

Revista Cubana de
Ciencias Forestales

CFORES

Volumen 10, número 3; 2022

Artículo original

Diversificación de cultivos en un sistema agroforestal cacaotero en el macizo del Jamal, municipio Baracoa

Crop diversification in a cocoa agroforestry system in the Jamal massif, Baracoa municipality

Diversificação de culturas em um sistema agroflorestal de cacau no maciço de Jamal, município de Baracoa

Manuel de Jesús Castillo Gámez^{1*}  <https://orcid.org/0000-0001-8177-3483>

Mariol Morejón García²  <https://orcid.org/0000-0002-0166-877X>

Gicli Manuel Suárez Venero¹  <https://orcid.org/0000-0002-5235-9192>

Isidro R. Acuña Velázquez²  <https://orcid.org/0000-0003-2311-250X>

¹Departamento de Forestal, Universidad de Guantánamo. Guantánamo, Cuba.

²Grupo de Investigación Agroecología, Universidad de Pinar del Río "Hermanos Saíz Montes de Oca". Pinar del Río, Cuba.

*Autor para la correspondencia: manuelcg@cug.co.cu

Recibido:2022-04-18.

Aprobado:2022-12-02.

RESUMEN

El incremento de la biodiversidad agrícola es una de las claves del éxito, en el empeño de alcanzar una agricultura sustentable, la motivación fundamental en la investigación realizada, la cual se planteó como objetivo evaluar el impacto de la diversificación de cultivos de ciclo corto en un Sistema Agroforestal de *Theobroma cacao* L., en el macizo del Jamal, municipio Baracoa, sobre un suelo Pardo Sialítico, relieve ondulado y



pendiente promedio del 15 %. Teniendo como punto de partida una amplia revisión bibliográfica, se establecieron los materiales y métodos, seleccionándose dos plantaciones ubicadas en las mismas condiciones edafoclimáticas. En una de ellas se aplicaron alternativas para la diversificación de cultivos en el sistema agroforestal de cacao (policultivo) y en la otra se mantuvo las condiciones normales del manejo de las plantaciones en monocultivo. Las siembras se realizaron durante el periodo desde febrero del 2017 hasta el primer semestre del 2018, en el macizo cacaotero del Jamal, municipio Baracoa. Los cultivos de ciclo corto utilizados: *Zea mays* L. (maíz), *Cucurbita pepo* L. (calabaza), *Cajanus cajan* (L.) (frijol gandul) Huthy, *Colocasia esculenta* (L.) Schott. (malanga). Se comparó la eficiencia productiva de las siembras de los cultivos intercalados frente a las realizadas en monocultivo, para lo cual se utilizó el índice equivalente del uso de la tierra (IET). Coincidiendo con varios investigadores expertos en el tema, se validó que los policultivos alcanzaron mayor eficiencia que las siembras de monocultivos al presentar valores de IET superiores a la unidad (1), sin afectarse el cultivo principal y sus rendimientos. Se demostró que asociar cultivos de ciclo corto al cultivo de cacao, permite obtener diversas cosechas, incrementar las producciones agrícolas, generar ingresos adicionales al productor y mejorar su soberanía alimentaria, factores que impactan positivamente en la sostenibilidad del sistema agroforestal cacaotero.

Palabras clave: Cacao; Sistema agroforestal; Policultivos; Eficiencia.

ABSTRACT

The increase in agricultural biodiversity is one of the keys to success. In the efforts of achieving a sustainable agriculture, the fundamental motivation in this research, was to evaluate the impact of the diversification of short-cycle crops in a System Agroforestry of *Theobroma cacao* L., in the Jamal massif, Baracoa municipality, on Sialitic Brown soil, undulating relief and average slope of 15 percent. Taking an extensive bibliographical review as a starting point, the materials and methods were established, selecting two plantations located in the same edaphoclimatic conditions. In one of them, alternatives were applied for the diversification of crops in the cocoa agroforestry system (polyculture) and in the other the normal conditions of the management of monoculture plantations were maintained. Plantings were carried out during the period from February 2017 to the first semester of 2018, in the Jamal cocoa massif, Baracoa municipality. Short cycle crops used: *Zea mays* L. (corn), *Cucurbita pepo* L. (pumpkin), *Cajanus cajan* (L.) (pipe pigeon pea) Huthy, *Colocasia esculenta* (L.) Schott. (malanga). The productive efficiency of intercropping crops was compared to those carried out in monoculture, for which the equivalent index of land use (IET) was used. Coinciding with several expert researchers on the subject, it was validated that polycultures achieved greater efficiency than monoculture crops by presenting IET values greater than unity (1), without affecting the main crop and its yields. It was shown that associating short-cycle crops with cocoa cultivation allows obtaining various crops, increasing agricultural production, generating additional income for the producer and improving their food sovereignty, factors that positively impact the sustainability of the cocoa agroforestry system.

Keywords: Cocoa; Agroforestry system; polycultures; Efficiency.



