







Evaluación de sistemas productivos de maíz, sobre la sostenibilidad económica

Evaluation of corn production systems, on economic sustainability

Edwin Stalin Hasang Moran¹ , Sady Javier García Bendezú² , Manuel Danilo Carrillo Zenteno³ , Wuellins Dennis Durango Cabanilla³ , Reina Concepción Medina Litardo⁴ , Emma Dorila Lombeida García⁵ 

¹ Universidad Agraria del Ecuador. Ecuador.

² Universidad Agraria La Molina. Perú.

³ Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP). Ecuador.

⁴ Universidad de Guayaquil. Ecuador.

⁵ Universidad Técnica de Babahoyo. Ecuador.

Autor correspondiente: ehasang@uagraria.edu.ec

Resumen: El maíz es un cereal de gran importancia socioeconómica en Ecuador, por su uso alimenticio y como fuente potencial de energía alternativa en la producción de bioetanol. Los rendimientos en este cultivo son bajos debido a un manejo agronómico inadecuado como: siembra en monocultivo, quema de rastrojos y mecanización intensiva de los suelos, los cuales causan impacto negativo en la economía del productor y la diversidad de los ecosistemas. Esta investigación evaluó la sostenibilidad económica del sistema productivo de maíz, sobre cuatro prácticas de manejo de suelo. Para analizar los resultados de este objetivo se utilizó un diseño de bloque completo al azar (DBCA), con cuatro tratamientos (Siembra convencional (SC); Siembra directa (SD); Siembra directa con quema (SDQ); Siembra directa con brachiaria (SDB) y cuatro repeticiones. La SD produjo el mayor rendimiento de grano (6845.3 kg ha⁻¹), aunque no hubo diferencias significativas con los otros tratamientos no afectó otras variables como: altura de planta, altura de carga, peso de 100 semillas. La Siembra Directa (SD) puede ser tomada como una práctica benéfica en cuanto a la reducción en los costos por uso de maquinarias y un mejor rendimiento en grano con respecto a los valores históricos.



Palabras clave: sistemas, sostenibilidad, biológicas.

Abstract: Corn is a cereal of great socioeconomic importance in Ecuador, due to its nutritional use and potential as an alternative energy source in the production of bioethanol. The yields of this crop are low due to inadequate agronomic management such as: monoculture sowing, stubble burning and intensive mechanization of the soils, which have a negative impact on the producer's economy and the diversity of ecosystems. This research evaluated the economic sustainability of the maize production system, on four soil management practices. To analyze the results of this objective, a randomized complete block design (DBCA) was used, with four treatments (conventional sowing (SC); sowing direct sowing (SD); Direct sowing with burning (SDQ); Direct sowing with brachiaria (SDB) and four repetitions. The SD produced the highest grain yield (6845.3 kg ha⁻¹), although there were no significant differences with the other non-treatments. affected the other variables such as: plant height, loading height, weight of 100 seeds Direct Sowing (SD) can be taken as a beneficial practice in terms of reducing the costs of using machinery and a good grain yield. with respect to the historical values.

Keywords: systems, sustainability, biological.

1. INTRODUCCIÓN

Durante el año 2020, la agricultura mundial registro un incremento en la producción de cereales, situándose en 2 767 millones de t, lo que significó un incremento 2.1% con respecto al 2019. Las proyecciones de producción de granos a nivel mundial para el 2021, indicaron un tercer año consecutivo de crecimiento, principalmente del cultivo de maíz⁽¹⁾.

El maíz (*Zea mays* L.), es un cereal de gran importancia socioeconómica, por su diversidad de usos en su cadena de valor⁽²⁾, ya sea por su uso en la alimentación humana, animal o como materia prima de un gran número de productos industriales⁽³⁾. Además de ser considerado como fuente de energía alternativa para la producción de bioetanol.

Para el año 2019, la superficie sembrada de cultivos transitorios en el Ecuador fue de 849 355 hectáreas; siendo el maíz duro, el de mayor área de siembra, con aproximadamente 334 767 ha, donde la provincia de Los Ríos, tuvo el 38.56% del área sembrada, con producción de 648 000 t, que significó una concentración del 43.81% de productividad de esta gramínea, le siguen Manabí 415 000 t y Guayas 242 000 t⁽⁴⁾.

