

**Sustentabilidad del sistema de producción del maíz, en la provincia de Los Ríos (Ecuador),
bajo la metodología multicriterio de Sarandón**

**Sustainability of the corn production system, in the province of Los Ríos (Ecuador),
under the multi-criteria methodology of Sarandón**

**Hasang-Moran Edwin Stalin^{1*} , García-Bendezú Sady Javier² , Carrillo-Zenteno Manuel Danilo³ ,
Durango-Cabanilla Wuellins Dennis³ , Cobos-Mora Fernando Javier¹ **



Datos del Artículo

¹Universidad Técnica de Babahoyo.
Facultad de Ciencias Agropecuarias.
Av. Universitaria Km 21/2 Av. Montalvo.
Los Ríos, Ecuador.
Código postal: 120101.

²Universidad Agraria La Molina.
Facultad de Agronomía.
Departamento de Suelos.
Av. La Molina s/n.
La Molina, Lima, Perú.
Tel: (+51) 01 614 7800/Anexo 201-475.

³Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias
(INIA).
Estación Experimental Tropical Pichilingue (EETP).
Departamento de Manejo de Suelos y Aguas (DMSA).
Quevedo, Los Ríos.
Ecuador.
Tel: +593 969353137.

***Dirección de contacto:**

Edwin Stalin Hasang-Moran
Universidad Técnica de Babahoyo
Facultad de Ciencias Agropecuarias
Av. Universitaria Km 21/2 Av. Montalvo
Los Ríos, Ecuador
Código postal: 120101
Tel: +593 05-2572024

E-mail: chasang78@hotmail.com

Palabras clave:

Maíz,
metodología multicriterio,
producción,
sustentabilidad.

J. Selva Andina Biosph.
2021; 9(1):26-40.

ID del artículo: [101/JSAB/2021](https://doi.org/10.1/JSAB/2021)

Historial del artículo.

Recibido enero, 2021.
Devuelto marzo, 2021.
Aceptado abril, 2021.
Disponible en línea, mayo 2021.

Editado por:
*Selva Andina
Research Society*

Resumen

En Ecuador el área de siembra del maíz amarillo duro es de 383 399 ha, concentrándose la producción en la provincia de Los Ríos 45.4 %. Uno de los principales problemas que afecta la productividad de esta gramínea está en los sistemas de siembra utilizados, especialmente el monocultivo que alcanza el 42.3 %, el cual ocasiona vulnerabilidad del agroecosistema, principalmente por degradación de los suelos, erosión y extracción de nutrientes, resultando más agravante la quema de residuos que es una práctica muy habitual en este sistema agrícola, que implica la pérdida nitrógeno (N), fósforo (P) y poblaciones de microorganismos. La sustentabilidad de este sistema de producción debe basarse en incrementar los rendimientos que permitan mejorar la calidad de vida de los agricultores maiceros, sin que esto afecte las funciones y diversidad de los agroecosistemas. Este estudio de sustentabilidad se llevó a cabo en las principales zonas maiceras de la provincia de Los Ríos (Ventanas, Quevedo, Montalvo, Babahoyo, Vinces, Palenque, Baba, Mocache y Pueblo Viejo), considerando un total de 16899 UPA, habiéndose realizado 165 encuestas, con preguntas en el ámbito social, económico y ecológico, cuyos resultados indicaron la no sustentabilidad del sistema de producción agrícola de maíz, al mostrar dos de los tres indicadores evaluados, valores menores a dos según la escala de Sarandón.

2021. *Journal of the Selva Andina Biosphere*®. Bolivia. Todos los derechos reservados.

Abstract

In Ecuador, the sowing area of hard yellow corn is 383399 ha, concentrating the production in the province of Los Ríos 45.4 %. One of the main problems that affects the productivity of this grass is in the sowing systems used, especially the monoculture that reaches 42.3 %, which causes vulnerability of the agroecosystem, mainly due to soil degradation, erosion and nutrient extraction, resulting in more aggravating the burning of residues which is a very common practice in this agricultural system, which implies the loss of nitrogen (N), phosphorus (P) and populations of microorganisms. The sustainability of this production system must be based on increasing yields that allow improving the quality of life of corn farmers, without affecting the functions and diversity of agroecosystems. This sustainability study was carried out in the main corn-producing areas of the Los Ríos province (Ventanas, Quevedo, Montalvo, Babahoyo, Vinces, Palenque, Baba, Mocache and Pueblo Viejo), considering a total of 16899 UPA, having carried out 165 surveys, with questions in the social, economic and ecological fields, whose results indicated the unsustainability of the maize agricultural production system, by showing two of the three evaluated indicators, values less than two according to the Sarandón scale.

Keywords:

Corn,
multi-criteria methodology,
production,
sustainability.

2021. *Journal of the Selva Andina Biosphere*®. Bolivia. All rights reserved.

Introducción

El cultivo de maíz es de gran importancia socioeconómica, por sembrarse aproximadamente 162 millones de hectáreas anuales a nivel mundial, con una producción que sobrepasa 950 millones de toneladas en grano, alcanzando rendimientos promedios de 5.2 t/ha. Los productores más extensivos están localizados en EUA, China con 37 % y 21 % del total mundial respectivamente, también sobresalen EUA, Argentina, Brasil como los principales exportadores¹.

La producción de maíz en Ecuador es aproximadamente 500000 ha, siendo el único cultivo sembrado por todo el territorio nacional². Para el 2018 la superficie sembrada de maíz duro y seco a nivel nacional fue 383 399 ha, concentrándose en la provincia de Los Ríos 45.4 %³.

Los objetivos de la agricultura moderna son, maximización de la producción y por ende ganancias económicas, ésta utiliza prácticas como labranza intensiva, monocultivo, irrigación, aplicación de fertilizantes inorgánicos, control químico de plagas y manipulación genética de los cultivos⁴. El monocultivo, un sistema de siembra, ocasiona vulnerabilidad del agroecosistema, principalmente por degradación de suelos por erosión y extracción de nutrientes⁵, afectando su estructura al reducir el tamaño de agregados, por maquinaria agrícola^{6,7}.

Esté sistema de cultivo alcanzó un aumento progresivo en los últimos tiempos, siendo favorecido por fuerzas económicas, tecnologías como la mecanización, mejoramiento genético, que inducen el uso de agroquímicos para la fertilización y control de male

zas. Sicard & Altieri⁸ aseguran que hay menos cantidad de fincas, estas son grandes, especializadas, con requerimientos de capital intensivos. Según la FAO¹, con la expansión importante de inversiones en la región a través de pools de siembra, arriendos anuales de grandes extensiones o compras de terrenos, hoy la extensión de la tierra alcanza un nivel aún más alto, al que existía antes de las reformas agrarias, que se realizaron en varios países de América Latina y El Caribe.

Prácticas agrícolas que tuvieron impactos nocivos en la diversidad de ecosistemas, por tal razón, se proponen alternativas de desarrollo sustentable en el contexto agrícola que se fundamenten en la económica, ecológica y social⁹. En los últimos tiempos, se implementaron sistemas alternativos de manejo, como rotación de cultivos para alcanzar producciones sostenidas por el incremento de la materia orgánica del suelo (MOS), mejora de sus propiedades físico-químicas, de la misma manera, se considera que la asociación maíz-brachiaria, tiene como objetivo, producción de granos, materia vegetal de maíz, pasto, beneficioso para la sostenibilidad de la producción, principalmente si se considera la imprevisibilidad climática, típica en la actividad agrícola¹⁰.