RESUMO

O aumento da biodiversidade agrícola é uma das chaves do sucesso, no esforço para alcançar uma agricultura sustentável, a motivação fundamental nas pesquisas realizadas, que visavam avaliar o impacto da diversificação das culturas de ciclo curto em um sistema agroflorestal de *Theobroma cacao* L., no maciço de Jamal, município de Baracoa, em um solo sialítico marrom, relevo ondulado e declive médio de 15%. Com base em uma extensa revisão bibliográfica, os materiais e métodos foram estabelecidos, selecionando duas plantações localizadas no mesmo solo e nas mesmas condições climáticas. Em uma delas, foram aplicadas alternativas de diversificação de culturas no sistema agroflorestal do cacau (policultura), e na outra, foram mantidas as condições normais de manejo de monoculturas. As plantações foram realizadas durante o período de fevereiro de 2017 até a primeira metade de 2018, no maciço de cacau de Jamal, município de Baracoa. As culturas de ciclo curto utilizadas foram: *Zea mays* L. (milho), *Cucurbita pepo* L. (abóbora), *Cajanus cajan* (L.) (ervilha de pombo) Huthy, *Colocasia esculenta* (L.) Schott (malanga). A eficiência produtiva do cultivo entre culturas versus monocultura foi comparada utilizando o índice de uso da terra equivalente (ETI). De acordo com vários pesquisadores especialistas no assunto, foi validado que as policultura alcançaram maior eficiência do que as monoculturas ao apresentar valores ETI superiores à unidade (1), sem afetar a cultura principal e seus rendimentos. Foi demonstrado que a associação de culturas de ciclo curto ao cultivo do cacau permite obter colheitas diversas, aumentar a produção agrícola, gerar renda adicional para o produtor e melhorar sua soberania alimentar, fatores que têm um impacto positivo na sustentabilidade do sistema agroflorestal do cacau.

Palavras-chave: Cacau; Sistema Agroflorestal; Policultura; Eficiência.

INTRODUCCIÓN

En la actualidad, la producción agropecuaria se sustenta en un modelo que simplifica los agroecosistemas con monocultivos; a pesar de que la biodiversidad es necesaria para la seguridad alimentaria de la población mundial (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO, 2018). La consolidación de este enfoque reduccionista y altamente dependiente de insumos químicos ha contribuido al deterioro del suelo, contaminación del agua e incluso afectado la salud humana, caracterizándose la agricultura moderna por su gran uniformidad (Sarandón, 2022).

La investigación agrícola se ha orientado de manera tradicional hacia el monocultivo, y son limitados los trabajos sobre los cultivos de asociación. Ante la creciente demanda de alimentos y la necesidad actual de practicar una agricultura sostenible, los cultivos múltiples constituyen una alternativa viable por su potencialidad de producción y el uso eficiente de los recursos.

De ahí que, los sistemas agroforestales (SAF) constituyen una alternativa ante la problemática de los monocultivos; permiten desplazarlos debido a que implican la combinación de árboles forestales con otros cultivos, o con animales domésticos, o ambos. Entonces resulta que, mejora la producción por unidad de área mientras que al mismo tiempo se respeta el principio de obtener rendimientos sostenibles (Torres et al., 2014). Del mismo modo, por medio de la integración de árboles en las fincas y paisajes agrícolas, se diversifica y sustenta la producción para incrementar los beneficios sociales,



económicos y ambientales de agricultores de todos los niveles (Mata, 2012) citado por Mata (2018).

En este contexto, varios estudios han demostrado las bondades de la diversidad en los campos agrícola, en relación con el incremento de la productividad vegetal (Ebel *et al.*, 2017; Rodríguez, *et al.*, 2019), mejoramiento de ingresos (Aguirre, 2012), asociación de cultivos como alternativa para el desarrollo de una agricultura sustentable (Tamayo y Orihuela, 2022), optimización del agua e incremento de fertilidad del suelo (Navas Panadero *et al.*, 2020), bienestar familiar (Vásquez González *et al.*, 2018) y el fomento de prácticas sociales y ambientales sostenibles (Vogt, 2019).

Es necesario evidenciar las bondades de este tipo de innovación de manera integral; así como también, los principales tipos de arreglos que se pueden identificar en el sector rural. Por tanto, la necesidad de evaluar cultivos específicos para estos patrones de cultivo ha sido discutida (Sarandón y Chamorro, 2003) y a partir de las evidencias encontradas se ha establecido la posibilidad de identificar nuevas combinaciones de especies para siembras de cultivos asociados. Por este motivo, la presente investigación, realizada durante dos años, tuvo como objetivo evaluar el impacto de la diversificación de cultivos de ciclo corto en un Sistema Agroforestal de *Theobroma cacao* L., en el macizo del Jamal, municipio Baracoa, provincia Guantánamo, Cuba, sobre un suelo Pardo Sialítico, relieve ondulado y pendiente promedio del 15 %.

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se realizó en áreas perteneciente al macizo cacaotero del Jamal, específicamente en la Unidad Básica de Producción Cooperativa (UBPC) "José Maceo Grajales", ubicada en el consejo popular del mismo nombre, correspondiente al municipio Baracoa de la provincia de Guantánamo, Cuba, localizadas en los 20°16'34,65" latitud norte y 74°25'32,35" de longitud oeste, a 23 msnm. La misma se desarrolló en plantación de cacao de 23 años de edad, con rendimientos de 0,45 t. ha⁻¹ en sistemas agroforestales no diseñado, sobre un suelo con agrupamiento Pardo Sialítico, (Hernández *et al.*, 2015), relieve ondulado y pendiente promedio del 15 %.

Para la investigación se trabajó en una plantación de cacao en producción establecida y rehabilitada a través de un arreglo espacial de 3 x 3 m de forma combinada con árboles forestales sombreadores fundamentalmente de *Gliricidia sepium* y *Samanea saman*.

Se escogieron ocho hileras de cacao con ocho plantas para un total de 400 m² de superficie. Se estableció un diseño *cuasi* experimental con dos tratamientos (con y sin tratamientos) donde cada tratamiento está formado por seis plantas en la misma hilera sin distribución aleatoria. En cada extremo de los tratamientos, se dejó una planta de borde y una hilera completa entre los tratamientos en estudio (Figura 1).