Dentro de los sistemas de producción agrícola, el maíz es uno de los cultivos tradicionales más importantes para la región interandina y el litoral ecuatoriano⁽⁵⁾, sin embargo, los consecuentes bajos rendimientos obtenidos están relacionados con un manejo agronómico inadecuado como: siembra en monocultivo, quema de rastrojos y mecanización intensiva de los suelos, los cuales causan impacto negativo en el desarrollo del cultivo y por ende en la economía del productor y la diversidad de los ecosistemas. Por lo que es necesario buscar alternativas de desarrollo agrícola de mayor sustentabilidad que fundamenten la parte económica, ecológica y social⁽⁶⁾.

Los sistemas asociados y otras prácticas más amigables han ido ganando terreno debido a que cada día se registra mayor tendencia a la pérdida de la fertilidad de los suelos y la necesidad por parte de los agricultores maiceros de incorporar cultivares de mayor potencial de rendimiento que permita mejorar la rentabilidad disminuyendo los costos de producción⁽⁷⁾.

La presente investigación tuvo como objetivo evaluar la sostenibilidad económica del sistema productivo de maíz, comparando diferentes prácticas de manejo de siembra (Siembra directa SD; Siembra directa con quema SDQ; Siembra convencional SC (arado); Siembra directa con brachiaria SDB).

2. MATERIALES Y MÉTODO

2.1. Ubicación del experimento

El ensayo se realizó en la Estación Experimental Tropical Pichilingue - INIAP, ubicada en las coordenadas geográficas 01° 06' 37" S y 79° 27' 39" W, a una altitud de 38 m.s.n.m., clima tropical, con temperatura media anual de 21 °C y una humedad relativa media de 86% y precipitación media anual de 2061 mm⁽⁸⁾. La siembra se realizó durante la época seca del 2020 siguiendo los lineamientos de evaluación del Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo⁽⁹⁾.

2.2. Material vegetal

Maíz amarillo duro híbrido INIAP H- 554 (RENACER) facilitado por Programa de Maíz de la Estación Experimental Tropical Pichilingue (EETP) del Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIAP), fue utilizado para la siembra del experimento. La semilla de pasto utilizado como cultivo de asociación fue *Brachiaria decumbens* con una pureza del 95% y porcentaje de germinación del 80% (Figura 1).

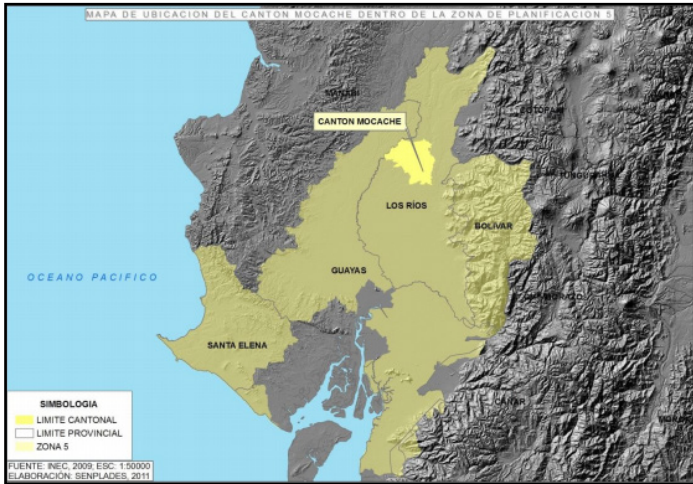


Figura 1. Mapa base del cantón Mocache. Información SIN
Fuente: GAD Mocache 2014.

2.3. Tratamientos

Los factores en estudio correspondieron a los sistemas de manejo de siembra (Siembra convencional (SC); Siembra directa (SD); Siembra directa con quema (SDQ); Siembra directa con brachiaria (SDB) (Tabla 1).