Desde su origen, con el concepto de desarrollo sostenible en el Informe Brundtland en 1987, hasta llegar a sustentabilidad, adquirió papel central en las ciencias ambientales, incluso por ser considerado el principio de acción teleológico, es decir que, el conocimiento y la comprensión obtenidas en este tipo de

ciencias, es visto como un medio para lograr la sustentabilidad¹¹.

La sustentabilidad es la relación entre sistemas ecológicos y la intervención del hombre que permite mejorar e incrementar la calidad de producción, manteniendo simultáneamente la estructura, funciones y diversidad de los sistemas que sustentan la vida. También puede considerarse como el nivel de consumo, actividad humana, para sustentar sus necesidades actuales, sin comprometer los recursos del mañana, a fin de que estos sistemas proporcionen bienes, servicios, que persistan indefinidamente^{12,13}. La cimentación de procesos sustentables pasa por un abordaje holístico y por la necesidad de construcción colectiva de una red de interacciones, que la ciencia académica se presenta con serias limitaciones para responder a los grandes desafíos de la sociedad moderna¹³.

Un agroecosistema se puede considerarse sostenible, cuando satisface metas productivas sin comprometer la organización de los sistemas, a partir de ellos genera su operación de distinción, sin depender de insumos ajenos a su entorno inmediato, además, el sistema debe ser resiliente y adaptable. En lo social, resulta sostenible si su organización se mantiene en el tiempo, a través de relaciones equitativas, que aporten a la reproducción social y biológica del grupo generador. Para alcanzarlo, deben buscarse relaciones en el entorno social, que disminuyan prácticas de consumo excesivo, generación de pobreza, como la ambiental y social no sostenibles, respectivamente¹⁴. Es importante mencionar que un indicador es una variable seleccionada y cuantificada, que permite ver una tendencia que de otra forma no es fácilmente detectable. Estas deben conceder información sobre su condición y/o tendencia de un atributo considerado como relevante al sistema, también dar información para el proceso de toma de decisiones. Son elegidos para describir la evolución del sistema de interés y/o para determinar su comportamiento en relación a metas u objetivos. Si están bien diseñados, sirven para resumir o simplificar información

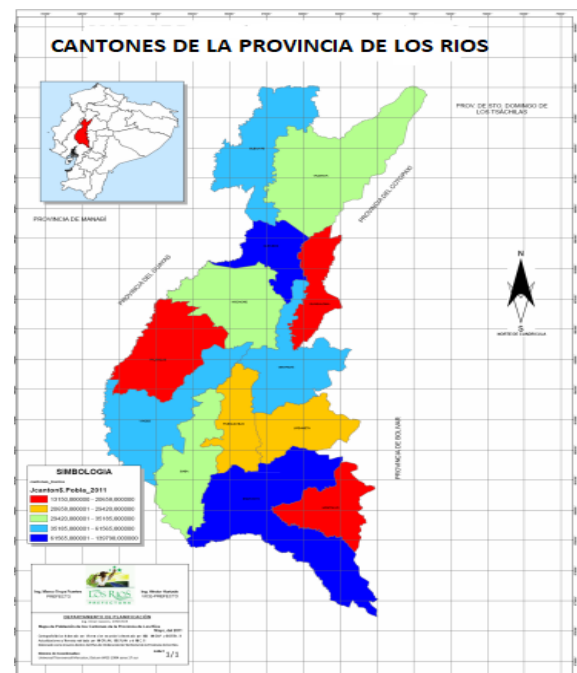
relevante, hacer perceptible el fenómeno de interés, además de cuantificar, medir y comunicar la información importante⁴.

El objetivo de la investigación fue de identificar el estado de sustentabilidad del sistema de producción de maíz en la provincia de Los Ríos, empleando la metodología de Sarandón, para mejorar el manejo de los suelos.

Materiales y métodos

La investigación se realizó en los principales sectores productores de maíz de la provincia de Los Ríos-Ecuador, en los cantones Ventanas, Quevedo, Montalvo, Babahoyo, Vines, Palenque, Baba, Mocache y Pueblo Viejo (figura 1). Situados en rangos de altitud entre 6 a 500 msnm, precipitaciones fluctuantes entre 1250 a 3000 mm, temperaturas promedio entre 16 a 26 °C, humedad relativa 82 % y heliofanía de 968 horas luz/año de la Estación meteorológica UTB-2018¹⁵.

Figura 1 Mapa de la provincia de Los Ríos, indicando los cantones en estudio



Para alcanzar el objetivo de esta investigación, se aplicaron métodos y técnicas de trabajo en campo como: i) *Diagnóstico* del manejo agrícola del maíz, se encuestaron a dirigentes, productores maiceros, personas con experiencia y conocimiento sobre este sistema agrícola, siguiendo los lineamientos propuestos ii) *Evaluación de la fertilidad y microbiología del suelo*, para estos análisis con la ayuda de un barreno a profundidad de 20 cm se colectaron 10 submuestras por localidad, de las cuales se formó una muestra representativa las que fueron analizadas en los laboratorios de fertilidad y microbiología de suelo de la Universidad Nacional Agraria La Molina¹⁶, se determinó contenido de: MO por el método de Walkley y Black modificado^{17,18}, la clase textural empleando Bouyoucos o Método del hidrómetro¹⁹. En los elementos, fósforo, potasio, calcio, magnesio, zinc, cobre, hierro y manganeso se utilizará como extractante Olsen Modificado (bicarbonato de sodio en EDTA a pH 8.5) para el análisis de fósforo el método de azul de molibdeno²⁰, los otros elementos se realizarán de acuerdo al manual del Laboratorio de Química del Centro de Investigación de Caña de Azúcar

del Ecuador²¹. A nivel microbiano se determinó: población y respiración microbiana por los métodos de dilución en placas y captura de álcali respectivamente²².

La *resistencia* a la penetración fue determinada *in situ* con un penetrómetro analógico modelo: SP06120. El cual utiliza un vástago metálico, que se hace descender valorando la resistencia a la penetración (Psi) que el suelo produce y se basa en el estándar ASAE S313.3²³, luego fueron georreferenciadas con un equipo GPS Garmin Etrex 30x.

Población y muestra. Según el Sistema de Información Nacional Agropecuario, entre los cantones Ventanas, Quevedo, Montalvo, Babahoyo, Vinces, Palenque, Baba, Mocache y Pueblo Viejo, poseen 16899 (UPA) unidad de producción agropecuaria, de maíz. Con el fin de llegar a una muestra representativa, se realizaron 165 encuestas con un nivel de confianza del 90 % obtenido por el método de proporciones, empleando la fórmula propuesta por Scheaffer et al.²⁴.

$$n = \frac{N \sigma^2}{(N-1) B^2 / 4 + \sigma^2}$$

Tabla 1 Indicadores, subindicadores y variables evaluadas

Dimensión económica (IK)	Dimensión ecológica (IE)	Dimensión socio cultural (ISC)
A.- Autosuficiencia alimentaria	A.- Conservación de suelos	A.- Satisfacción de las necesidades básicas
A1.- Diversificación de la producción	A1.- Manejo de cobertura vegetal	A1.- Vivienda.
A2.- Superficie de producción de Autoconsumo	A2.- Rotación de cultivos	A2.- Acceso a la educación
B.- Ingreso neto mensual	A3.- Diversificación de cultivos	A3.- Acceso a salud y cobertura
C.- Riesgo Económico	B.- Degradación del suelo	A4- Servicios.
C1.- Diversificación para la venta	B1.- Inclinación de pendiente (%)	B.-Aceptabilidad del sistema de producción
C2.- Canales de comercialización	B2.- Cobertura vegetal (%)	C.- Integración social
C3.- Dependencia insumos externos	C.- Manejo de Biodiversidad de cultivo	D.- Conocimiento y conciencia Ecológica
C4.- Superficie destinada al cultivo	C1.- Biodiversidad temporal	
C5.- Productividad	C2.- Biodiversidad espacial	
C6.- Tipos de materiales de siembra	D.- Nutrición de Cultivos	
C7.- Dependencia de subsidios	D1.- Criterios de fertilización	
	D2.- Uso de fertilizantes nitrogenados	
	D3.- Fertilidad del Suelo	
	E.- Factores de Degradación	
	E1.- Microbiología del suelo	
	E2.- Practicas de labranza	
	E3.- Resistencia a la penetración del suelo	

