every zero point eight meters with a total of 500 trees ha<sup>-1</sup> (125 trees x four sides) and pruning two times in a year and some producers harvested Piñón seeds.

The trees density within the pasture is on average three ( $\pm 1.5$  trees ha<sup>-1</sup>). Cattle receive mineral salts. The fattening animal's area supplemented during the dry months with stubble, mostly corn. The cattle sanitary management is based on triple vaccine (septicemia, malignant edema, symptomatic anthrax) internally and externally dewormed twice a year. The pasture is weeded through "chapeos" plus the application of herbicides 2.4-D amine, Tordon® plus Glifosato®. The animal density average load was two animal ha<sup>-1</sup> ( $\pm 0.50$ ), considering that these animals are steers. The farmers acquire the mestizo animals (usually from a dual-purpose livestock) and buy them at USD \$300 ( $\pm 50$ ).

To those animals will stay close to nine a year grazing. At the end of the period, the animals are sold with a weight of 318 kg ( $\pm 43$ ) and receive an amount of USD\$ 470 ( $\pm 30$ ). The sale of the Piñón was considered only of dry seeds in quintals. With the survey data, the cost structure was established. It is necessary to highlight that; the sale of sub products such as seed cake or glycerin were not considered in the present analysis. Those sub products can be employed for the energy production, fertilizers, soap, bio pesticides and other products, because they did not have any use at the present in the Manabí province.

#### Production establishment of Piñón CP041.

The Figure 2 displays the quarterly production of dry seeds per tree between 2009 to 2015. The production average was 243.32 g tree<sup>-1</sup> year<sup>-1</sup> ( $\pm 57.31$ ). With this information was established the income of the Piñón/Saboya silvopastoral system. The covariance of -991.35 showed decreasing production over seven year of continuous observations.

#### Productivity of traditional Piñón systems.

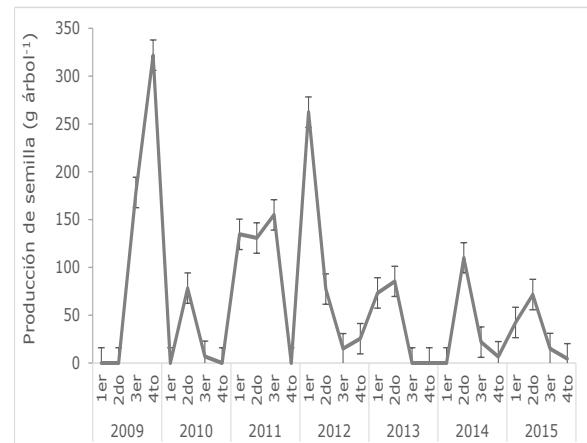
The Figures 3 established the Piñón average production harnessed by small producers in the 10 sites. The established Piñón in the traditional silvopastoral systems was lower compared with the INIAP CP041, but less variable in the

animales son novillos. Los ganaderos adquieren los animales mestizos (generalmente de una ganadería de doble propósito) y los compran en USD\$300 ( $\pm 50$ ).

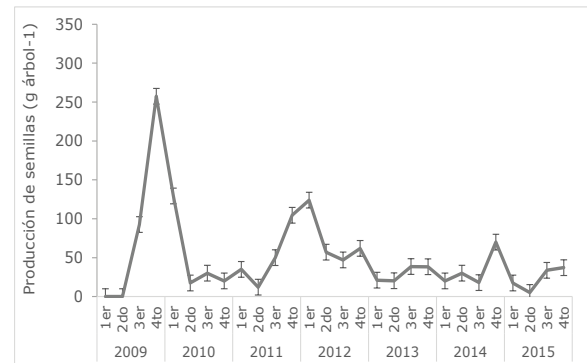
A estos animales los tienen de entre nueve meses a un año en pastoreo. Al final del periodo son vendidos con un peso de 318 kg ( $\pm 43$ ) y reciben una cantidad de USD\$ 470 ( $\pm 30$ ). La venta del Piñón se consideró únicamente de semillas secas en quintales. Con los datos de la encuesta se establecieron la estructura de costo. Es necesario resaltar que, la venta de subproductos como la torta de semillas o glicerina no fueron considerados en el presente análisis, los cuales pueden ser empleados para la producción de energía, fertilizantes, jabón, biopesticidas y otros productos. Debido a que no tienen ningún uso en la actualidad en la provincia de Manabí.

#### Estacionalidad de producción del Piñón

**CP041.** En la Figura 2 se presenta la producción trimestral de semillas secas por planta entre el año 2009 al 2015 y se presenta la barra del error estándar. La producción promedio fue de 243.32



**Figure 2.** Dry seeds production in g tree<sup>-1</sup> trimestre<sup>-1</sup>, for INIAP CP041, showing the standard error.



**Figure 3.** Dry seed production in g tree<sup>-1</sup> trimestre<sup>-1</sup> for the traditional Piñon accession, showing the standard error.

production of seeds. The average production was 183.04 g tree<sup>-1</sup> years<sup>-1</sup> ( $\pm 34.18$ ). The covariance value of seed production over time was -715, which denotes also a decreasing production over the years.