Tabla 1. Factores en estudio

Tratamientos	Combinaciones
T1	Siembra Convencional (SC)
T2	Siembra Directa (SD)
T3	Siembra Directa + Quema (SDQ)
T4	Siembra Directa + Brachiaria (SDB)

2.4. Preparación del suelo y siembra

Para cumplir con este objetivo se hizo uso de parcelas de 100 m² (10 m x 10 m) de terreno y se procedió a establecer los tratamientos de acuerdo al manejo de siembra. Como se detalla a continuación.

Siembra convencional SC: La preparación del área de siembra consistió en pases de motocultor dejando el suelo bien suelto, se utilizó una densidad poblacional inicial de 62 500 semillas por hectárea (0.8 m entre hileras y 0.20 m entre planta). Para este estudio la siembra se realizó de forma manual “espeque” herramienta que consiste en un pedazo de madera con punta.

Siembra directa SD: Esta actividad consistió en no levantar la capa arable del suelo, dejando los residuos vegetales existentes en el mismo. Para esta siembra generalmente se utiliza maquinarias de siembra directa, para este estudio se utilizó como herramienta “espeque”.

Siembra directa con quema SDQ: los residuos vegetales fueron quemados, para posteriormente realizar la siembra. Siendo este manejo el más comúnmente utilizado por los productores maiceros, por ser una actividad rápida y que les resulta más económica.

Siembra directa con *Brachiaria* SDB: Esta siembra consistió en adicionar a la SD de maíz la siembra de líneas de pasto (*Brachiaria decumbens*), entre las hileras del cultivo principal. Esta se realizó de forma manual (espeque), colocando 5 semillas por sitio a un distanciamiento entre ellos de 0.50 m. Esta práctica no es frecuente entre los productores maiceros, aunque se considere una alternativa para minimizar la degradación de los suelos.

2.5. Manejo agronómico del cultivo

Manejo fitosanitario

Las semillas utilizadas fueron tratadas con el insecticida thiodicarb 35% de I.A., en dosis de 1 ml de producto comercial por kilo de semillas. El manejo de malezas se realizó usando atrazina (1.5 kg ha^{-1}), pendimentalin (3.0 L ha^{-1}), glifosato (3.0 L ha^{-1}) y nicosulfuron a dosis de 30 g ha^{-1} . Para controlar larvas de *Spodoptera frugiperda* se utilizó insecticidas como lufenuron y benzoato de emamectina a dosis de 250 mL ha^{-1} y 300 g ha^{-1} respectivamente.

Fertilización

La fertilización se realizó por tres ocasiones: la primera a la siembra (de forma incorporada), la segunda y tercera quince y treinta días después, utilizando como fuentes nutricionales (Urea, Muriato de potasio, Fosfato diamónico), que considero aplicar previo a la revisión del análisis de suelo y requerimiento nutricional del cultivo $140 \text{ N kg. ha}^{-1}$ – $46 \text{ P2O5 kg. ha}^{-1}$ - $60 \text{ K2O kg. ha}^{-1}$.

Cosecha

Terminado el ciclo de cultivo, 120 días después de la siembra (DDS). Se estableció un área representativa de cada unidad experimental de 48 m² que correspondieron a seis hileras, donde se procedió a la cosecha y se determinó el rendimiento de cada parcela en estudio. Expresando los valores de peso en kg/ha y el porcentaje de humedad del grano.

2.6. Variables evaluadas

Altura de la planta

Los datos de altura de planta fueron representados en centímetros, iniciando desde la superficie del suelo hasta donde empieza la espiga, esta fue tomada a los 90 DDS Para esto se seleccionaron 10 plantas al azar del área útil de cada parcela, y los valores se representaron en centímetros, estos fueron medidos con una regleta valorada en centímetros.

Altura de carga

La altura de carga o inserción de la mazorca se consideró desde la superficie del suelo hasta el lugar de inserción de la mazorca, esta fue tomada a los 90 DDS y los valores se representaron en centímetros.

Peso de 100 semillas

Esta variable se estableció seleccionando 100 semillas al azar de cada parcela útil y su peso se expresó en gramos, previa corrección de la humedad al 14%.