A, B, C, D = Indicadores; A1, B1, C1, D1= Sub indicadores

Sustentabilidad. La metodología empleada fue "multicriterio" propuesta por Sarandón²⁵, que considera a la vez los lineamientos de Smyth & Dumansky de 1995. Se emplearon indicadores, subindicadores y variables cuantificables adaptadas al cultivo de maíz, para analizar las dimensiones económicas, ecológicas y socioculturales (tabla 1), se asignaron valores de 0 a 4 siendo cero, menos sustentable y cuatro, más sustentable et al.²⁶.

Las fórmulas empleadas para el cálculo de los indicadores de sustentabilidad fueron las planteadas por Márquez & Julca²⁷.

Indicador económico (IK)

$$IK = \frac{2 \left(\frac{A1+A2}{2} \right) + B + \left(\frac{C1+C2+C3+C4+C5+C6+C7}{7} \right)}{4}$$

Indicador Ecológico (IE)

$$IE = \frac{\left(\frac{A1+A2+A3}{3} \right) + \left(\frac{B1+B2}{2} \right) + \left(\frac{C1+C2}{2} \right) + \left(\frac{D1+D2+D3}{3} \right) + \left(\frac{E1+E2+E3}{3} \right)}{5}$$

Indicador Sociocultural (ISC)

$$ISC = \frac{2 \left(\frac{A1+A2+A3+A4}{4} \right) + B + C + D}{5}$$

El índice de sustentabilidad general (ISGen), se calculó empleando los datos de los indicadores: económico (IK), ecológico (IE) y sociocultural (ISC).

$$ISGen = \frac{IK + IE + IS}{3}$$

Resultados

Textura. Predominaron los de textura franca para Babahoyo, Palenque, Mocache, Ventanas (aguas frías) y Montalvo, franco arcilloso para Vinces (Caimito), Ventanas (Lechugal), Pueblo Viejo y franco arcillo arenoso para el sector de Vinces (Abras de mantequilla).

Resistencia a la penetración. Varió entre 1.0 MPa y 1.3 MPa, estos valores indican que los suelos están cercanos al límite crítico de 1.4 MPa indicado para maíz, disminuyendo el volumen de suelo explorado por las raíces.

Materia Orgánica (MO). Estuvo en promedios de 3.1 %. Los suelos con mayor porcentaje de MO fueron Vinces (Caimito), Palenque, Pueblo Viejo, Ven-

tanás (Aguas Frías) y Montalvo con 4 %, siendo Ventanas (Lechugal) el sector con porcentaje más bajo 1 %, clasificándose este último como bajo según las dos escalas anteriores.

Macroelementos. Los contenidos de fósforo (P) y potasio (K) en el suelo, por otro lado, suelos de Ventanas (Aguas Frías) y Vinces (Abras de mantequilla) presentan valores bajos de estos elementos <434 mg kg⁻¹ de K y <8.4 mg kg⁻¹ de P.

Población microbiana. Los organismos mesófilos totales (OMT) como bacterias, actinomicetos y hongos se analizaron en unidades formadores de colonias (UFC)/g suelo seco. El sector que presentó mayor población de bacterias fue Montalvo con 1.0 x 10⁸ UFC/g de suelo y la más baja se determinó en Vinces (Abras de mantequilla) con 2.0 x 10⁶ UFC/g de suelo. Las mayores poblaciones de actinomicetos fueron evidenciadas en los sectores de Montalvo y Palenque con 9.5 x 10⁷ UFC/g de suelo, mientras que, la menor en Vinces (Abras de mantequilla) se registró 1.0 x 10⁶ UFC/g de suelo. La población de hongos obteniendo en Palenque resultó el más alto con 2.5 x 10⁶ UFC/g de suelo, en tanto que, Vinces (Abras de mantequilla) y Babahoyo, presentaron los más bajos niveles (5.5 x 10⁴ UFC/g de suelo).

Respiración microbiana. La actividad de respirometría microbiana, dio valores que variaron de 10 a 200 mg CO₂/kg suelo seco/día. En Palenque se registró mayor actividad con 200 mg CO₂/kg de suelo seco, muestra de mayor mineralización de MO, en tanto que, los sectores de Vinces (Abras de mantequilla), Ventanas y Pueblo Viejo presentaron menor actividad (<10 mg CO₂/kg de suelo seco).

Dimensión Económica. Diversificación de la producción. 42.3 % mantienen un sistema de monocultivo, generando pérdidas de ingresos adicionales, falta de diversidad de productos que puedan ser utilizados para la alimentación (figura 2), 39 % de los productores el ingreso neto mensual se encuentra entre 300 y 400 USD, 14.7 % supera 500 USD (figura 3).

Figura 2 Diversificación de productos para la venta

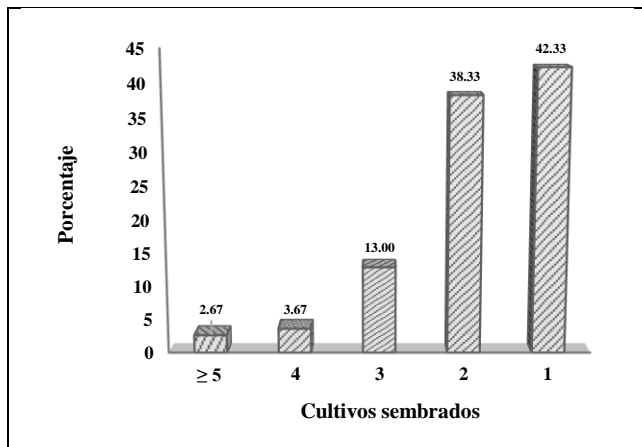
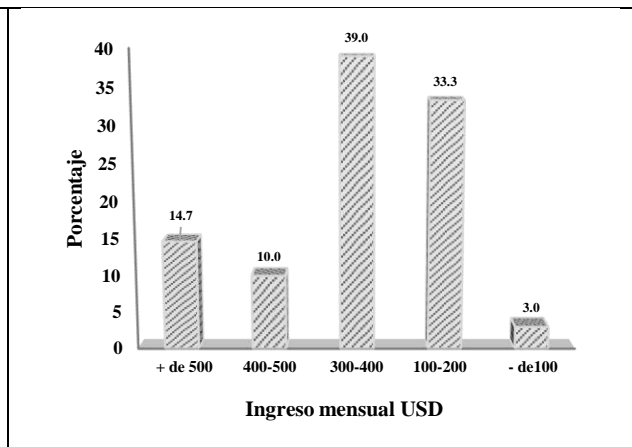


Figura 3 Ingreso neto mensual (dólares)



Superficie y producción

Figura 4 Superficie de producción maíz (ha)