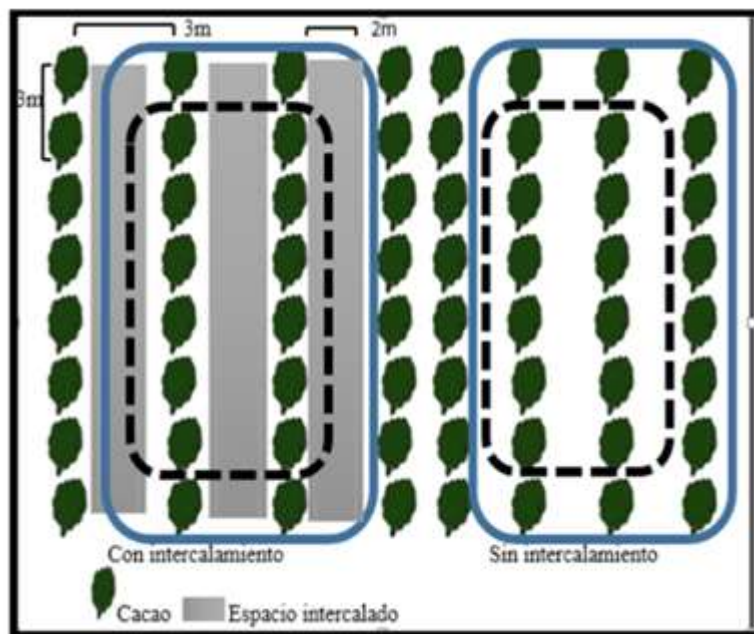


Figura 1. - Disposición de las plantas de *Theobroma cacao* L.

Manera para implantar los cultivos intercalados en cacao

El intercalamiento de cultivos de ciclo corto se inició en el mes de febrero del año 2017, tal y como se aprecia en la (Tabla 1), con la distribución de los cultivos en el tiempo durante el desarrollo del experimento, concluyéndose en el segundo semestre del año 2018.

Tabla 1. - Fecha de siembra cultivos de ciclo corto intercalados en plantación de *Theobroma cacao* L.

Cultivos	Año 2017	Año 2018
<i>Theobroma cacao</i> L.	Establecido	Establecido
<i>Cucurbita pepo</i> L.	Febrero- mayo	Febrero-mayo
<i>Zea mays</i> L.	Mayo - agosto	Mayo-agosto
<i>Cajanus cajan</i> L.	Mayo-diciembre	Mayo-diciembre
<i>Colocasia esculenta</i> (L.)	Marzo-diciembre	Abril-diciembre

Las siembras de los cultivos de ciclo corto se efectuaron intercalados en el cultivo de cacao con arreglos espaciales según el método tradicional de la localidad (figura 1). Los arreglos espaciales fueron los siguientes: para el maíz, un metro entre hileras (dos surcos de maíz entre calles de cacao) y a 0,30 m entre plantas y entre dos y tres granos



por nido. Para la siembra de la calabaza se depositaron tres semillas por nido (una sola hilera) a una distancia de 1,50 m entre la calle de cacao y a 1,50 metro entre plantas y dirigiendo manualmente sus guías por las entre calles evitando su penetración y cubrimiento a la superficie perteneciente a las plantas de cacao.

El frijol gandul fue sembrado cada 1,50 m entre plantas y a 1.50 m de las hileras de cacao que coinciden con el centro de las calles dentro de la plantación. La malanga fue sembrada a una distancia de 0,90 m entre surco (dos surcos de malanga entre calles de cacao) y 0,45 m entre plantas por el método manual.

Los cultivos de ciclo corto en monocultivo fueron sembrados en una superficie colindante de 400 m², conforme en el mismo período y recibieron las mismas atenciones culturales que en el momento del intercalamiento.

Labores culturales realizadas en los cultivos intercalados

Las labores culturales a cada cultivo se realizaron de acuerdo a las características de cada uno. No se realizaron labores de manejo de plagas en ninguno de los cultivos, ya que no se presentaron afectaciones que exigieran labores fitosanitarias. Posterior a la colocación de las semillas y realización del tapado, la humedad del suelo estuvo dependiendo de las lluvias teniendo en cuenta que estos cultivos de ciclo corto se obtienen en las montañas bajo condiciones de secano. No se le aplicó ningún tipo de fertilizantes.

El control de arvenses para el cultivo del maíz se realizó en su etapa crítica y para la labor de la calabaza se manejaron hasta la cobertura del campo por el follaje. Para el cultivo de la malanga se le realizaron la erradicación de plantas arvenses y aporque. En el manejo de la plantación del frijol gandul el control de arvenses, se hizo antes de que cerrara la plantación, por el método manual.

Evaluaciones ejecutadas en los cultivos intercalados

Para conocer la eficiencia de los cultivos de ciclo corto intercalados en el cacao, se utilizó el Índice Equivalente de Tierra (IET) (Vandermeer, 1989), donde la sumatoria de los rendimientos de los IET individuales de cada cultivo producto de las combinaciones dará el IET total, usado para comparar la productividad de los policultivos ante los monocultivos en un área determinada: $IET = \sum_{i=1}^n pp/pm$, donde pp es la producción en policultivo y pm es la producción en monocultivo.

Es necesario subrayar que el IET individual es el resultado del valor de la relación: producción en policultivo (pp) entre la producción de monocultivo. Cuando IET es > 1,0 (para dos cultivos o más), el policultivo es eficiente económicamente; < 1, significa que el policultivo no produjo más que los monocultivos en cuanto a unidad por área; valores = 1, significa que la unidad por área es igual en ambos sistemas de producción.