**improved system with Piñón INIAP CP041 structure cost.** In the Table 3 is presented the net cash flow calculated for a seven years' period of the silvopastoral systems with Piñón INIAP CP041. Fertilization was considered only to the establishment of the pasture, later the cattle producers did not apply this inputs. The 42.71% of the total cost are destined for inputs (calves plus herbicides, medicines), 38.83% purchase of animals and only 16.31% is labor consigned.

**Economic feasibility of the silvopastoral systems in the Manabí province.** The financial results indicators are summarized in the Table 4, showing that all the systems analyzed are viable at a discount rate of eight percent. The cattle production systems without profit of the Piñón seed sale showed the smaller profit. Meanwhile, the improved silvopastoral system with Piñón INIAP CP041 was the most profitable. The Piñón non-harvest affects the decrease of the all economical and financial indicators B/C, NPV, IRR and LEV.

**Sensibility analysis.** The financial analysis was re-executed to assess the sensitivity based on the variation of key assumptions. By increasing the interest rate from eighth to 19%, al economic and financial viability indicators showed the infeasibility of the silvopastoral system with the INIAP Piñón CP041. The traditional production system without Piñón harvest was viable (B/C=1.05). On the other hand, the increase of the

g árbol<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup> ( $\pm 57.31$ ). Con esta información se estableció el ingreso del sistema silvopastoril mejorado Piñón/Saboya. La covarianza de -991.35 demuestra una producción decreciente a lo largo de siete años de observaciones continuas.

**Productividad del Piñón tradicional.** En la Figura 3 se muestra la producción promedio del Piñón empleado por los pequeños ganaderos en los 10 sitios. La producción de Piñón establecido en los sistemas silvopastoriles tradicionales fue menor respecto al mejorado, pero menos variable en productividad de semillas de Piñón. La producción promedio fue de 183.04 g árbol<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup> ( $\pm 34.18$ ). El valor de la covarianza de la producción con el tiempo fue de -715.00, lo cual denota una producción decreciente con el transcurrir de los años.

**Estructura de costos para el sistema mejorado con Piñón INIAP CP041.** En la Tabla 3 se presenta el flujo neto de caja calculado para un periodo de siete años del sistema silvopastoril con Piñón INIAP CP041. La fertilización fue considerada únicamente para el establecimiento del pasto, posteriormente los productores ganaderos no aplican este insumo. El 42.71% se destinan para insumos (semovientes más herbicidas, medicinas), 38.83% para compra de animales y únicamente el 16.31% se consigna para mano de obra.

**Viabilidad económica de los sistemas silvopastoriles vigente en la provincia de Manabí.** Los resultados de los indicadores financieros son expuestos en la Tabla 4, mostrando que todos los sistemas analizados son viables a una tasa de descuento del ocho por ciento. El sistema de producción de ganado sin

**Tabla 3.** One-hectare cash flow of silvopastoril with Piñón INIAP CP041/Saboya.

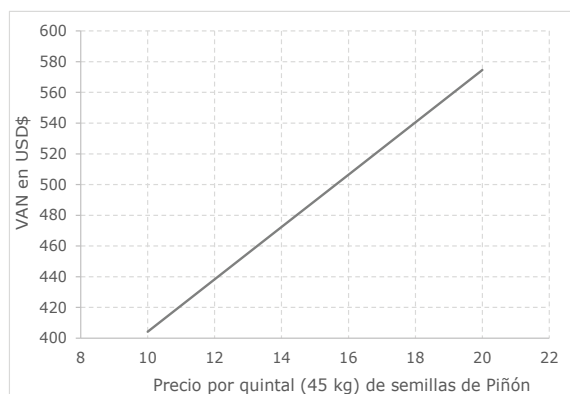
Costs and return (USD\$)	Año							
	0	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
<b>1. Establishment Costs</b>								
a. Forest clearing and	120							
b. Plowing and dragging	44							
c. Pasture seeds	260							
d. Showing	84							
e. Piñón cuttings	10							
f. Stake planting	50							
g. Wire fence	260							
h. Fertilization	200							
i. Weeding cultural labor	72							
j. Chemical Weeding Controls	20							
<b>2. Operation Cost</b>								
a. Chemical controls		80	80	80	80	80	80	80
b. Veterinary products application		50	50	50	50	50	50	50
d. Harvest and Piñón pruning		10	10	10	10	10	10	10
c. Animal purchase		800	800	800	800	800	800	800
<b>3. Total costs of establishment and maintenance</b>	1120	940	940	940	940	940	940	940
<b>4. Gross income</b>								
a. Piñón sell (bag of 45 kg)		69.0	9.4	46.7	42.2	17.6	15.3	14.8
b. Cattle sell	30	1200	1200	1200	1200	1200	1200	1200
<b>5. Cumulative net income</b>	-1072	329.0	269.4	306.7	302.2	277.6	275.3	274.8



**Table 4.** Economic viability of three livestock production systems, Manabí, Ecuador.

Economic Indicator	Silvopastoral System with improved Piñón	Traditional Silvopastoral System	Pasture without Piñón harvest
Ratio B/C	1.07	1.06	1.05
NPV	404.11	363.66	285.72
IRR	18%	17%	15%
LEV	970.23	873.10	685.99

quintal price of Piñón dried seeds could increase the NPV in a directly proportional relation, giving greater appeal to the silvopastoral system in live fences with Piñón INIAP CP041 (Figure 4).