Rendimiento

El rendimiento (kg ha⁻¹), se determinó empleando la siguiente ecuación:

$$\text{Rendimiento (kg ha}^{-1}\text{)} = (PHG * \frac{(100 - HG)}{86}) * \frac{(10000)}{AC}$$

Utilizando el peso húmedo del grano (PHG), de las dos hileras centrales de cada tratamiento (área de cosecha AC), el porcentaje de humedad del grano (HG) fue ajustado al 14% de humedad.

2.7. Análisis estadístico

Para analizar los resultados de esta investigación se utilizó un diseño de bloque completo al azar (DBCA), con cuatro tratamientos (SC; SD; SDQ; SDB); y cuatro repeticiones. Mediante el software *InfoStat 2018*⁽¹⁰⁾, se determinó el ANOVA y aplicó la prueba de Tukey ($p \leq 0,05$) para comparación de medias y determinar el mejor tratamiento.

2.8. Análisis beneficio/costo

Con base en la metodología del Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y trigo⁽⁷⁾, se realizó el análisis económico que fue registrado al final del cultivo en base al presupuesto total, los beneficios del mejor tratamiento y los costos de las técnicas aplicadas. El costo fijo incluye los gastos que se realizaron en el cultivo, incluyendo alquiler y riego. El costo variable está determinado por el costo de los insumos utilizados y la mano de obra en los tratamientos multiplicado por el tiempo de duración del cultivo. El costo total corresponde a la suma del costo variable y el costo fijo, mientras que el ingreso bruto se obtuvo multiplicando el rendimiento por el precio promedio de maíz grano en la zona de estudio estimado en 0.3 USD kg⁻¹. El beneficio neto se obtuvo de la diferencia del ingreso bruto y el costo total.

3. RESULTADOS

En la Tabla 2 se puede evidenciar que el análisis de varianza no detectó diferencias significativas en las variables: altura de planta, altura de carga, peso de 100 semillas y rendimiento evaluados con un coeficiente de variación de 24,2%, 10,5%, 7,4% y 23,6% respectivamente. Sin embargo, haciendo un análisis valorativo del rendimiento se observó que los tratamientos bajo siembra directa; SD con 6845,3 kg ha⁻¹; SDQ con 6157,8 kg ha⁻¹ y SDB con 6732,8 kg ha⁻¹; fueron mayores al de SC que tuvo 5953,5 kg ha⁻¹. Siguiendo la misma tendencia las otras variables agronómicas evaluadas.

En los sistemas de siembra evaluados la relación Beneficio/Costo fue mayor a \$1,0 lo que indica que obtuvieron dividendos monetarios. La mejor relación Beneficio/Costo se obtuvo con el sistema bajo SD, donde tuvo una ganancia de USD 0.8 por cada dólar invertido, seguido por SDQ con una ganancia de USD 0.5; mientras que con. SDB se obtuvo USD 0.2 de rentabilidad por cada dólar invertido. Por último, la SC apenas recupera lo invertido con un bajo retorno de USD 0,2 (Tabla 3).

Tabla 2. Promedios de altura de planta, de inserción, peso de 100 semillas y rendimiento del maíz INIAP-H554 en la época seca del 2020. Afectado por el manejo de suelo a la siembra

Tratamientos de manejo de suelo	Altura de planta		Altura de inserción de mazorca		Peso de 100 semillas	Rendimiento
	cm				G	kg. ha ⁻¹
Siembra Convencional (SC)	147.2	A	109.1	A	29.6	5953.5 A
Siembra Directa (SD)	167.2	A	115.4	A	30.1	6845.3 A
Siembra Directa + Quema (SDQ)	173.6	A	118.2	A	30.6	6157.8 A
Siembra Directa + Brachiaria (SDB)	182.9	A	119.4	A	30.5	6732.8 A
Promedio	167.7		115.6		30.2	6422.4
CV (%)	24.2		10.5		7.4	23.6
Tukey (5%)	ns		ns		ns	ns