Entonces el $IET = IET_1 + IET_2 + IET_3 + ET_4$ son los IET de cada cultivo. El valor de la producción corresponderá a la suma de los valores de las producciones del total de cultivos participantes en cada siembra, más la del cacao. El Índice Equivalente de Tierra (IET) o Uso Equivalente de Terreno (UET) como también se le conoce, provee una medida de rendimientos alcanzados al establecer dos o más cultivos de forma intercalada, comparando estos resultados con los mismos cultivos, pero sembrados individualmente en un área determinada en forma de monocultivo. El (IET) es un método



empleado cuando se establecen cultivos asociados con el propósito de obtener un parámetro que indique la máxima productividad del área.

Generalmente es utilizado el IET para valorar la eficiencia agronómica, biológica y económica de los policultivos, poniendo a disposición de los productores estas alternativas, que repercutirán en sus ingresos y seguridad alimentaria; otro aspecto no menos importante lo constituye la incidencia de plagas, refiriéndose en la literatura consultada que el uso de este sistema disminuye la ocurrencia, y/o el control de insectos nocivos.

La eficiencia productiva del sistema estará en lograr que los valores de todas las producciones sumadas superen la unidad, indicador de que el policultivo es eficiente desde la dimensión económica. Los indicadores evaluados fueron: rendimiento de los cultivos de ciclo corto y de las dos cosechas de cacao de los años estudiados, en t. ha⁻¹.

Evaluación económica del intercalamiento en el cultivo de cacao

Se realizó el análisis económico a partir del cálculo que incluyó los gastos e ingresos incurridos en los cultivos intercalados, para obtener la utilidad neta, según SAGARPA (2015). El análisis se efectuó considerando los precios de los productos vigentes durante el periodo experimental.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El índice equivalente de tierra (IET) es utilizado como medida de eficiencia del cultivo intercalado. La Tabla 2, muestra los resultados de los rendimientos de los cultivos intercalados en el cultivo del cacao y sus respectivos índices equivalente de tierra (IET) (Tabla 2).

Tabla 2. - Rendimiento de los cultivos intercalados y determinación de sus respectivos IET individuales de los cultivos

Cultivos anuales en monocultivos	Rendimiento de los monocultivos (t. ha ⁻¹)	Rendimiento de los policultivos (t. ha ⁻¹)	IET individuales de los cultivos anuales (t. ha ⁻¹)
Maíz	0,335	0,157	0,468
Calabaza	0,384	0,187	0,486
Malanga	0,284	0,112	0,394
Frijol Gandul	0,270	0,107	0,396
Totales	1,273	0,563	1,744

Fuente: Elaborada por los autores a partir de información captada en la UBPC José Maceo Grajales.



Al respecto (García-González *et al.*, 2015) dan a conocer que la rotación de cultivos y los policultivos se desarrollan con el fin de estimular la fertilidad natural del suelo, controlar las plagas, restaurar la capacidad productiva y obtener mayor IET, por lo que estas prácticas pueden aumentar los rendimientos en la mayoría de los cultivos económicamente importantes.

Es oportuno señalar, referente a las plagas que no hubo que tomar medidas de control en la investigación realizada, lo cual corrobora lo planteado por los autores referenciados. Reafirmado por la (FAO, 2018) que considera que las asociaciones de cultivo son un componente importante en el uso de la biodiversidad para el manejo de insectos y microorganismos perjudiciales, lo que constituye un aspecto crucial en la agricultura, principalmente porque puede minimizar el uso de agroquímicos al fomentar el control biológico.

Al existir diferentes especies de plantas dentro de una misma área, muchos enemigos naturales son atraídos por la variedad de flores que se genera por los cultivos, logrando mantener un mejor control natural de los mismos. A la vez, cuando las plagas se controlan biológicamente en un alto porcentaje, el uso de pesticidas disminuye considerablemente, por tanto, los policultivos, tienen esa ventaja económica que es de mucha importancia para los productores.

De acuerdo con los análisis de los rendimientos promedio de los cultivos de ciclo corto intercalados y la determinación de sus respectivos Índice Equivalente de la Tierra (IET), los rendimientos de los cultivos en monocultivo fueron muy superiores respecto a los cultivos asociados. Los rendimientos de los cultivos estudiados en monocultivos estuvieron al nivel de la producción promedio de la localidad, a excepción del frijol gandul que no se tiene referencia, lo que se recomienda investigar.

Todo esto parece confirmar que, en los policultivos, la productividad por área es menor que la producción de los monocultivos, considerando que las densidades de las plantas son altas en los monocultivos.

Sin embargo, la sumatoria de los rendimientos alcanzados en los policultivos, garantiza una mayor producción respecto a los monocultivos.

De ahí que, los resultados, muestran que las siembras asociadas pueden constituirse en una alternativa viable para los pequeños productores cacaoteros. Son varias las ventajas de dicho sistema, entre las cuales se puede destacar: la diversificación de la producción, y el máximo aprovechamiento de los recursos presente en las parcelas. Esta práctica tiene muchas utilidades ya que tiende a maximizar la producción (Funes-Monzote, 2009). Por otro lado, los policultivos, también tienen un impacto positivo en la supresión de arvenses, lo que propicia menos competencia por los nutrientes entre estos y los cultivos.