**Figure 4.** Influencia del incremento del precio del quintal de semillas de Piñón en el Valor Anual Neto para el sistema silvopastoral con el Piñón CP041.

## DISCUSSIONS

**Piñón production as a base for the calculation of profits.** Most studios on the economic and financial viability of Piñón have a disadvantage of not having original data and measured in the field, such as production that comes from real measurements and that carry accurate data of the costs involved in the establishment of the production systems (18). Mora et al (21) based the production of Piñón trees that were planted in 2006 and therefore these plantations have not reached the physiological maturity and consequently did not have the necessary sequence to extrapolate the Piñón production seeds. While, Tomomatsu and Swallow (22) mostly referenced production estimation of India, which were simple to high. In a study conducted by the GTZ (2009) projected the production

aprovechamiento del Piñón presentó la menor ganancia. Mientras que, el sistema silvopastoral mejorado con Piñón INIAP CP041 fue el de mayor rentabilidad. La no cosecha del Piñón afecta en el decrecimiento de todos los indicadores B/C, VAN, TIR y VET.

**Análisis de sensibilidad.** El análisis financiero se volvió a ejecutar para evaluar la sensibilidad basada en la variación de suposiciones claves. Al incrementar la tasa de interés del ocho por ciento al 19%, todos los indicadores de viabilidad económicos y financieros mostraron la inviabilidad del sistema silvopastoral con el Piñón INIAP CP041. El sistema de producción tradicional sin cosecha de Piñón fue viable (B/C = 1.05). Por el contrario, el incremento en el precio del quintal de semillas secas de Piñón podría hacerle crecer al VAN en relación directamente proporcional, dándole un mayor atractivo al sistema silvopastoriles en cercas vivas con Piñón INIAP CP041 (Figura 4).

## DISCUSIÓN

**Producción de Piñón como base del cálculo de beneficios del Piñón.** La mayoría de estudios sobre la viabilidad económica y financiera del Piñón tienen una desventaja de no poseer datos originales y medidos en campo, como la producción que provenga de mediciones reales y que lleven datos precisos de los costos que implican el establecimiento de los sistemas de producción (18). Por ejemplo, Mora et al (21) emplearon la producción de plantas de Piñón que, han sido plantadas en el 2006 y por tanto estas plantaciones no han llegado a la madurez. Mientras que, Tomomatsu y Swallow (22) mayormente usaron estimaciones de producción provenientes de la India, los cuales se vieron demasiado altas. En un estudio conducido por la GTZ (2009) proyectaron los patrones de producción de tres años a la madurez, la cual se alcanza a los ocho años. Las extrapolaciones de la producción de semillas de Piñón son generalmente tomadas de la literatura científica, principalmente de la India (18). Van Eijck et al (18) señalaron que, la estimación de producción del Piñón empleados en varios estudios que abarcan aspectos económicos utilizan rangos de producción de entre tres a 7,000 kg ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>. No obstante, resaltaron que, si se toma únicamente los datos observados en campo, los rangos de producción variaron de cero punto cuatro a 2,000 kg de semillas ha<sup>-1</sup> (18). En Ecuador, Cañadas et al (16) reportaron una producción para la accesión CP041, con una densidad de plantación 1,667 árboles de 283.2 g árbol<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup> (460 kg ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>) en un monocultivo de Piñón bajo condiciones de Bosque Seco Tropical.

pattern of three years of maturity plantations, which is reached at eight years old. The Piñón seed extrapolation production are generally taken from scientific literature (18). Van Eijck et al (18) pointed out that the estimated production of Piñón used in several studies covering economic aspects employ production ranges between three to 7.000 kg ha<sup>-1</sup> year<sup>-1</sup>. However, Van Eijck et al (18) highlighted that, if only the data observed in the field are taken, the production range varied from zero point four to 2.000 kg of seeds ha<sup>-1</sup> (18). In Ecuador, Cañadas et al (16) reported 283.2 g trees<sup>-1</sup> year<sup>-1</sup> Piñón seed production of the INIAP CP041 accession with a planting density of 1.677 trees production in a Piñón monoculture under Tropical Dry Forests conditions.

van Eijck et al (18) argued that, most benefit/cost analyses are based on data with unreliable performance, often barely realistic and not consistent with yields results (1.000-2.000 kg of Piñón dry seed tree<sup>-1</sup> year<sup>-1</sup>, production for mature trees). The benefit/cost analyzes usually take a time horizon that is too short (10 years or less) to be able to reliably assess the medium and long-term viability of Piñón. The period study in the present investigation was seven years and the covariance revealed values was for INIAP CP041 Piñón accession of -991.33 and -715.00 for Piñón of the producers (Figure 2,3). That mean that, with the time passage, the Piñón seeds production will be smaller. With these data, the benefit/cost analysis for Piñón in live fences was carried out.