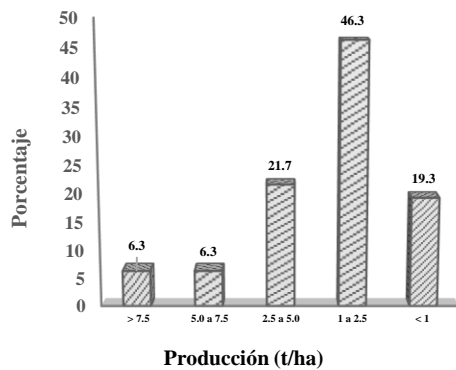
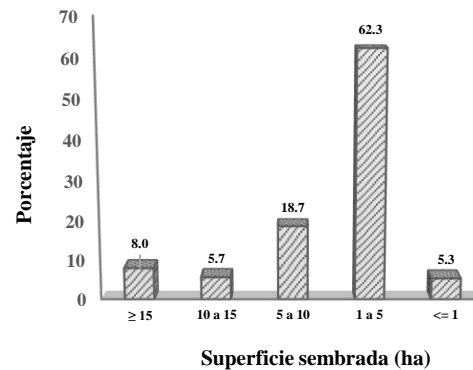


Figura 5 Productividad de maíz (t/ha)



Los sistemas de producción son manejados principalmente por pequeños agricultores (1 a 5 ha), 62.3 %, un pequeño porcentaje (8 %) destinan más de 15 ha para la siembra de esta gramínea (figura 4). De estos, el 46.3 % obtienen de 1 a 2.5 t/ha de producción, 21.7 % alcanzan de 2.5 a 5.0 t/ha. 12.6 % de productores mantienen niveles de producción superiores a 5.0 t/ha. (figura 5), y en el cultivo de maíz, la mayoría de los productores 35.7 %, ofertan por lo menos dos productos al mercado, utilizando solo un canal de comercialización el 93.3 %, 6.7 % utilizan más de dos canales, 35.3 % de los productores utilizan semillas

de alto potencial de rendimiento, sin embargo, la totalidad de los productores son dependiente de insumos externos para la productividad.

Dimensión Ecológica

Manejo de la cobertura y rotación. 91.3 % de los productores maiceros no mantienen cobertura del suelo, 0.7 % mantiene niveles de cobertura alto, esta cobertura vegetal la realizan en los bordes de los canales y en pequeñas áreas con cultivos como yuca, naranja, cacao (figura 6). De la misma manera, 59.7 % de los productores maneja el maíz como monocultivo, 20 % rota eventualmente y 0.7 % rota anualmente, figura 7.

Criterios y uso de nitrógeno. 7.3 % de los productores encuestados realizan la fertilización en base a un criterio técnico, análisis de suelo y foliar, 39.3 % realizan aplicaciones calendario (conocimiento empírico), 28 % según el presupuesto disponible figura 8,

61.1 % de los productores utilizan cantidades superiores a 200 kg/ha de nitrógeno, dejando solo al 4.4 % de los productores con aplicaciones por debajo de 100 kg/ha, 23.8 % en nivel de 150 a 200 kg/ha, que es lo recomendado para híbridos de alto rendimiento, figura 9.

Figura 6 Uso de cobertura vegetal

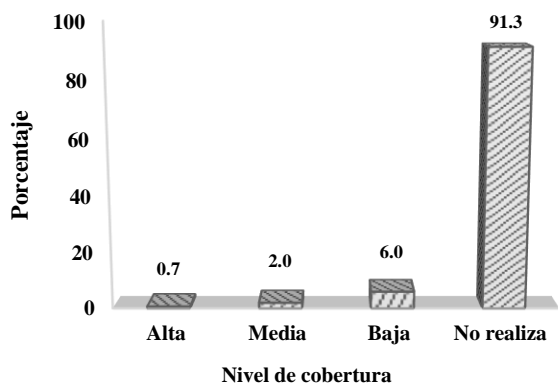


Figura 7 Uso de rotación de cultivos

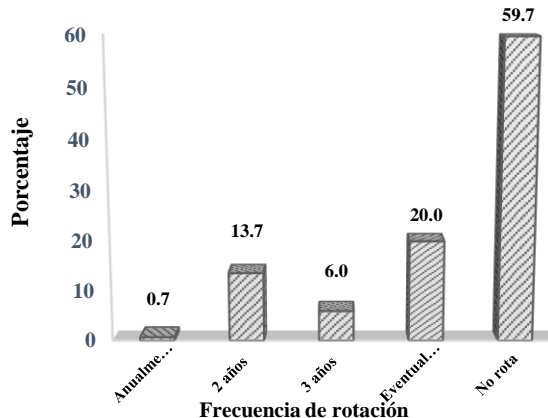


Figura 8 Criterios de fertilización

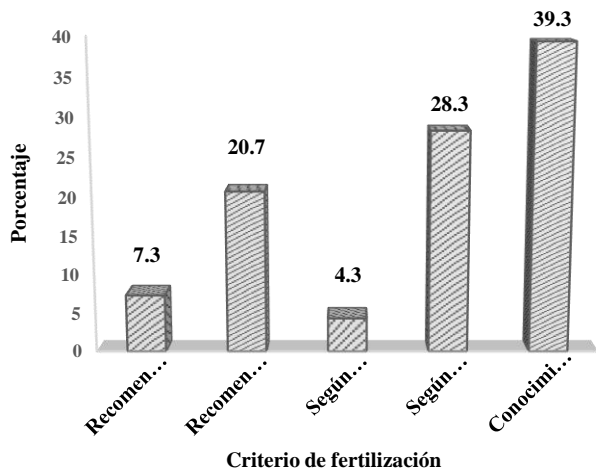
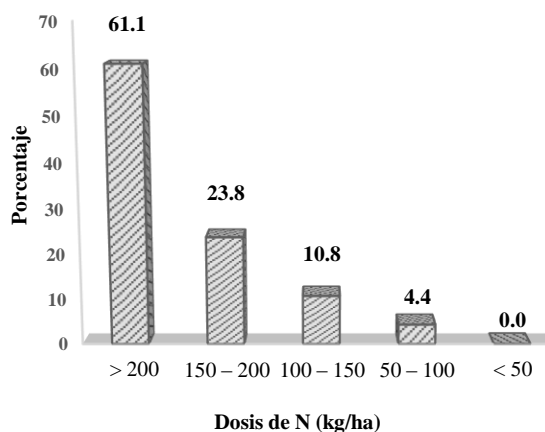


Figura 9 Aplicación de fertilizantes nitrogenados



Métodos de siembra. 36.3 % de los agricultores maireros acostumbran a manejar el suelo utilizando siembra directa con quema (SDQ), especialmente los pequeños productores, 29.0 % realizan siembra directa (SD), 16.3 % manejan de forma convencional (SC) (arado y siembra), 12.3 % mediante siembra convencional y quema (SCQ), 6 % de los agricultores mencionaron que empleaban siembra directa asociada con brachiaria (SDB) figura 10.

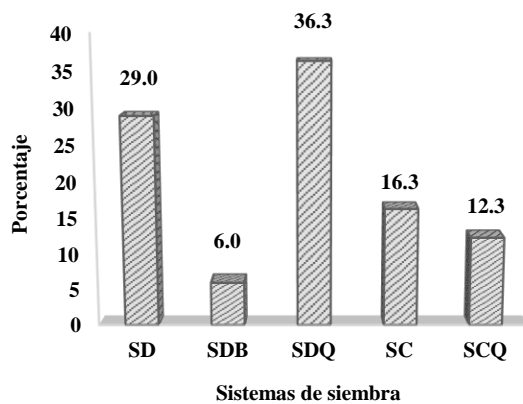
Dimensión sociocultural

Vivienda, educación y salud. Las viviendas, 42 % de productores cuentan con servicios básicos de agua, luz y teléfono, 52.7 % son construidas con material noble (bloques de cemento), 0.7 % vive en condiciones de vivienda muy mala. 36 % de los productores manifiestan tener en su comunidad un centro salud

equipado y personal capacitado, 44.7 % y 43.3 % tienen acceso a educación primaria y secundaria, respectivamente, 12 % no tienen acceso a educación.