De estos tratamientos, la combinación de maíz y calabaza con el cultivo principal generó el mayor Índice Equivalente de Tierra, es decir, resultó ser el policultivo más productivo. En otras palabras, como se puede observar en la Tabla 2, la calabaza fue el cultivo de mejor comportamiento seguido del maíz, ambos con rendimientos que garantizan eficiencia económica.



En relación con el cultivo del maíz, el rendimiento fue mayor de lo esperado, aun cuando no fue tan alto; pero fue uno de los cultivos de ciclo corto con mejor rendimiento productivo, conjuntamente con la calabaza, sobre todo en el primer año.

En contraste con lo anterior, para el siguiente año para ambos cultivos los rendimientos no fueron favorables, sobre todo el cultivo del maíz en la segunda repetición del tratamiento del año 2018, al no obtener el potencial productivo respecto al año anterior, como lo fue además la calabaza, en menor proporción.

En la segunda etapa pudo haber influido la incidencia de la sombra del cacao, por el brote de nuevas ramas en el sistema agroforestal cacaotero. Se destaca que hubo una interacción mutuamente positiva entre estos cultivos y el cacao mostrando buena coexistencia y viabilidad económica y ecológica. Es válido plantear que no se tiene referencia de la existencia de algunos efectos entre estos cultivos en su asociación con el cultivo principal, o sea, el cacao.

Por otro lado, la malanga y el frijol gandul fue la de menor eficiencia con valores similares, aunque con rendimientos favorables y buena complementación fisiológica respecto al cultivo del cacao como se muestra en la Figura 2, para el cultivo de la malanga (Figura 2).



Figura 2. - Representación del cultivo de malanga + cacao intercalado en el sistema agroforestal



Por lo que, incluir al cultivo de la *Colocasia esculenta* L. y *Cajanus cajan* L. en la diversificación, no se considera una estrategia despreciable. Al contrario, por la tendencia contemporánea de aumentar la agrobiodiversidad en los sistemas de producción, así como la diversificación, es una práctica para incrementar las producciones agrícolas y mejorar la soberanía alimentaria de los productores.

Por otra parte, también debe quedar claro que existe la necesidad de adaptar los policultivos, a los retos del presente, teniendo en cuenta la selección adecuada del mismo por el productor, las características del área productiva, las exigencias del manejo, las costumbres y tradiciones, entre otros factores.

Se precisa, además, tener en cuenta que la competencia por intercalamiento puede influir, dependiendo de la edad del cultivo del cacao, tipo de cultivo, manejo agronómico y de los arreglos espaciales que se efectúen. De donde, con buenas prácticas agronómicas en el cultivo intercalado, cantidad de plantas acordes con las distancias de siembra del cultivo principal, y con el buen manejo de los suelos, es posible obtener productos agrícolas, aumentar así, la eficiencia económica y ambiental del sistema agroforestal cacaotero, e incrementar la calidad de vida de los productores.

Establecer los cultivos agrícolas en el tiempo y el espacio, considerando las condiciones del entorno que cada cultivo necesita, los requerimientos de manejo cultural de los cultivos al desarrollarse de forma intercalada, así como las necesidades de manejo para todo el sistema agroforestal cacaotero y de acciones adicionales como son la conservación del suelo o el mejoramiento del microclima del sistema agroforestal, con la regulación de sombra y otras formas muy específicas en las fincas de cacao, aumenta la eficiencia en el uso de la tierra y la productividad del agroecosistema estudiado.

Dentro de este marco, es significativa la importancia de estos resultados en general, pues, son aportes de productos alimenticios que normalmente se dejan de producir en condiciones de monocultivo y, que, pueden representar un ingreso para el productor.

El (IET) total registró un valor de 1,74 para los policultivos siendo mayor que la unidad de superficie (Tabla 2), lo que indica que estos sistemas son más productivos que los monocultivos por unidad de terreno ocupado (Jiménez *et al.*, 2017). Esto expresa que el área plantada con monocultivos necesitaría ser 74 % mayor que la ocupada con policultivo, para producir lo mismo (Gliessman, 2002). En otros términos, indica que los monocultivos requieren de 74 % más de superficie, para obtener iguales rendimientos que los policultivos. También representa que el sistema de policultivo tuvo un sobre rendimiento de 74 % más de producción por unidad de superficie que los monocultivos por separado.

Por tanto, se necesita 1,74 ha del mismo cultivo para obtener la misma productividad de una hectárea de policultivo. Indica el área total requerida para producir la misma cantidad de cada cultivo cuando se siembran separados.

Por tanto, los resultados obtenidos muestran que el intercalamiento de los cultivos de ciclo corto dentro de los espacios del cultivo perenne (cacao), aporta un IET que superó el valor de la unidad en un porcentaje considerable. Este cálculo nos revela también como una especie usa los espacios en relación a la otra, entonces se considera que valores mayores que uno (1) indican simbiosis de las especies y menores antagonismos entre ellas.



Los resultados alcanzados se corroboran con estudios realizados por (Ochoa, 2018) pero, con mezcla de variedades de frijol asociados e intercalados con maíz en Ecuador, que han reportado valores de Índice Equivalente de Tierra, superiores a uno. En la misma línea Ebel *et al.*, (2017) consideran que lo policultivos generan una mayor eficiencia en términos agronómicos, al considerar el efecto individual de cada uno de los componentes y la producción concebida como un conjunto, obteniéndose una respuesta global mayor que el monocultivo.