**Economic feasibility of silvopastoral systems.** The studies availability on economic and financial profitability has been strongly concentrated in Middle East, South Africa and India: 10 focused on Tanzania, 5 in Kenya, 3 in Mozambique and 6 in India (18). Wishkerke et al (23) calculated the NPV of different production systems of Piñón, giving a profitability figures between -10.000 a 9.500 USD\$ ha<sup>-1</sup> in Tanzania, Wang et al (24) estimated around 2.000 USD\$ ha<sup>-1</sup> in China, while Basili y Fontini (25) found 56.000 - dos M\$ ha<sup>-1</sup> (using different interest rates). The assumptions of these studies fluctuate to such a degree that is not possible to make a direct comparison with the results of this research. On the other hand, in the revised literature there was a large oscillation in the values of the IRR calculation. For example, Loos (26) found IRR values between 16 to 65% in Ethiopia. GTZ (27) established a IRR between 14-24% in Etopia, while Feto (28) set 12 and 16% values in Ethiopia. Again, the variation of the aforementioned studies varied greatly forma small producers to big companies that process

Van Eijck et al (18) sostuvieron que, la mayoría de los análisis beneficio/costo se basan en datos con rendimiento poco fiables, a menudo escasamente realistas y que no concuerdan con los resultados sobre los rendimientos (1.000-2.000 kg de semilla seca ha año<sup>-1</sup> para árboles de Piñón maduros). Los análisis beneficio/costo normalmente toman un horizonte de tiempo que es demasiado corto (10 años o menos) para poder evaluar de manera fiable la viabilidad a mediano y largo plazo del Piñón. El periodo de estudio para la presente investigación fue de siete años y una vez realizado la covarianza de la producción de semillas para la accesión CP041 se obtuvo un valor de -991.33 y para el Piñón de los productores de -715 (Figura 2, 3). Es decir, con el paso del tiempo, menor serán las producciones de semillas del Piñón. Con estos datos fueron realizados los análisis de beneficio/costo para el Piñón en cercas vivas.

#### **Viabilidad económica de sistemas silvopastoril.**

La disponibilidad de estudios sobre la rentabilidad económica y financiera se han concentrado fuertemente en el Medio Este, África del Sur e India: focalizados 10 en Tanzania, cinco en Kenia, tres en Mozambique y seis en India (18). Wishkerke et al (23) calcularon un VAN de diferentes sistemas de producción del Piñón, dando cifras de rentabilidad de entre -10,000 a 9,500 USD\$ ha<sup>-1</sup> en Tanzania, Wang et al (24) estimaron alrededor de -2,000 USD\$ ha<sup>-1</sup> en China, mientras que Basili y Fontini (25) encontraron 56,000 - dos M\$ ha<sup>-1</sup> (empleando diferentes tasas de interés). Los supuestos de estos estudios fluctúan en tal grado que no es posible hacer una comparación directa con los resultados de esta investigación. Por otro lado, en la literatura revisada existió una gran oscilación en los valores del cálculo del TIR. Loos (26) encontró valores de 16-65% de TIR, GTZ (27) determinó entre 14-24% de TIR en Kenia, mientras Feto (28) fijó valores entre 12-16% de TIR en Etiopia. Nuevamente, las variaciones de objetivos de los estudios arriba citados variaron grandemente desde pequeños productores hasta grandes empresas que procesan el Piñón para obtener aceite. No obstante, se resalta que, el sistema silvopastoril con Piñón mejorado se obtuvo un 18% TIR, sistema silvopastoril tradicional 17% de TIR y pasto sin cosecha de Piñón 15%.

La dificultad de comparación de otros estudios con los resultados obtenidos en la presente investigación, radica en que, las variables importantes que determinan el análisis de beneficio/costo fueron las proyecciones de producción del Piñón de monocultivos, datos de producción del Piñón provenientes de diferentes continentes, precio del arrendamiento de los terrenos, el costo de los insumos (principalmente fertilizantes), los salarios

Piñón seeds in order to obtain oil. Nevertheless, it is emphasized that the improved silvopastoral system with improved INIAP Piñón was obtained a TIR of 18%, traditional system 17% of TIR and pasture without Piñón harvest of 15%.

The difficulties comparison with others studies and the obtained in the present investigation, lies in the fact that the important variables that determine the benefit/analysis were the production projections of the Piñón monoculture, production data of Piñón conditions from different continents, land lease price, the cost of the inputs (mainly fertilizers), the wages of workers (specific to each production country), number of labor required for Piñón plantation.

According to Cañadas et al (16) the Piñón plantation under monoculture conditions with densities of 1.667 trees ha<sup>-1</sup> and rainfall annual average 809.60mm were not economically viable, mainly due to Piñón low seeds production. In their sensitivity analysis established a minimum price that offers a financial and economic viability of the Piñón as monoculture and it was USD \$ 38.40 for a quintal of 45 kg. The results of the present investigation on the economic viability of the traditional silvopastoral systems without harvest of the Piñón (B/C 1.05) ratify the positive but tenuous profitability of the production of fattening cattle in the province of Manabí.