Conocimiento ecológico. En la figura 11 se observa que predomina el conocimiento básico ecológico del productor maicero 40 %, 9.7 % indica conocer de la ecología y sus fundamentos, en tanto que, 17.3 no posee conocimiento alguno.

Figura 10 Métodos de siembra utilizados por los agricultores maiceros



Evaluación de la sustentabilidad. Las figuras 12, 13, 14 y 15 se observa el resultado del análisis de la información obtenida y empleando los indicadores y subindicadores establecidos, se procedió a valorar según la escala propuesta a cada uno de ellos, usando la fórmula respectiva para las dimensiones socioculturales (ISC=2.49), ecológicas (IE=1.58) y económicas (IK=1.89), obteniendo los índices de sustentabilidad, graficados en diagrama tipo tela de araña.

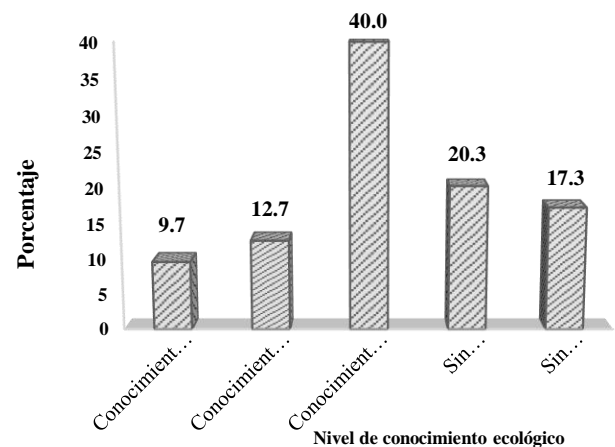
Índice de sustentabilidad general (ISGen). En lo que respecta a sustentabilidad el sistema de producción maicero en la provincia de Los Ríos, alcanzó un (IS-Gen) de 2.0.

Discusión

La agricultura sustentable se define como un conjunto de sistemas integrados de producción agrícola, con mínima dependencia de altos insumos de energía

en la forma de químicos sintéticos y métodos de cultivo, que mantienen su productividad e ingresos de los productores, protegen el ambiente de la contaminación, fortalecen las comunidades rurales, mantienen la diversidad ecológica, estructura, fertilidad y productividad de los suelos a largo plazo^{28,29}. Considera, además, la correcta toma de decisiones del agricultor sobre los múltiples recursos de los sistemas agrícolas: naturales, humanos, de capital y de producción^{30,31}.

Figura 11 Nivel de conocimiento ecológico del productor maicero



De acuerdo con los resultados obtenidos en los indicadores económico, ecológico y sociocultural, evaluados bajo la metodología de Sarandón, el sistema productivo de maíz en la provincia de Los Ríos no se considera sustentable en vista que las familias de los productores maiceros presentan índices ecológicos y económicos por debajo del índice mínimo 2. Comparando los resultados de la presente investigación coincide con el estudio realizado sobre la sostenibilidad del cultivo de maíz efectuado en el 2018, durante muchos años se han realizado investigaciones sobre el manejo del cultivo de maíz, un análisis de la sostenibilidad de las prácticas agrícolas debe basarse en la consideración simultánea de las dimensiones económica, ambiental y social, además establece que, la sustentabilidad de los sistemas de cultivo de maíz se

debe principalmente a consideraciones económicas y ambientales³².

agrícola y desarrollar modelos alternativos de uso de la tierra. Esto implica no solo el desarrollo de una nueva conciencia social y política, sino también la propuesta de nuevos enfoques conceptuales que permitan alcanzar los objetivos³³.

Figura 12 Indicador Económico

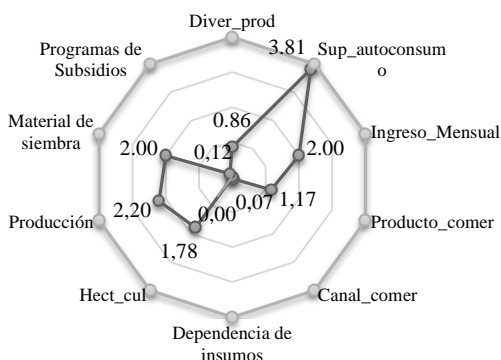


Figura 13 Indicador Ecológico

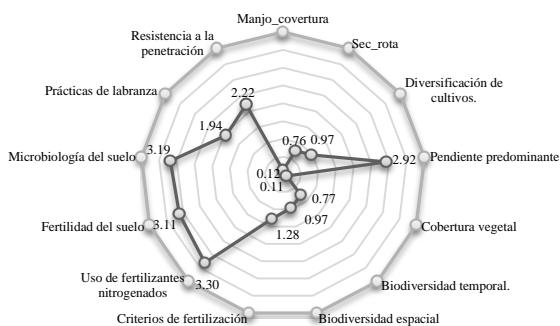


Figura 14 Indicador Sociocultural

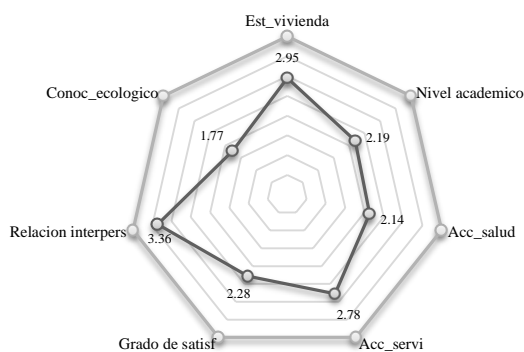
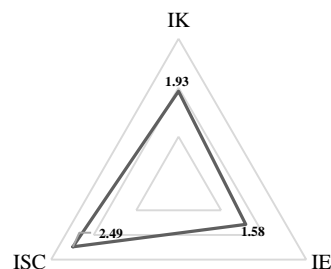


Figura 15 Índice de sustentabilidad general (ISGen)



El índice ambiental, se ha utilizado para cuantificar el rendimiento de los cultivos para regiones o tratamientos específicos en relación con el promedio general en respuesta a condiciones ambientales desfavorables o favorables³⁴. Como resultado relevante es obtuvo condiciones desfavorables, los índices ecológicos bajos son provocados por mantener un sistema de monocultivo, suelos compactados y mal manejo de la fertilización nitrogenada, que afectan la sustentabilidad. En una investigación similar, se estableció que los sistemas de monocultivo degradan el suelo causando efectos desfavorables en las propiedades físico - químicas, mencionando que la regeneración es realmente lenta¹⁵.

Esto concuerda con García & Gonzalez⁹, quienes afirman que los suelos en la provincia de Los Ríos presentan porcentajes de 10 % arcilla, 59.5 % limo y 30.5 % arena ratificando que corresponde a un suelo franco arcilloso presentando valores similares en la textura de la superficie a los registrado en esta investigación.