4. DISCUSIÓN

La quema es la práctica tradicionalmente utilizada para disminuir grandes volúmenes de residuos de cosecha de manera fácil, rápida y económica, dejando el área de siembra libre para las labores posteriores de labranza y siembra, además de permitir la disminución de enfermedades y plagas lo cual contribuiría al mejor establecimiento del cultivo⁽¹¹⁾. Sin embargo, según los resultados se observó que los tratamientos SD (6845.3 kg. ha⁻¹) y SDB (6732.8 kg. ha⁻¹) obtuvieron los mejores comportamientos comparados con SDQ (6157.8 kg. ha⁻¹) y SC (5953.5 kg. ha⁻¹). Estos resultados coinciden a los reportados por Rosero y Osorio⁽¹²⁾, quienes indicaron que el fuego genera una disminución marcada de los valores iniciales de materia orgánica; al igual que Mataix⁽¹³⁾, que también indica que la materia orgánica suele decrecer tras una quema de alta intensidad afectando directamente a los horizontes más superficiales de éste lo cual afecta los rendimientos en el cultivo.

Según lo resultados se puede evidenciar que el análisis de varianza no detectó diferencias significativas en las variables: altura de planta, altura de inserción de mazorca. Sin embargo, numéricamente se registra una diferencia positiva de la Siembra Directa + *Brachiaria* (SDB) frente a otros tratamientos con un valor de 182.9 cm y 119.4 cm, respectivamente. Esto puede atribuirse a una mejor asimilación de nutrientes que los otros manejos de siembra en especial

Tabla 3. Análisis económico de cada uno de los manejos aplicados al sistema productivo de maíz

Componentes	Tipos de Siembra			SC
	SD	SDB	SDQ	
USD				
Semilla maíz (18 kg)	75.0	75.0	75.0	75.00
Semilla pasto (1 kg = \$ 25)	-	125.0	-	-
Arado (2 pases)	-	-	-	70.00
Rastra (1 pase)	-	-	-	35.00
Siembra maíz (máquina)	70.0	70.0	70.0	70.00
Siembra pasto	-	50.0	-	-
Fertilizantes (ciclo cultivo)	250.0	250.0	250.0	250.00
Manejo Fitosanitario	150.0	150.0	150.0	150.00
Mano de obra (manejo cultivo)	90.0	90.0	90.0	90.00
Costo cosecha (\$/kg)	0.1	0.02	0.1	0.1
Valor de venta (\$/kg)	0.3	0.3	0.3	0.3
Rendimiento (kg/ha)	6 845.3	6 732.8	6 157.8	5 953.5
Costo Total	792.4	964.9	776.6	876.9
Ingreso Bruto	2 190.5	2 154.5	1 970.5	1 905.1
Beneficio neto	1 398.1	1 189.7	1 193.9	1 028.2
Relación BENEFICIO/ COSTO	1.8	1.2	1.5	1.2

la de roza y quema ⁽¹⁴⁾. El uso continuo de la quema para la siembra produce una drástica disminución de su rendimiento, como lo muestran los trabajos de Cuanalo y Uicab⁽¹⁵⁾.

De la información analizada se establece que los costos de producción promedio para los sistemas de producción en estudio se encuentran entre USD \$776.6 y \$919.9, por hectárea lo que coincide con el Banco Central del Ecuador⁽¹⁶⁾, el cual menciona que en el cantón El Empalme los costos de producción varían entre USD \$ 800.0 y \$ 1000.0; la producción promedio de maíz que se obtuvo se encuentra entre 5953,2 a 6732,7 kilogramos por hectárea lo que coincide con la investigación realizada por el Banco Central del Ecuador⁽¹⁶⁾, en que se afirma que los agricultores en la provincia de Guayas obtuvieron un promedio de 6818.2 kg/ha de maíz amarillo. Con respecto a esto, en algunos casos las

variables agronómicas del maíz asociado con leguminosas o en monocultivo pueden diferir matemática o estadísticamente, algunas investigaciones relacionan esto con el potencial genético de los cultivares que se asocian, las condiciones climáticas, los programas de fertilización, entre otros posibles factores, lo que está corroborado es que de los cultivos asociados aunque las variables agronómicas sean similares a las de los monocultivos, tienen mayor utilidad en la conservación del recurso suelo⁽¹⁷⁾.