The silvopastoral system considered in the present investigation: Silvopastoral system with live fence with Piñón INIAP accession INIAP CP041 showed a NPV of USD \$ 404.11, an IRR of 18% and LEV of USD \$ 970.23. Meanwhile, the silvopastoral system with local Piñón live fence was USD\$ 363.00, a TIR of 17% and LEV of USD\$ 873.10 expressing its economic and financial viability. For biofuels was the silvopastoral system employing the INIAP-CP041 Piñón accession and the Saboya grass. There is a growing interest in the design and management of silvopastoral systems, which establish an improvement and diversification of production in relation to the production of biofuels with the aim of improving the livestock production. On the other hand, many government institution and Non-Government Organization in development countries promote the Piñón pure plantation as a bioenergy raw material as a strategy to improve the conditions of marginal areas in Ecuador.

Some of the farmers established bioenergy crops in monoculture with a minimum contribution of inputs and labor. However, in a few years a growing number of reports are questioning the Piñón economic viability (29). But the system suitable for the bioenergetics production is the

de los trabajadores (específicos para cada país de producción), la cantidad de mano de obra requerida para el cultivo.

De acuerdo a Cañadas et al (16) la plantación de Piñón bajo condiciones de monocultivo, con densidades de 1,667 árboles ha<sup>-1</sup> y precipitaciones promedio anual de 809.60 mm no fueron viables económicamente debido principalmente a la baja producción del Piñón. En el análisis de sensibilidad estableció un precio mínimo que ofrece una viabilidad financiera y económica del Piñón como monocultivo de USD\$ 38.40 para un quintal de 45 kg. Los resultados de la presente investigación sobre la viabilidad económica de los sistemas silvopastoriles tradicionales sin cosecha del Piñón (B/C 1.05) ratifican la positiva pero tenue rentabilidad de la producción de ganado de engorde en provincia de Manabí.

Los sistemas silvopastoriles consideradas en la presente investigación: sistemas silvopastoriles con cerca viva de Piñón con la accesión Piñón INIAP CP041 mostro un VAN de USD\$ de 404.11, un TIR de 18% y VET de USD\$ 970.23. Mientras que, el sistema silvopastoral con cerca viva de Piñón local fue de USD\$ 363.00, un TIR de 17% y VET de USD\$ 873.10 expresando su viabilidad económica y financiera. El sistema sostenible para la producción de biocombustibles fue el sistema silvopastoral empleando accesión INIAP-CP041 y el pasto Saboya. Concorre un interés creciente por el diseño y manejo de sistemas silvopastoriles, que establezcan una mejora y diversificación de la producción en relación a la producción de biocombustibles con la finalidad de mejorar la producción pecuaria. Por otro lado, muchas instituciones gubernamentales y Organizaciones No Gubernamentales en los países en vías de desarrollo promueven la siembra del Piñón como materia prima bioenergética como estrategia para mejorar las condiciones de áreas marginales (13).

Algunos de los agricultores plantan los cultivos bioenergéticos con un aporte mínimo de insumos y trabajo. Sin embargo, en pocos años un creciente número de informes están cuestionando la viabilidad económica del Piñón en plantación pura (29). Pero el sistema adecuado para la producción de bioenergéticos es el sistema silvopastoriles con cercas vivas de Piñón mejorado INIPA CP041 en el Ecuador.

**Sensibilidad de sistemas silvopastoral bioenergético.** Se realizó el análisis de sensibilidad para determinar el impacto de variables importantes en los resultados como la tasa de interés y el precio. La sensibilidad de los sistemas silvopastoriles Piñón/Saboya, al incremento de la tasa de interés de ocho por ciento al 19% haría que el sector ganadero

silvopastoral system with improved INIAP Piñón CP041 live fences under Tropical Dry Forest conditions.

**Sensitivity of bioenergetics silvopastoral system.** Sensitivity analysis was carried out to determine the impact of important variables on the results, such as interest rate and price. The sensitivity of Piñón/silvopastoral system, in front of the increase in the interest rate from eight per cent to 19%, would make the country livestock sector unviable. If the interest rate goes up to all type of loans, their recessionary impact would occur immediately (19). Hence, this eventuality would be impossible in the Ecuadorian economy.

In relation to price variation paid for a quintal of Piñón dry seeds, these could not go down from 10 dollars per quintal, because all the financial indicators applied in this investigation would become negative. On the other hand, the directly proportional relationship founded between the price of the quintal of Piñón seeds and the NPV observed in this research, would make the improved silvopastoral system (Piñón INIAP CP041) more sustainable (Figure 4). According to van Eijck et al (18) there were limited differences between the Piñón price paid to the farmers. These can range from zero point five to zero pint eighteen dollar per kg with certain periods of rising prices. In Mexico, between zero point twelve to zero point eighteen dollar per kg of Piñón seed are paid. Although a certain rise in the price of up to zero point has been reported, fifty-four dollars per kilogram (30).