La MO fue calificada como medio según la escala utilizada por INIAP y alto según Villar & Villar³⁵, quienes clasifican como altos al estar entre los 3 y 4 %. Los elementos que resaltan en estos suelos son los

Ahora en contraste con lo descrito en el epígrafe anterior, una investigación centrada en los sistemas de producción agrícola sostenible describe que, durante las últimas décadas, la autogestión de los ecosistemas rurales ha sido reevaluada y crece la conciencia de la necesidad de reorientar los sistemas de producción

contenidos de fósforo (P) y potasio (K), se encuentran en niveles óptimos en las localidades de Babahoyo, Ventanas (Lechugal) y Mocache, estos suelos de origen aluvial, normalmente presentan valores elevados de estos elementos, por efecto de arrastre de partículas sólidas. Sin embargo, los valores registrados en todas las localidades presentan alta actividad microbiana³⁶.

Los valores de estas últimas localidades están bajos respecto al rango de 15 a 32 mg CO₂/kg de suelo seco, indicado por los autores Hernández & García³⁷ para suelos agrícolas, más, todos los valores resultaron menores a 423 mg CO₂/kg de suelo seco³⁸ para suelos de bosque.

Los productores de estos sectores en su mayoría mantienen un sistema de monocultivo concordando con lo expresado por Vázquez³⁹, quien menciona que la mayoría de estos productores, priorizan sistemas de monocultivos en función de la agro explotación desconociendo otra forma de producción.

Uno de los problemas más representativos en la agricultura ecuatoriana son los bajos rendimientos por unidad de superficie, teniendo una de las productividades más bajas comparada con los países vecinos⁴⁰. Entre los principales problemas identificados en la agricultura ecuatoriana están la presencia de plagas, el no uso de semillas certificadas, topografía irregular de fincas, detrimento de los suelos, problemas tecnológicos para el riego y drenaje, falta de capital, entre otros⁴¹.

Las condiciones de vida del pequeño productor están caracterizadas por la pobreza, falta de acceso a servicios básicos⁴², coincidiendo con Baquerizo del Pezo & Muñoz-Lozano⁴³, quienes indicaron que 55 % de los agricultores de la provincia de Los Ríos, en edad entre 45 y 50 años, tienen estudios básicos, al igual que Morales *et al.*⁴⁴ reportaron en esta provincia 84.6 % de los agricultores cacaoteros tienen educación básica, 7.7% no cuentan con ningún tipo de instrucción. En consideración a los fertilizantes, existen estudios que especifican que la producción agrícola intensiva

caracterizada por el uso excesivo de fertilizantes y productos químicos sin respetar la sostenibilidad agrícola conduce a un deterioro a la salud del suelo, degradación de la tierra y graves problemas ambientales, coincidiendo con los resultados de la presente investigación en donde se afirma que la fertilización nitrógeno es una de las causas de un índice ecológico bajo⁴⁵.

El bajo índice económico es consecuencia de la poca diversificación de productos, bajos rendimientos del cultivo, pequeñas propiedades, canales de comercialización, que disminuyen ingresos. De forma similar el estudio direccionado al desarrollo sostenible considera que los agricultores a gran escala suelen estar en mejores condiciones de asumir los riesgos asociados con la producción y comercialización⁴⁶, situación totalmente contraria en las pequeñas propiedades como es la situación de algunos productores de maíz en la provincia de Los Ríos.

Los rendimientos obtenidos por los productores maiceros, en su mayor porcentaje llegan a 5 t/ha, menor al obtenido en países vecinos, probablemente a que existe bajo uso de semillas de alto potencial de rendimiento, son dependientes de insumos externos como pesticidas, fertilizantes nitrogenados y desconocen del manejo técnico del cultivo. De forma general, se coincide con opiniones de otros autores, que mencionan, los pequeños agricultores a menudo experimentan problemas de sostenibilidad⁴⁷.

Esto concuerda con lo expresado por Bravo-Medina *et al.*⁴⁸, quienes demostraron en su caracterización, que la sustentabilidad no solo depende de aspectos técnicos y ambientales sino también de elementos socioculturales, económicos y políticos, que representan factores más limitantes en las unidades de producción evaluadas. En lo que respecta a sustentabilidad el sistema de producción maicero en la provincia de Los Ríos, alcanzó un (ISGen) de 2.0, pero no se considera sustentable debido a que existen dimensiones con valores inferiores a 2.0, como es el caso del

índice económico 1.93 y el índice ecológico con 1.58.

El análisis en las dimensiones económicas, ecológicas y socioculturales realizadas a productores de maíz señaló que el Índice de Sustentabilidad General fue de 2.0. Estos productores alcanzaron el valor umbral de 2, solo en la dimensión sociocultural.

En las dimensiones económica y ambiental para esta localidad, se identificó causas de la baja sustentabilidad, como es la poca diversificación para la venta. Lo cual ocasiona que la mayoría de los productores dependan solo del maíz para la subsistencia y al existir pérdida o daño de este, no podrán compensarlo. La gran mayoría de los productores encuestados, tienen una única vía de comercialización, con dependencia y falta de poder de negociación. Otro de los factores críticos, es la falta de fuentes de financiamiento.

Fuente de financiamiento

El artículo desarrollado fue autofinanciamiento.

Conflictos de intereses

Esta investigación fue realizada de manera independiente por los autores y no existe ningún conflicto de interés.

Agradecimientos

Los autores agradecen a los sectores productores de maíz de la provincia de Los Ríos – Ecuador, en los cantones Ventanas, Quevedo, Montalvo, Babahoyo, Vinces, Palenque, Baba, Mocache y Pueblo Viejo, de donde se obtuvo la información para la investigación.

Consideraciones éticas

El artículo desarrollado es original y se rigió al proceso establecido para su correcto desarrollo.

Contribución de los autores

Edwin Hasang, análisis formal, investigación, metodología, administración del proyecto, levantamiento y procesamiento de información, supervisión, validación, redacción del borrador original. *Javier García*, contextualización, supervisor. *Danilo Carrillo*, aporte metodológico, revisor. *Wuellins Durango*, revisor. *Fernando Cobos*, procesamiento estadístico de datos.

Literatura Citada

1. Nota informativa de la FAO sobre la oferta y la demanda de cereales [Internet]. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. 2017 [citado 30 de diciembre de 2018]. Recuperado a partir de: <http://www.fao.org/worldfoodsituation/csdb/es/>
2. Quiroz D, Merchán M. Guía para facilitar el aprendizaje en el manejo integrado del cultivo de maíz duro (*Zea maíz* L.) [Internet]. Quevedo: Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias; 2016 [citado 22-de octubre de 2019]. 129 p. Recuperado a partir de: [https:// docplayer.es/70171270-Maiz-duro-zea-mays-l-julio-guia-para-facilitar-el-aprendizaje-en-el-manejo-integrado-del-cultivo-de.html](https://docplayer.es/70171270-Maiz-duro-zea-mays-l-julio-guia-para-facilitar-el-aprendizaje-en-el-manejo-integrado-del-cultivo-de.html)
3. Encuesta de superficie y producción agropecuaria continua [Internet]. Instituto Nacional de Estadísticas y Censos. 2018 [citado 5 de octubre de 2018]. Recuperado a partir de: [https:// www.ecuadoren-cifras.gob.ec/encuesta-de-superficie-y-produccion-agropecuaria-continua-bbd/](https://www.ecuadoren-cifras.gob.ec/encuesta-de-superficie-y-produccion-agropecuaria-continua-bbd/)
4. Vignolles M, Vázquez P (dir), Zulaica L (dir). Análisis de la sustentabilidad ambiental en un establecimiento agroproductivo ecológico respecto de la agricultura convencional. Partido de Tandil. Provincia de Buenos Aires. [tesis licenciatura]. [Tandil]: Universidad Nacional del Centro de la