En tal sentido, los investigadores (Ordóñez *et al.*, 2018) señalan que arreglos con base en el cacao (*Theobroma cacao L.*), café (*Coffea arabica*) o plátano (*Musa ABB*), en asociación con otros cultivos, se pueden identificar en predios de pequeños productores de Colombia, Ecuador y Perú, donde los productores locales defienden la diversificación en sistemas agroforestales cacaoteros, que les ha permitido mejorar su alimentación, conservar la agrobiodiversidad y mantener la identidad cultural.

Por otro lado, los resultados obtenidos evidencian una mejor eficiencia en el uso de la tierra al aportar mejor aprovechamiento del suelo, lo que posteriormente representara una ganancia desde el punto de vista económico, al ser el valor promedio igual al 43 % de todos los IET determinados en cada cultivo.

Al mismo tiempo, los IET individuales proporcionaron un importante aprovechamiento de la superficie del suelo durante los dos años, propiciando la obtención de mayores ingresos y ganancias en términos económicos, una vez analizados los gastos por inversión.

Para los resultados de este trabajo por haberse utilizado cuatro cultivos de ciclo corto en dos años y dos cosechas de cacao el índice es el siguiente:

$IET = \sum_{in} (IET_{r1} + IET_{r2}) + (IET_{1, 2, 3, 4})$ donde $r1$ y $r2$ son los valores de las cosechas de cacao en t.ha⁻¹. IET 1, 2, 3, 4 son los valores de las cosechas de los cultivos de ciclo corto.

Para los dos años el valor del IET ascendería a la Σ de los dos años, es decir:

- $IET = \Sigma [IET_{cacao}] + [IET_{cultivos\ ciclo\ corto}]$
- $IET = 0,13 + 0,32] + [0,468 + 0,486 + 0,394 + 0,396]$
- $IET = 0,45 + 1,74$
- $IET = 2,19$

Los valores de IET de estos cultivos representan un aporte considerable al sistema agroforestal frente a un cultivo perenne como el cacao. En el caso estudiado en el año 2017, después del huracán Mathew de octubre del 2016, a nivel de UBPC, se alcanzó una productividad muy baja, 0,07 t. ha⁻¹, que estuvo muy lejos de rebasar el promedio de la media del municipio Baracoa, de 0,40 t. ha⁻¹.

Por lo que sigue, la combinación de estos cultivos intercalados en la plantación de cacao y alternando durante el año, podría ser una opción recomendable para los agricultores, que inicien fomentos, renovación o rehabilitación e incluso en aquellos espacios que por diferentes causas no se aprovechan en los sistemas agroforestales cacaoteros.



Referente a los arreglos policulturales (Vásquez *et al.*, 2018) considera que es posible identificar diversos tipos de arreglos en territorios con predominio de la agricultura campesina. Asimismo, Aguilar *et al.* (2019) concluyeron que, en los agroecosistemas tropicales, los policultivos son más eficientes en el uso de la tierra con relación a los monocultivos de las especies básicas cuando se manejan bajo el enfoque de la agricultura orgánica, lo cual señala que las interrelaciones ecológicas que suceden en los cultivos múltiples benefician al sistema integral, contribuyendo con la producción sostenible e inocua de maíz, frijol y calabaza. En áreas campesinas de es habitual la mezcla de variedades de frijol en asociación con otros cultivos para disminuir la propagación de plagas, enfermedades y generar alimentos en diferentes temporadas.

Por otro lado, (Salgado-Mora *et al.*, 2018) indican las principales combinaciones en el cacao y el café, en asociación con otras especies agrícolas, frutícolas y diversas especies de árboles maderables. Resaltando (Vásquez *et al.*, 2018), su importancia por estar asociada al cultivo de una amplia diversidad de plantas comestibles y brindar una dieta más variada a los productores durante todo el año. De igual forma autores como, Alvez y Alayón (2020); Escobar *et al.*, (2020); Navas *et al.* (2020) revelan que la implementación de sistemas asociados puede constituirse en una alternativa adecuada para enfrentar adversidades, destacando, que las investigaciones desarrolladas en este marco, visibilizan las bondades de varios tipos de arreglos al registrar: (i) mayor diversidad biológica en el suelo; (ii) recuperación de tierras degradadas y reducción de procesos erosivos; (iii) aumento de materia orgánica; (iv) incremento de macro y micronutrientes en suelo por asociación con cultivo de leguminosas y especies arbóreas; y (v) mejor eficiencia en el uso del agua y de la radiación solar.

En resumen, estas asociaciones de cultivo son un componente importante en la actualidad para intensificar la producción, y a la vez, mejoran las condiciones agroecológicas, la biodiversidad de la finca, la protección del suelo y contribuir a una mayor sostenibilidad económica del productor.

Análisis económico

El análisis económico del resultado se presenta en la Tabla 3.

Tabla 3. - Análisis económico del intercalamiento de cultivos anuales en cacao

Cultivos	Rendimiento (t/ha ⁻¹)	Gastos (\$/ha ⁻¹)	Ingresos (\$/ha ⁻¹)	Utilidad (\$/ha ⁻¹)
Maíz	0,157	401	1192,46	791,46
Calabaza	0,187	276	486,96	210,96
Malanga	0,112	395	1033,26	638,26
Frijol Gandul	0,107	100	587,94	487,94
Total	0,563	1172	3300,62	2128,62

Fuente: Elaborada por los autores a partir de información captada en la UBPC José Maceo Grajales.

Al analizar y evaluar las interacciones entre los distintos actores económicos de estos resultados sobre los cultivos expuestos intercalados en el cultivo del cacao, se generó gastos al sistema de cultivos en las labores de siembras y atenciones culturales; sin embargo, se obtuvo unos ingresos generados por el aumento de la producción en MN de



\$3300,62 \$/ha, una utilidad o ganancia con un valor ascendente a 2128,62, pesos por hectárea.