On the other sides in Honduras, the price was between zero point ten dollars per kg, while in Mali was zero point zero five dollars per kg (31) and in Tanzania the value for the Piñón dry seeds was around zero point the dollars per kilogram (18). In the province of Manabí, Ecuador registered the second highest value per Piñón seed of zero point twenty-two-dollar  $\text{kg}^{-1}$  (17). About 4 kg of Piñón seeds are required to obtain a liter of oil (17). These results suggest that, the Piñón seeds price paid is often established in such way that, the price set for famers is referenced to fossil diesel prices.

**Economic aspect.** According to van Eijck *et al* (18) a total of 10 studies were positive on the Piñón economic viability, while 11 were negative. Most of them were partially neutral and indicated only a marginal profitability or concluded that the projects needed to achieve certain yield levels in Piñón seed production to be profitable. Then, in general, the financial viability (NPV) of the Piñón projects is not considerable high (18). The results of the economic and financial evaluation of Piñón/

del país sea inviable. Dentro de una economía dolarizada como la ecuatoriana, si las tasas de interés suben para todo tipo de créditos, su impacto recesivo se daría inmediatamente (19). De ahí que, esta eventualidad sería imposible en la economía ecuatoriana.

En relación a la variación de precios pagados por el quintal de semillas secas de Piñón, estos no pueden bajar de los diez dólares por quintal, debido a que todos los indicadores financieros empleados en esta investigación se volverían negativos. Por otro lado, la relación directamente proporcional encontrada entre precio del quintal de semilla del Piñón y el VAN observado en esta investigación, les haría a los sistemas silvopastoriles mejorados (INIAP CP041) más sostenibles (Figura 4). De acuerdo a van Eijck et al (18) existió limitadas diferencias entre el precio pagado a los agricultores por la semilla seca del Piñón. Estos pueden variar entre cero punto cero cinco a cero punto dieciocho dólares por kg con ciertos periodos de subida de los precios. En México se pagan entre cero punto doce a cero punto dieciocho dólares por kg de semillas del Piñón, aunque se han reportado una cierta alza de precio de hasta de cero punto cincuenta y cuatro dólares por kilogramo (30).

Por otro lado, en Honduras, el precio se ubicó entre cero punto diez dólares por kg, mientras que, en Mali fue de cero punto cero cinco dólares por kg (31) y en Tanzania el valor por las semillas secas de Piñón estuvo alrededor de los cero punto diez dólares por kilogramo (18). En la provincia de Manabí, Ecuador registró el segundo valor mayor por kilogramo de semilla del Piñón de cero punto veinte y dos dólares  $\text{kg}^{-1}$  (17). Alrededor de cuatro kg de semillas de Piñón se requieren para obtener un litro de aceite (17). Estos resultados sugieren que, el precio pagado por la semilla de Piñón a menudo se establece de tal manera que, el precio fijado para los agricultores se hace referencia a los precios del diesel fósil.

**Aspectos económicos.** De acuerdo a van Eijck et al (18) un total de 10 estudios fueron positivos sobre la viabilidad económica del Piñón, mientras 11 fueron negativos. La mayoría yacieron parcialmente neutrales e indicaban únicamente una rentabilidad marginal o concluían que los proyectos necesitaban lograr ciertos niveles de rendimientos en producción de semillas del Piñón para ser rentables. Entonces, en general la viabilidad financiera (VAN) de los proyectos del Piñón no se considera elevados (18). Los resultados de la evaluación económica y financiera del sistema silvopastoral Piñón/Saboya mostraron ser positivos y exponen valores moderados sobre la viabilidad económica del Piñón. Esto indica que, el proyecto "Piñón para Galápagos" en sistemas de cercos vivos no necesitaría de subsidios para el desarrollo de esta iniciativa Estatal.



Saboya grass silvopastoral system proved to be positive and exhibit moderate values on the economic viability of the Piñón. This indicates that the "Piñón for Galápagos" project in live fencing system would not need subsidies in order to the development of this State entrepreneurship.

Although, the cost structure presented in this research covers 42.71% of the total cost and is destined to buy inputs (calves plus herbicides, medicines). The biofuels production does not need any subsidy to demonstrate the financial and economic viability of the system. In relation to subsidies, this aid economical mechanism could provide an increase in farmer's profitability focused on certain stage of cultivation. This happens in India, the small producer's subsidy was approximately 90% to cover irrigation system and soil preparation about 40-100%. The funds come from different private sources and include government funds (32).

In Mexico, the subsidies do not cover all the actual establishment costs and maintenance. The farmers number who wanted to participate in Piñón projects was high if the subsidy was present and available. Nonetheless, this affected Piñón overall profitability. In addition, in Mexico was observed that the subsidy was the main motivation of the farmers to grow the Piñón (30).