Estudios realizados por otros investigadores indican que el uso de cultivos de cobertura (CC) en sistemas agrícolas intensificados incrementan la materia orgánica del suelo⁽¹⁸⁾ Por lo tanto, la implementación de CC en los sistemas agrícolas pueden constituir como una herramienta agronómica para mitigar la degradación física y química de los suelos haciendo de estos más sustentables.

De la misma manera, Godoy⁽¹⁹⁾ identificó que, los cultivos asociados tienen mejores indicadores agronómicos especialmente en número de semillas por vaina, peso de cien semillas y rendimiento, comparados con monocultivos. En este estudio no se encontraron diferencias estadísticas para las variables evaluadas: altura de planta, altura de carga, peso de 100 semillas y rendimiento. Sin embargo, los mejores rendimientos se obtuvieron cuando se sembró de forma directa SD y asociado con *brachiaria* SDB.

El manejo de siembra directa y siembra directa con *Brachiaria* se plantea como opción para reducir la vulnerabilidad de las zonas de riesgo a eventos extremos, producto del impacto del cambio climático, que en los últimos años ha incrementado la variabilidad climática, afectando el desarrollo, rendimiento y demandas hídricas del cultivo de maíz⁽²⁰⁾. La siembra directa representa una alternativa viable para mejorar las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo, contribuyendo a la reducción de emisiones de CO₂ a la atmósfera.

5. CONCLUSIONES

Bajo los tratamientos analizados no se encontraron diferencias estadísticas entre las respuestas de las características agronómicas evaluadas. La altura de planta, altura de inserción de mazorca, peso de 100 semillas y rendimiento en grano fueron similares entre SC, SD, SDQ, SDB lo que sugiere que la SD sería una opción viable para la producción de maíz en la zona, alejando así la SC que mostró menores rendimientos de grano, además de no ser recomendable por estar asociada a un menor balance de carbono en el suelo y consecuentes aportes de gases de efecto invernadero que no fueron considerados para el presente trabajo.

La Siembra Directa + Brachiaria (SDB) puede ser tomada como una práctica que beneficia la captura de carbono y el balance positivo consecuente, la reducción en los costos por uso de maquinarias y un buen rendimiento en grano con respecto a los valores históricos de producción. En general, los resultados de este estudio indican el efecto positivo del sistema SDB los cuales fueron evidenciados y se espera que las diferencias se incrementen en el transcurso del tiempo.

Siembra Directa (SD) debe ser tomada la práctica a tomar dentro de este sistema productivo ya que reduce los costos por uso de maquinarias y se obtiene un rendimiento adecuado de grano por hectárea. Esto demuestra que la eliminación de la quema puede lograrse sin que se vean afectados los rendimientos del cultivo del maíz de manera significativa, mediante un buen manejo de fertilización, fitosanitario y control de malezas.

CONTRIBUCION DE LOS AUTORES

ESHM: búsqueda de bibliografía redacción técnica análisis estadístico, recolección de información estadística. SJGB: Análisis estadístico y revisión de datos. MDCZ: Análisis estadístico y revisión de datos. WDDC: Revisión bibliográfica y redacción técnica. RCML: Revisión bibliográfica y búsqueda de información especializada. EDLG: Revisión bibliográfica y búsqueda de información especializada.

CONFLICTO DE INTERÉS

Los autores declaran que no existe ningún tipo de conflicto de interés.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). Situación Alimentaria Mundial. 2021. Disponible en: <http://www.fao.org/worldfoodsituation/csdb/es/>
2. Ministerio de Agricultura & Ganadería, MAG. Maíz duro seco, boletín situacional. 2013.
3. Sánchez, I. Maíz I (*Zea mays*). Reduca (Biología). Serie Botánica, 2014;7(2):151-171. Disponible en: <http://revistareduca.es/index.php/biologia/article/view/1739/1776>, el 2 de junio del 2021.
4. Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua ESPAC.

