

Crecimiento y producción del maíz, *Zea mays* L. en huertos biointensivos y convencionales en Lodana, Manabí, Ecuador

Growth and production of corn, *Zea mays* L. in biointensive and conventional gardens in Lodana, Manabí, Ecuador

Ariel Villafuerte Barreto ^{1,*}, Juan Flor Vinces ^{2,†}, Fredy Santana Parrales ^{3,‡}
 José Pico Mendoza ^{4,#}, Sabrina Trueba Macías ^{5,⊕} Roberto Bravo Zamora ^{6,&}

^{1,2,3,4,6}Universidad Técnica de Manabí; ⁵Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí

avillafuerte3686@utm.edu.ec¹; jflor@utm.edu.ec²; fsantana@utm.edu.ec³;
 jwpico@utm.edu.ec⁴; liz.trueba@uleam.edu.ec⁵; rcbravo@utm.edu.ec⁶;

Fecha de recepción: 20 de Junio de 2018 — Fecha de aceptación: 10 de noviembre de 2018

Resumen —El maíz, *Zea mays* L. tipo genotipo criollo es un cultivo de mucha importancia en Ecuador. Entre sus características resaltan su adaptación a varias condiciones agroecológicas, resistencia a plagas y enfermedades, además, es considerado un producto estratégico para la soberanía y seguridad alimentaria del país. Por estas razones se hace necesaria su producción sostenible en pequeños huertos agroecológicos, a través de diversos métodos, entre los que resalta el método de doble excavación. Así, durante el período noviembre 2017 - marzo 2018 se realizó un trabajo de campo en la Facultad de Ingeniería Agronómica, UTM, parroquia Lodana, cantón Santa Ana, con el objetivo de evaluar el crecimiento y producción de maíz bajo el método de doble excavación. Para esto, se realizó la doble excavación del suelo a 60 cm de profundidad, y fueron sembradas las plantas a 40 cm entre hileras y cuatro distancias entre plantas de 15, 20, 25 y 30 cm. Dos experimentos fueron realizados, método de doble excavación y otro con un suelo convencional. Así mismo se evaluaron parámetros como, altura de planta, diámetro del tallo, longitud de la raíz, peso de seco del grano. El rendimiento se incrementa en el suelo con doble excavación. Los resultados se le realizaron un análisis de varianza y comparación de medidas (DMS), donde la variable, altura, diámetro, peso del grano seco de la planta de maíz no presentaron diferencia significativa. El tratamiento 2 con doble excavación presentó un peso promedio del grano de 72,5 y un diámetro del tallo de 1,8 cm. Se concluyó que el método de doble excavación en cultivo de maíz con un marco de plantación de 40 cm entre hileras y 20 cm entre planta propicia el rendimiento del maíz.

Palabras Claves—Seguridad Alimentaria, Huertos Agroecológicos, Producción Sostenible.

Abstract—Corn, *Zea mays* L. type creole genotype is a very important crop in Ecuador. For these reasons, sustainable production is necessary in small agroecological orchards, through various methods, among which the double excavation method stands out. During the period November 2017 - March 2018 a field work was carried out in the Faculty of Agronomic Engineering, UTM, Lodana Parish, Santa Ana Canton, with the objective of evaluating the growth and production of corn under the double excavation method. For this, the double excavation of the soil at 60 cm depth was carried out, and the plants were sown at 40 cm between rows and four distances between plants of 15, 20, 25 and 30 cm. Two experiments were carried out, double excavation method and another with conventional soil. Likewise, parameters such as plant height, stem diameter, root length, dry weight of the grain were evaluated. The yield increases in the soil with double excavation. The results were analyzed by an analysis of variance and comparison of measurements (DMS), where the variable, height, diameter, weight of the dry grain of the corn plant did not show a significant difference. Treatment 2 with double excavation presented an average grain weight of 72.5 and a stem diameter of 1.8 cm. It was concluded that the method of double excavation in corn cultivation with spacing of 40 cm between rows and 20 cm between plants favors corn yield.

Keywords—Food Safety, Orchards Agroecological, Sustainable Production

INTRODUCCIÓN

El maíz, *Zea mays* L. constituye uno de los principales cultivos de ciclo corto de Ecuador, el cual puede desarrollarse a diferentes pisos altitudinales y en consecuencia se adapta a diversos ambientes. Para el 2015, se plantaron 439.153 ha del tipo duro que representó el 36.03 % de la

superficie nacional sembrada, mientras que el tipo suave choclo y el suave seco p

articparon con 5.7 y 4.68 %, respectivamente, alcanzando esta especie el 46.41 % de toda la superficie cultivada durante ese año (1)(INEC, 2015). Este cultivo reviste de importancia porque es utilizado tanto para el consumo humano como para la elaboración de alimentos balanceados para el consumo animal, alcanzando el 3 % del PIB agrícola del país (INIAP, 2011). Esto implica que el maíz es un producto estratégico para la seguridad alimentaria del país (2)(Díaz *et al.*, 2009)..