- Provincia de Buenos Aires; 2018 [citado 26 de noviembre de 2018]. Recuperado a partir de: <https://www.ridaa.unicen.edu.ar/xmlui/handle/123456789/1743>
5. De Schutter O. El derecho a la alimentación [Internet]. Université de Louvain. 2012 [citado 3 de mayo de 2019]. Recuperado a partir de: <http://www.srfood.org/es/derecho-a-la-alimentacion#:~:text=%E2%80%9CEl%20derecho%20a%20la%20alimentaci%C3%B3n,adecuada%20o%20a%20medios%20para%20obtenerla.%E2%80%9D>
 6. Sobrinho MS, Tabarelli M, Machado IC, Sfair JC, Bruna EM, Lopes AV. Land use, fallow period and the recovery of a Caatinga forest. *Biotropica* 2016;48(5):586-97. DOI: <https://doi.org/10.1111/btp.12334>
 7. Zermeño-Hernández I, Pingarrón A, Martínez-Ramos M. Agricultural land-use diversity and forest regeneration potential in human-modified tropical landscapes. *Agric Ecosyst Environ* 2016;230:210-20. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.agee.2016.06.007>
 8. Sicard LT, Altieri MA. Vertientes del pensamiento agroecológico: Fundamentos y Aplicaciones [Internet]. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia; 2010 [citado 22-de octubre de 2019]. 34 p. Recuperado a partir de: https://www.researchgate.net/profile/Alejandro-Rojas-W/publication/236869933_Policultivos_de_la_mente_enseñanzas_del_campesinado_y_de_la_agroecologia_para_la_educacion_en_la_sustentabilidad_En_Vertientes_del_Pensamiento_Agroecologico/links/00b7d519bc72e7ec57000000/Policultivos-de-la-mente-enseñanzas-del-campesinado-y-de-la-agroecologia-para-la-educacion-en-la-sustentabilidad-En-Vertientes-del-Pensamiento-Agroecologico.pdf
 9. García Y, González M. Propuestas agroecológicas para el manejo agronómico del cultivo de maíz (*Zea mays* L.) en la unidad de propiedad social agrícola “banco de pavones”, Guárico, Venezuela 2016;7(2):230.
 10. Cecon G, Figueredo da Silva J, Batista Alves V, Fernandes Leite L, de Arruda Costa A. Desempenho do consórcio milho-braquiária: populações de plantas e modalidades de semeadura de *Urochloa brizantha* cv. Piatã. In: XXIX Congresso Nacional de Milho e Sorgo: 26-30 de agosto 2012. Águas de Lindóia [Internet]. São Paulo: Águas de Lindóia; Associação Brasileira de Milho e Sorgo; 2012 [citado 3 de mayo de 2019]. p. 1944-9. Recuperado a partir de: https://www.usfx.bo/nueva/vicerrectorado/citas/AGRARIAS_7/AGRONOMIA/desempe%F1o.pdf
 11. Dilworth C. General principles. In: Boersema JJ, Reijnders L, editors. *Principles of Environmental Sciences*. Switzerland: Springer Nature; 2009. p. 75-83. DOI: <https://doi.org/10.1007/978-1-4020-9158-2>
 12. Palomeque Beltrón MH. Sustentabilidad en sistemas agrícolas de limón (*Citrus aurantifolia* C.), cacao (*Theobroma cacao* L.) y bambú (*Guadua angustifolia* K.) en Portoviejo-Ecuador [tesis doctoral]. [Lima]: Universidad Nacional Agraria La Molina; 2016 [citado 26 de octubre de 2020]. Recuperado a partir de: <http://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/UNALM/1993>
 13. De Muner LH, Masera Cerutti OR (dir). Sostenibilidad de la caficultura arábiga en el ámbito de la agricultura familiar en el estado de Espírito Santo-Brasil [tesis doctoral]. [Córdoba]: Universidad de Córdoba; 2011 [citado 26 de octubre de 2020]. Recuperado a partir de: <https://helvia.uco.es/xmlui/handle/10396/6327>
 14. Gutiérrez Boem FH, Alvarez CR, Cabello MJ, Fernández PL, Bono A, Prystupa P, Taboada MA. Phosphorus retention on soil surface of tilled and no-tilled soils. *SSSA* 2008;72(4): 1158-62. DOI: <https://doi.org/10.2136/sssaj2007.0189>
 15. Novillo Espinoza ID, Carrillo Zenteno MD, Cargua Chavez JE, Nabel Moreiral V, Albán Solarte

- KE, Morales Intriago FL. Propiedades físicas del suelo en diferentes sistemas agrícolas en la provincia de Los Ríos, Ecuador. *Temas Agrarios* 2018;23(2):177-87. DOI: <https://doi.org/10.21897/rta.v23i2.1301>
16. Tuesta Hidalgo O, Julca Otiniano A, Borjas Ventura R, Rodríguez Quispe P, Santistevan Méndez M. Tipología de fincas cacaoteras en la subcuenca media del río Huayabamba, distrito de Huicungo (San Martín, Perú). *Ecol Apl* 2014;13(2):71-8.
17. Walkley A. Análisis químico de suelos. Ed. Omega S.A. Barcelona 1947;294-304.
18. Nelson DW, Sommers LE. Total carbon, organic carbon and organic matter. En: Page AL, editor. *Methods of Soil Analysis: Part 2 Chemical and Microbiological Properties*, 9.2.2, Second Edition. Guilford Road: John Wiley & Sons, Inc;1983. p. 539-79. DOI: <https://doi.org/10.2134/agronmogr9.2.2ed.c29>
19. Vázquez S. Una propuesta metodológica para la selección de indicadores y la obtención de índices de calidad de suelo. Universidad Nacional del Nordeste; 1997.
20. Olsen SR, Sommers LE. Phosphorus. In: Page AL, editor. *Methods of Soil Analysis: Part 2 Chemical and Microbiological Properties*, 9.2.2, Second Edition. Guilford Road: John Wiley & Sons, Inc; 1983.p. 403-430. DOI: <https://doi.org/10.2134/agronmogr9.2.2ed.c24>
21. Centro de Investigación del Cultivo de la Caña de Azúcar del Ecuador. Producción nacional de caña y azúcar. En: Centro de Investigación del Cultivo de la Caña de Azúcar del Ecuador, editores. Fundación para la Investigación Azucarera del Ecuador [Internet]. El Triunfo: Fundación para la Investigación Azucarera del Ecuador; 2011. p. 1-3. Recuperado a partir de: <https://cincae.org/wp-content/uploads/2013/04/Informe-Anual-2011.pdf>
22. Lock de Ugaz O. Investigación fitoquímica. Métodos en el estudio de productos naturales. 2° ed. Lima: Fondo Editorial Pontificia Universidad Católica del Perú; 1994. p. 111-45.
23. Soil compaction tester [Internet]. Amazon.com.mx. 2017 [citado 5 de marzo de 2019]. Recuperado a partir de: <https://www.amazon.com.mx/KEY-JOHN-CORP-15585-Compaction-Tester/dp/B004NELR6K>
24. Scheaffer RL, Mendenhall W, Lyman Ott R. Elementary Survey Sampling. *JASA* 1987; 82(400):1185-6. DOI: <https://doi.org/10.2307/2289408>
25. Sarandón SJ. El desarrollo y uso de indicadores para evaluar la sustentabilidad de los agroecosistemas. In: Sarandón SJ, editor. *Agroecología. El camino hacia una agricultura sustentable*. La Plata: Ediciones Científicas Americanas; 2002. p. 393-414, Recuperado a partir de: <https://wp.ufpel.edu.br/consagro/files/2010/10/SARANDON-cap-20-Sustentabilidad.pdf>
26. Sarandón SJ, Zuluaga MS, Cieza R, Gómez C, Janjetic L, Negrete E. Evaluación de la sustentabilidad de sistemas agrícolas de fincas en Misiones, Argentina, mediante el uso de indicadores. *Agroecología* 2006;1:19-28.
27. Márquez FR, Julca AM. Indicadores para evaluar la sustentabilidad en fincas cafetaleras en Quillabamba. Cusco. Perú. *Saber Hacer*; 2015;2(1):128-37.
28. Pretty JN. *Regenerating agriculture: policies and practice for sustainability and self-reliance*. London (England): International Institute for Environment and Development; 1995.
29. Altieri M, Nicholls CI. *Agroecología. Teoría y práctica para una agricultura sustentable* [Internet]. México D.F.: Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente; 2000 [citado 22-de octubre de 2019]. 34 p. Recuperado a partir de: <http://www.agro.unc.edu.ar/~biblio/AGROECOLOGIA2%5B1%5D.pdf>
30. Masera O, Astier M, López-Ridaura S. Sustentabilidad y manejo de recursos naturales: el marco