In conclusion, the economic and financial analyzes of the silvopastoral system of the present study indicate the positive financial and economic viability. Highlighting, the sub products have not been considered in the benefit/cost analysis. This is mostly due to input cost in relation to Piñón productivity, low fossil diesel prices, no price of the by-products (despite the potential as animal feed after detoxifying the seed cake) and harvest hand work. It is necessary to mention that the estimates were obtained from real data. Although, the covariance analysis revealed a decreasing of the Piñón seed production.

### **Acknowledgments**

The authors of the present article thank the two anonymous reviewers for the observation, suggestion and correction made to the present contribution. We also thank to the Director of the Portoviejo Experimental Research Station of INIAP period 2015-2016 for the provision of financial resources to updating the information and ULEAM resource supply for logistics.

A pesar que, la estructura de costo presentados abarca el 42.71% de los costos totales para la compra de insumos (semovientes más medicinas). La producción de biocombustibles no requiere de subsidio alguno para demostrar su viabilidad financiera y económica del sistema. En relación a los subsidios, este mecanismo de ayuda económica podría proveer un incremento de la rentabilidad para los agricultores focalizados a ciertas etapas de cultivo. Esto ocurre por ejemplo en India, el subsidio para pequeños productores fue de aproximadamente el 90% para los sistemas de irrigación y entre 40-100% para la preparación del suelo. Los fondos provienen de diferentes fuentes privados e incluyen los gubernamentales (32). En México, los subsidios no cubren todos los costos reales de establecimiento y mantenimiento. El número de agricultores que quisieron participar en los proyectos del Piñón fue alto si el subsidio estuvo presente y disponible. No obstante, esto afectó la rentabilidad global del Piñón. Además, en México se observó que el subsidio fue la principal motivación de los agricultores para cultivar el Piñón (30).

En conclusión, los análisis económicos y financieros de los sistemas silvopastorales del presente estudio indican la viabilidad financiera positiva. Resaltando que, no se han considerado subproductos de semillas del Piñón en el análisis de beneficio/costo. Esto se debe mayormente a los costos de insumos en relación a la productividad del Piñón, bajos precios del diésel fósil, ningún precio de los subproductos (a pesar del potencial como alimento animal después de desintoxicar la torta de semillas) y los requerimientos de mano de obra para la cosecha. Es necesario resaltar que, las estimaciones fueron obtenidas de datos reales, pero para un período de siete años de madurez del Piñón. Aunque, el análisis de covarianza reveló una tendencia decreciente de la producción de semillas de Piñón.

### **Agradecimiento**

Los autores del presente artículo agradecen a los dos revisores anónimos por las observaciones, sugerencias y correcciones realizadas a la presente contribución. Nosotros también reconocemos al Director de la Estación Experimental de Investigación Portoviejo (EEP/INIAP) periodo 2015-2016 por la disposición de fondos para la actualización de la información base de esta investigación y a la ULEAM por el suministro de recursos para la logística.

## REFERENCIAS

1. Koh LP, Miettinen J, Liew SC, Ghazoul J. Remotely sensed evidence of tropical peatland conversion to oil palm. *Proc Natl Acad Sci* 2011; 108(12):5127-5132.
2. Nepstad D, Soares-Filho BS, Merry F, Lima A, Moutinho P, Carter J, et al. The end of deforestation in the Brazilian Amazon. *Science* 2009; 326(5958):1350-1351.
3. van Dam J, Junginger M, Faaij APC. From the global efforts on certification of bioenergy towards an integrated approach based on sustainable land use planning. *Renew. Sustain. Energy Rev* 2010; 14(9):2445-2472.
4. Ndong R, Montrejaud-Vignoles M, Saint Girons O, Gabrielle B, Pirot R, Domergue M, et al. Life cycle assessment of biofuels from *Jatropha curcas* in West Africa: a field study. *GCB Bioenergy* 2009; 1(3):197-210.
5. Romijn H, Heijnen S, Rom Colthoff J, de Jong B, van Eijck J, Economic and Social Sustainability Performance of *Jatropha* Projects: Results from Field Surveys in Mozambique, Tanzania and Mali. *Sustainability* 2014; 6(9):6203-6235.
6. Kalam MA, Ahamed JU, Masjuki HH. Land availability of *Jatropha* production in Malaysia. *Renew Sustain Energy Rev* 2012; 16(6):3999-4007.
7. Afiff S. Engineering the *jatropha* hype in Indonesia. *Sustainability* 2014; 6(4):1686-1704.
8. Hunsberger C. *Jatropha* as a biofuel crop and the economy of appearances: experiences from Kenya. *Rev Afr Polit Econ* 2013; 41(140):216-231.
9. Everson CS, Mengistu MG, Gush MB. A field assessment of the agronomic performance and water use of *Jatropha curcas* in South Africa. *Biomass Bioenergy* 2013; 59:59-69.
10. Edrisi SA, Dubey RK, Tripathi V, Bakshi M, Srivastava P, Jamil S, et al. *Jatropha curcas* L.: a crucified plant waiting for resurgence. *Renew Sustain Energy Rev* 2015; 41:855-862.
11. Timilsina GR. Biofuels in the long-run global energy supply mix for transportation. *Philos Trans R Soc London A: Math Phys Eng Sci* 2013; 372(2006):20120323.
12. GEXSI LLP. Global market study of *Jatropha*.; Final Report Prepared for the World Wide Fund for Nature (WWF), London, Berlin, 2008.
13. Walmsley D, Bailis R, Klein AM, A Global Synthesis of *Jatropha* cultivation: Insights into Land Use Change and Management practices. *Environ Sci Technol* 2016; 50(17):8993-9002.
14. IICA. Piñón para Galápagos. 2016. URL Disponible en: [http://legacy.iica.int/Esp/regiones/andina/Ecuador/Paginas/proyecto\\_pi%C3%B1on\\_pag1.aspx](http://legacy.iica.int/Esp/regiones/andina/Ecuador/Paginas/proyecto_pi%C3%B1on_pag1.aspx)
15. Cañadas A, Molina C, Rade D, Fernández F. Seasons and planting densities interaction on forage production of eight hybrids maize, Ecuador. *Rev MVZ Córdoba* 2016; 21(1):5112-5123.
16. Cañadas A, Rade D, Domínguez JM, Murillo I, Molina C, Espinel R. Desarrollo y Perspectivas del Piñón y Palma Africana para la Producción Sostenible de Biodiesel. Portoviejo, Ecuador. INIAP; 2016.
17. Cañadas A, Rade D, Domínguez JM, Vargas-Hernández J, Molina C, Macías C. Variation in seed production of *Jatropha curcas* L. accessions under tropical dry forest conditions in Ecuador. *New F*, 2017; 48(156):1-15.
18. Van Eijck J, Romijn H, Balkema A, Faaij A. Global experience with *jatropha* cultivation for bioenergy: An assessment of socio-economic and environmental aspects. *Renew Sustainable Energy Rev* 2014; 23:869-889.
19. Cañadas A, Rade D. Bases económicas y desarrollo sostenible como plataforma para la elaboración de proyectos sostenibles. Ibarra, Ecuador. Ed. UTN; 2013.
20. Ramachandran Nair PK, Mohan Kumar B, Nair VD. Agroforestry as a strategy for carbon sequestration. *J Plant Nutr Soil Sci* 2009; 172(1):10-23.