En este contexto, el costo total de establecimiento de los policultivos, se incrementa por una mayor inversión en insumos como las semillas y el costo de mano de obra, a pesar de lo cual, al realizarse la cuantificación global de la producción obtenida, favorecerá la obtención de mayores ingresos y utilidades que en el monocultivo.

Al comparar estas evidencias Aguirre (2012) argumenta que en el tipo de arreglo implementado se puede identificar incrementos en el ingreso entre el 10 y 150 %. Al mismo tiempo el referido autor registró ingresos, superiores al 10 %, cuando el maíz estuvo intercalado con poroto caupí (*Vigna unguiculata*) y boniato (*Ipomea batatas*) en Uruguay. Asimismo, Aguirre (2017) al evaluar económicamente el sistema maíz-frijol-calabaza en Chiapas-México, obtuvo beneficios netos que superaron ampliamente al monocultivo de maíz (incluso en más del 100 %).

En efecto, al analizar investigaciones relacionadas con la asociación maíz-frijol-calabaza (milpa) en México y Uruguay, se evidencian la importancia de siembras en policultivo en comparación con el monocultivo.

De todo esto se desprende que, para el caso de estos cultivos intercalados, las experiencias obtenidas han permitido incrementar los ingresos en la finca. De la misma manera, es una oportunidad para aumentar el reciclaje de la materia orgánica que queda en los residuos de cosecha del cultivo intercalado.

Finalmente, al intercalar cualquier cultivo con el cacao debe hacerse el manejo agronómico independiente a cada cultivo, con el propósito de reducir la posible competencia del cultivo intercalado con el cacao, y de esta forma obtener ingresos adicionales sin afectar la producción fundamental.

CONCLUSIONES

Los resultados alcanzados evidencian que la diversificación de cultivos de ciclo corto en un Sistema Agroforestal Cacaotero constituye una alternativa factible para alcanzar una agricultura sustentable, reflejado en el mejor uso de los recursos naturales, incremento de la biodiversidad, manejo ecológico de plagas y enfermedades, que, sumado al aumento de los ingresos de los productores, garantiza la sostenibilidad del sistema agroforestal cacaotero.

La asociación interespecífica de cultivos anuales y bienales, al impactar positivamente en el incremento de los resultados, productivos, económicos y ambientales del agroecosistema cacaotero, garantizará una mayor eficiencia económica y ambiental del sistema.



REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGUIRRE, S. y GALVÁN, G.A., 2012. Instalación de sistemas de silvopastoreo con productores ganaderos de Colonia Gestido (Uruguay). *Agroecología* [en línea], vol. 7, no. 2, pp. 111-121. [Consulta: 3 diciembre 2022]. ISSN 1989-4686. Disponible en: <https://revistas.um.es/agroecologia/article/view/182891>.
- ALVEZ, N.V. y LUACES, P.A., 2020. Evaluación de policultivos frutihortícolas agroecológicos del Nordeste Argentino. *Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica* [en línea], vol. 55, no. 2, pp. 1-10. [Consulta: 3 diciembre 2022]. ISSN 1851-2372. Disponible en: http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S1851-23722020000200007&lng=es&nrm=iso&tlng=es.
- ANCHUNDIA, D.M., HERRADA, M.R. y MONTALVAN, E.L.S., 2018. Sistemas agroforestales con cultivo de cacao fino de aroma: entorno socio-económico y productivo. *Revista Cubana de Ciencias Forestales* [en línea], vol. 6, no. 1, pp. 103-115. [Consulta: 3 diciembre 2022]. ISSN 2310-3469. Disponible en: <https://cfores.upr.edu.cu/index.php/cfores/article/view/280>.
- EBEL, R., CÁRDENAS, J.G.P., MIRANDA, F.S. y GONZÁLEZ, J.C., 2017. Manejo orgánico de la milpa: rendimiento de maíz, frijol y calabaza en monocultivo y policultivo. *Terra Latinoamericana* [en línea], vol. 35, no. 2, pp. 149-160. [Consulta: 3 diciembre 2022]. ISSN, 2395-8030. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=57350494006>.
- ESCOBAR, M., PANADERO, A., MEDINA, C., CORRALES ALVAREZ, J., TENJO, A., MIGUEL, L. y SANDOVAL, B., 2020. Efecto de prácticas agroecológicas sobre características del suelo en un sistema de lechería especializada del trópico alto colombiano. *Research for Rural Development*, vol. 32, no. 40, pp. 58. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/340998749_Efecto_de_practicas_agroecologicas_sobre_caracteristicas_del_suelo_en_un_sistema_de_lecheria_especializada_del_tropico_alto_colombiano
- FAO, 2018. *Agricultura Sostenible y Biodiversidad. Un vínculo indisociable* [en línea]. 2018. S.l.: FAO. Disponible en: <http://www.fao.org/3/i6602s/i6602s.pdf>.
- GLIESSMAN, S.R., 2002. *Agroecología: procesos ecológicos en agricultura sostenible* [en línea]. Costa Rica, LITOCAT, Turrialba. ISBN 1-57504-043-3. Disponible en: <https://biowit.files.wordpress.com/2010/11/agroecologia-procesos-ecolc3b3gicos-en-agricultura-sostenible-stephen-r-gliessman.pdf>.
- GONZÁLEZ, A.Y.V., MEJÍA, C.C., TAPIA, F.H. y MELÉNDEZ, F.C., 2018. Milpa y seguridad alimentaria: El caso de San Pedro El Alto, México. *Revista de Ciencias Sociales (Ve)* [en línea], vol. 24, no. 2, pp. 24-36. [Consulta: 3 diciembre 2022]. Disponible en: <https://www.redalyc.org/journal/280/28059579003/html/>.
- HERNÁNDEZ, A., PÉREZ, J., BOSCH, D. y CASTRO, N., 2015. *Clasificación de los suelos de Cuba* [en línea]. 1st ed. La Habana, Cuba: Ediciones INCA. ISBN 978-959-7023-77-7. Disponible en: https://ediciones.inca.edu.cu/files/libros/clasificacionsueloscuba_%202015.pdf.