Ecuador en cifras. 2020. Disponible en: https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Estadisticas_agropecuarias/espac/espac-2019/Presentacion%20de%20los%20principales%20resultados%20ESPAC%202019.pdf

5. Guamán, R., Desiderio, T., Villavicencio, Á., Ulloa, M. and Romero, E. Evaluación del desarrollo y rendimiento del cultivo de maíz (*Zea mays* L.) utilizando cuatro híbridos. *Siembra*; 2020. 7(2);047–056. Disponible en: <https://doi.org/10.29166/siembra.v7i2.2196>
6. Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas INCA. El cultivo de maíz (*Zea mays* L.) Dentro del sector agrario de Huambo-angola. Parte I. Indicadores Determinantes hacia la Sostenibilidad. 2015. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/1932/193239249021.pdf>
7. Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT). La formulación de recomendaciones a partir de datos agronómicos: un manual metodológico de evaluación económica. México, D. F. 1988;79.
8. Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI). Anuario Meteorológico. 2017. Disponible en: https://www.serviciometeorologico.gob.ec/docum_institucion/anuarios/meteorologicos/Am_2013.pdf
9. Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo. Manejo de los ensayos e informe de los datos para el programa de ensayos internacionales de maíz del CIMMYT. México D.F.: CIMMYT. 2012.
10. Di Rienzo JA, Casanoves F, Balzarini MG, Gonzalez L, Tablada M, Robledo CW. InfoStat versión 2018. Centro de Transferencia InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. Disponible en: <http://www.infostat.com.ar>
11. Ventrella D, Stellacci A, Castrignanó A, Charfeddine M, Castellini M. Effects of crop residue management on winter durum wheat productivity in a long-term experiment in Southern Italy, *European Journal of Agronomy*. 2016;77:188.
12. Rosero J, Osorio I. Efectos de los incendios forestales en las propiedades del suelo, (en línea) *Revista científica de la Facultad de Ingeniería, tecnológico de Antioquia*. 2013. Consultado 1 mar. 2017. Disponible en: ois.tdea.edu.co/index.php/cuadernoactiva/article/download/130/115
13. Mataix, J. Alteraciones físicas, químicas y biológicas en suelos afectados

por incendios forestales. Contribución a su conservación y regeneración (en línea). Tesis de doctorado en Ciencias, sección Químicas, Universidad de Alicante, Alicante, España. 1999. Disponible en: <http://www.cervantesvirtual.com/nd/ark:/59851/bmcrv0i1>

14. Szott L, Palm C, Buresh R. Ecosystem fertility and fallow function in the humid and subhumid tropics. *Agroforestry Systems*. 1999;47:163-196.
15. Cuanalo HE, Uicab-Covoh RA. Investigación participativa en la milpa sin quema. *Terra Latinoamericana*. 2005;23(4):587-597. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=57311146018>
16. Banco Central Del Ecuador. Reporte de Coyuntura Sector Agropecuario; 2019. Disponible en: <https://contenido.bce.fin.ec/documentos/PublicacionesNotas/Catalogo/Encuestas/Coyuntura/Integradas/etc201804.pdf>
17. Sarcos T, Soria A. Estudio de sistemas en monocultivo y asociación de maíz y leguminosas en el oriente de Perú. *Agronomía Mesoamericana*. 2008; 33(5);36-49.
18. Constantin J, Mary B, Aubrion G, Laurent F, Fontaine A, Kerveillant P, Beaudoin N. Effects of catch crops, no till and reduced nitrogen fertilization on nitrogen leaching and balance in three long-term experiments. *Agr. Ecosyst. Environ*. 2010;135:268-278.
19. Godoy L, Vásconez G, Defaz E, González B. Evaluación de dos variedades de frejol durante tres épocas de siembra bajo sistema de cultivo asociado con maíz, *Ciencia Y Tecnología*. 2011;4(1);5-11. Disponible en: <https://doi.org/10.18779/cyt.v4i1.98>
20. Ojeda B, Sifuentes I, Íñiguez C, Montero M. Impacto del cambio climático en el desarrollo y requerimiento hídrico de los cultivos. *AgroSciences*. 2011; 45:1-11.