- de evaluación MESMIS [Internet]. México D.F.: Grupo Interdisciplinario de Tecnología Rural Apropiada A.C; 2000 [citado 22-de octubre de 2019]. 59 p. Recuperado a partir de: https://www.researchgate.net/publication/299_870632_Sostenibilidad_y_manejo_de_recursos_naturales_El_Marco_de_evaluacion_MESMIS/link/57068f7f08aea3d280211802/download
31. Sepúlveda S. Desarrollo sostenible microrregional. En: Sepúlveda S, Edwards R, editores. Desarrollo Sostenible. Agricultura, Recursos Naturales y Desarrollo Rural [Internet]. San José: Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura; 1996. p. 9-26. Recuperado a partir de: <https://repositorio.iica.int/handle/11324/7695>
 32. Król A, Księżak J, Kubińska E, Rozakis S. Evaluation of Sustainability of Maize Cultivation in Poland. A Prospect Theory—PROMETHEE Approach. *Sustainability* 2018;10:4263. DOI: <https://doi.org/10.3390/su10114263>
 33. Martínez-Castillo R. Sustainable agricultural production systems. *Revista Tecnología en Marcha* 2016;29(Suppl 1):70-85. DOI: <https://doi.org/10.18845/tm.v29i5.2518>
 34. Riccetto S, Davis AS, Guan K, Pittelkow CM. Integrated assessment of crop production and resource use efficiency indicators for the U.S. *Glob Food Sec* 2020;24:100339. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.gfs.2019.100339>
 35. Villar P, Villar JP. Guía de la fertilidad de los suelos y la nutrición vegetal en producción integrada. La Plata: Departamento de Medio Ambiente y Ciencias del Suelo de la Universidad de Lleida. Lleida; 2016.
 36. Uribe L. Técnicas microbiológicas para determinar la calidad de los suelos. En: Congreso Nacional del suelo, San Jose, Centro de investigaciones Agronómicas. Universidad de Costa Rica; 1999. p.79-89.
 37. García C, Hernández T. Microbial activity in degraded soils under semiarid climate. changes with their rehabilitation. In: Lobo MC, Ibañez JJ, editors. Preserving Soil Quality And Soil Biodiversity. The role of surrogate indicators [Internet]. Madrid: Sdad. Coop. de Artes Gráficas; 2003. p. 83-97. Recuperado a partir de: https://www.researchgate.net/publication/285587937_Preserving_Soil_Quality_and_Soil_Biodiversity_The_Role_of_Surrogate_Indicators/link/56605edd08ae418a786653d3/download
 38. Durango W, Uribe L, Henríquez C, Mata R. Respiración, biomasa microbiana y actividad fosfatasa del suelo en dos agroecosistemas y un bosque en Turrialba, Costa Rica. *Agron Costarricense* 2015;39(1):37-46. DOI: <https://doi.org/10.15517/rac.v39i1.19543>
 39. Vázquez J. Los pequeños productores frente a las grandes corporaciones transnacionales. En: Brasel F, Breilh J, Zapatta A, editores. ¿Agroindustria y soberanía alimentaria?: hacia una ley de agroindustria y empleo agrícola [Internet]. Quito: Sistema de Investigación sobre la Problemática Agraria en el Ecuador; 2011. p. 21-3. Recuperado a partir de http://biblioteca.clacso.edu.ar/Ecuador/sipae/20170627_051014/pdf_427.pdf
 40. Vergara L. La agricultura y su evolución a la agroecología; 2012.
 41. Castillo Vélez MJ. Consultoría sobre productividad del sector agropecuario ecuatoriano con énfasis en banano, cacao, arroz y maíz duro [Internet]. Santiago: Centro latinoamericano para el Desarrollo Rural; 2011. [citado 30 de noviembre de 2018]. 110 p. Recuperado a partir de: https://ri-misp.org/wp-content/files_mf/1373468645DocEcuador9julio.pdf
 42. Encuesta de Estratificación del Nivel Socioeconómico [Internet]. Instituto Nacional de Estadísticas y Censos. 2011 [citado 5 de marzo de 2018]. Recuperado a partir de: <https://www.ecuadorencifras.gob.ec/encuesta-de-estratificacion-del-nivel-socioeconomico/>

43. Baquerizo del Pezo PJ, Muñoz Lozano M (dir). La producción de arroz en el Ecuador, Provincia del Guayas [tesis licenciatura]. [Guayaquil]: Universidad de Guayaquil; 2011 [citado 26 de octubre de 2019]. Recuperado a partir de: <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/1282>
44. Morales FL, Ferreira JA, Carrillo MD, Peña MM. Pequeños productores de cacao Nacional de la provincia de Los Ríos, Ecuador: un análisis socio educativo y económico. *Span J Rural Dev* 2015; 6(1-2): 29-44.
45. Amorim HCS, Ashworth AJ, Wienhold BJ, Savin MC, Allen FL, Saxton AM, et al. Soil quality indices based on long-term conservation cropping systems management. *Agrosyst Geosci Environ* 2020; 3(1): e20036. DOI: <https://doi.org/10.1002/agg2.20036>
46. Feliciano D. A review on the contribution of crop diversification to Sustainable Development Goal 1 “No poverty” in different world regions. *Sustain Dev* 2019; 27(4):7 95-808. DOI: <https://doi.org/10.1002/sd.1923>
47. Jha S, Kaechele H, Lana M, Amjath-Babu TS, Sieber S. Exploring farmers’ perceptions of agricultural technologies: A case study from Tanzania. *Sustain* [Internet]. 2020; 12(3): 998. DOI: <https://doi.org/10.3390/su12030998>
48. Bravo-Medina C, Haideé M, Marrero-Labrador P, Ruiz ME, Torres-Navarrete B, Navarrete-Alvarado H, et al. Evaluación de la sustentabilidad mediante indicadores en unidades de producción de la provincia de Napo, Amazonia Ecuatoriana. *Bioagro* 2017;29(1):23-36.

Nota del Editor:

Journal of the Selva Andina Biophere (JSAB) se mantiene neutral con respecto a los reclamos jurisdiccionales publicados en mapas y afiliaciones institucionales.