21. Moraa V, Iiyama M, Nzuma J, Munster C, Nbatia OLE, Hunsberger C. Food or *Jatropha curcas* for biodiesel production? A cost benefit analysis in Kwale district. DSA Annual Conference 2009. University of Ulster, Coleraine Campus: University of Nairobi, World Agroforestry Center (ICRAF), Carleton University Canada; 2009.
22. Tomomatsu Y, Swallow B. *Jatropha curcas* biodiesel production in Africa: economics and potential value chain development for smallholder farmers. Nairobi: World Agroforestry Centre; 2007:33.
23. Wiskerke WT, Dornburg V, Rubanza CDK, Malimbwi RE, Faaij APC. Cost/benefit analysis of biomass energy supply options for rural smallholders in the semi-arid eastern part of Shinyanga Region in Tanzania. *Renew Sustainable Energy Rev* 2010; 14:148-165.
24. Wang Z, Calderón MM, Lu Y. Lifecycle assessment of the economic environmental and energy performance of *Jatropha curcas* L. biodiesel in China. *Biomass Bioener* 2011; 35:2893-2902.
25. Basili M, Fontini F. Biofuel from *Jatropha curcas*: environmental sustainability and option value. Department of Economic Policy, Finance and Development (DEPFID), University of Siena; 2009.
26. Loos TK. Socio-economic impact of a *Jatropha*-project on smallholder farmers in Mpanda, Tanzania: case study of a public-private-partnership project in Tanzania. Germany: University of Hohenheim, Hohenheim; 2009.
27. GTZ. *Jatropha* Reality-check: a field assessment of the agronomic and economic viability of *Jatropha* and other oilseed Crops in Kenya. Eschborn, Germany: Endelevu Energy, World Agroforestry Centre, Kenya Forest Research Institute; 2009.
28. Feto A. Energy, greenhouse gas and economic assessment of biodiesel production from *Jatropha*: the case of Eastern and North Eastern Ethiopia. Haramaya, Ethiopia: Hamarya University; 2011.
29. Iiyana M, Newman D, Munster C, Nyabenge M, Sileshi G, Moraa V, et al. Productivity of *Jatropha curcas* under smallholder farm conditions in Kenya. *Agroforest Syst* 2013; 87(4):729-46.
30. Skutsch M, Ríos Ed. Solís R, Riegelhaupt E, Hinojoso D, Gerfert, et al. *Jatropha* in México: environmental and social Impacts of an incipient biofuel program. *Ecol Soc* 2011; 16:11.
31. de Jongh J, Nielsen F. Lessons learned: *Jatropha* for local development. Wageningen, The Netherlands: FACT Foundation, 2011.
32. Axelsson L, Franzén M. Performance of *Jatropha* biodiesel production and its environmental and socio-economic impacts – a case study in Southern India. Göteborg, Sweden: Chalmers University of Technology; 2010.