- JIMÉNEZ, M.E., SANDINO, D.V., ANTONIO, G.M. y ROSALÍO, L.G., 2017. Comparación de la ocurrencia poblacional de insectos plagas y beneficios en arreglos de policultivo y monocultivo de tomate (*Lycopersicon esculentum* bMill), chiltoma (*Capsicum annum* L.) y Maíz (*Zea mays* L.). *La Calera* [en línea], vol. 11, no. 8. Disponible en: <https://lacialera.una.edu.ni/index.php/CALERA/article/view/119>.
- NAVAS, A., ARAGÓN, L. y VALENZUELA, J., 2020. Efecto del componente arbóreo sobre la dinámica de crecimiento y calidad nutricional de una pradera mixta en trópico alto. *Revista de Medicina Veterinaria* [en línea], vol. 1, no. 41, pp. 71-82. DOI 10.19052/mv.vol1.iss41.7. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/345335703_Efecto_del_componente_arboreo_sobre_la_dinamica_de_crecimiento_y_calidad_nutricional_de_una_pradera_mixta_en_tropico_alto.
- RODRÍGUEZ RODRÍGUEZ, J.R., TOSQUY VALLE, O.H. y LÓPEZ SALINAS, E., 2019. Rentabilidad y eficiencia en el uso de la tierra del frijol asociado y en monocultivo. *Avances en Investigación Agrícola, Pecuaria, Forestal, Acuicola, Pesquería, Desarrollo rural, transferencia de Tecnología, Biotecnología, Ambiente, Recursos Naturales y Cambio Climático*. [en línea], Disponible en: <http://rctveracruz.org/descargarlibro/libros/Ag56.pdf>.
- SAGARPA, 2015. *Desarrollo Rural. Pesca y Alimentación. Agenda Técnica Agrícola de Chiapas*. Segunda edición. México: Secretaría de Agricultura. Ganadería. Desarrollo Rural. Pesca y Alimentación.
- SALGADO-MORA, M.G., 2018. CAPTURA DE CARBONO EN BIOMASA ÁEREA DE ÁRBOLES DE SOMBRA ASOCIADOS A *Coffea arabica* L. EN EL SOCONUSCO CHIAPAS, MÉXICO. *Agro Productividad* [en línea], vol. 11, no. 2. [Consulta: 3 diciembre 2022]. ISSN 2594-0252. Disponible en: <https://revista-agroproductividad.org/index.php/agroproductividad/article/view/136>.
- SARANDÓN, J.S., 2022. Biodiversidad, Agroecología y Agricultura Sostenible. Conferencia Congreso INCA. Cuba. *Conferencia Congreso*. Cuba: INCA.
- TORRES, B., MAZA, O.J., AGUIRRE, P., HINOJOSA, L. y GÜNTER, S., 2015. The Contribution of Traditional Agroforestry to Climate Change Adaptation in the Ecuadorian Amazon: The Chakra System. En: W. LEAL FILHO (ed.), *Handbook of Climate Change Adaptation* [en línea]. Berlin, Heidelberg: Springer, pp. 1973-1994. [Consulta: 3 diciembre 2022]. ISBN 978-3-642-38670-1. Disponible en: https://doi.org/10.1007/978-3-642-38670-1_102.
- TULIO, M., GARCÍA GONZÁLEZ, M.T., CASTELLANOS, L., ANTONIO, J., ROJAS, R., RAVELO, H., FERNÁNDEZ CANCIO, Y., WERLER, Y. y ÁGUILA, V., 2015. Biología y enemigos naturales de *Peregrinus maidis* (Ashmead) en el maíz (*Zea mays* L.) en sistemas de policultivos. *Centro Agrícola* [en línea], vol. 42, pp. 17-24. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/310952475_Biologia_y_enemigos_naturales_de_Peregrinus_maidis_Ashmead_en_el_maiz_Zea_mays_L_en_sistemas_de_policultivos.



VANDERMEER, J.H., 1992. *The Ecology of Intercropping* [en línea]. S.l.: Cambridge University Press. ISBN 978-0-521-34689-4. Disponible en: https://books.google.com/cu/books?id=CvyyTVq_o70C&printsec=copyright&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false.

VOGT, M., 2019. *Discrepancia en enfoque hacia una industria del café sostenible en Costa Rica: Perspectivas desde adentro; lecciones y percepciones*. S.l.: Ubiquity Press.

Conflictos de intereses:

Los autores declaran no tener conflictos de intereses.

Contribución de los autores:

Los autores han participado en la redacción del trabajo y análisis de los documentos.



Esta obra está bajo una licencia de Creative Commons Reconocimiento-NoComercial 4.0 Internacional. Copyright (c) 2022 Manuel de Jesús Castillo Gamez, Mariol Morejón García, Gicli Manuel Suárez Venero, Isidro Rolando Acuña Velázquez.