*Ingeniero Agrónomo

†‡Magister Scientiae en Agricultura Ecológica

#Doctor en Ciencias Agrarias

⊕&Magister en Agroecología y Agricultura Sostenibles

MATERIALES Y MÉTODOS

Este cultivo es sembrado principalmente de forma convencional, lo que implica alto uso de insumos (fertilizantes y plaguicidas químicos), lo cual va acompañado con las labores culturales y uso de maquinaria que acarrea compactación, causada por la alta intensidad de tráfico de los tractores y máquinas durante las labores de protección del cultivo y las operaciones de cosecha (3) (Botta, *et al.* 2007), disminuyendo la fertilidad física (4)(Semarnat, 2009), incrementa la tasa de erosión y reduce el crecimiento de las raíz del maíz (Tesouro, et al. 2013), como parte de los efectos adversos de este tipo de agricultura (REF). Mantener zonas naturales dentro y alrededor de los campos de cultivo, sin la utilización de insumos químicos, propician un hábitat adecuado para la flora y la fauna silvestres (5)(FAO, 2010 FAO, 2015). En contraposición, un método agroecológico es la agricultura biointensiva, que está basada en la utilización e incorporación de materia orgánica, así como, de estrategias agronómicas, que aprovechan las cualidades de las plantas para repeler algunas plagas de los cultivos (5)(Semarnat, 2010; Medina, 2015 Sigcho, 2017). Dentro de las bases de este método, se encuentra la construcción de camas elevadas, a través del doble excavado (6)(Rioch, 1994), que fue desarrollado por (7)Jeavons (1991) el cual se basa en la aplicación de principios como el uso de semillas criollas, la asociación de cultivos, rotación de terrenos (8)(Leal, 2013). Surge como una alternativa para solucionar el problema de deterioro del suelo (EcoHabitar, 2012), también minimiza problema de Inseguridad Alimentaria (9)(López, 2017 (Gómez, L. Gómez, M. 2016). Que mediante la aplicación de prácticas sustentables, como la preparación profunda, permite el desarrollo de sistema radical de las plantas, profundizando y ampliando la absorción de nutrientes disponibles en el suelo, además del aprovechamiento de los espacios (10)(Jeavons J. 2002; Chan, *et al.*, 2016).

Experiencias previas muestran las ventajas de este método. En Lago Agrio Sucumbios en la Amazonia de Ecuador, se han producido a través de la doble excavación, varias hortalizas en asociaciones de cultivos y se corroboró un mejoramiento de los suelos debido al incremento de los niveles de materia orgánica y de la diversidad vegetal (Torres, 2006). Adicionalmente, en el trópico húmedo de Tabasco, México, para la producción de rábano y frejol, la siembra de huertos biointensivos con fertilización orgánica, incrementaron significativamente los rendimientos y se mejoraron las propiedades químicas del suelo (11)(Gómez, *et al.*, 2008). Dada las experiencias en la producción de otros cultivos, así como la importancia del maíz para Ecuador, se hace necesario, corroborar experimentalmente si este importante cultivo, puede ser producido mediante la doble excavación, con buenos rendimientos, y preservando el uso del suelo. En este orden de ideas, la presente investigación tuvo como objetivo evaluar el crecimiento foliar y producción del maíz de fenotipo criollo, mediante método biointensivo y doble excavación en pro de una sostenibilidad económica ecológica y social.

Localización del área

El experimento se desarrolló desde diciembre de 2017 hasta marzo de 2018, en los predios de la Facultad de Ingeniería Agronómica de la Universidad Técnica de Manabí, situada en la parroquia Lodana cantón Santa Ana, provincia Manabí, Ecuador. El área experimental se localizó a 60 msnm, ubicada geográficamente en las coordenadas 01°09'51" S y 80°23'24" O. El clima de Santa Ana es Tropical seco; la temperatura promedio anual es de 26°C. La temperatura máxima absoluta ha llegado a 37°C y la mínima a 14°C (INAMHI).

Elaboración del huerto biointensivo

Se clavaron estacas en las cuatro esquinas de la cama experimental, se midió con cinta métrica las dimensiones de acuerdo al largo y ancho seleccionado (7)(Jeavons 1991). La doble excavación siguió el siguiente procedimiento: el suelo se preparó siguiendo la metodología propuesta por John Jeavons en 1971, la misma que consiste en aflojar el suelo con un azadón sobre toda la cama, luego se ubica en un extremo de la cama y los primeros 30 cm de largo y de profundidad, lo cual se extrae el suelo a un costado de la cama, luego con un biello se afloja los 30 cm de profundidad teniendo 60 cm de profundidad y después los 30 cm de largo y profundidad siguiente se lo incorpora en la primera capa, esta actividad se lo realiza hasta terminar la cama y en este extremo se incorpora el suelo extraída en la parte inicial de la cama.

Experimento

El diseño empleado fue de bloques al azar. Las parcelas experimentales fueron de 12 m de largo y 1,20 m de ancho, 14,4m² el área por cada repetición, considerando dos camas con dobles excavación y un testigo, con 4 Repeticiones, R1 y R2 doble excavación y R3 sin doble excavación, disponiendo de 4 distanciamiento, de D1(30cm entre planta y 40 cm entre hileras), D2 (25 cm entre planta y 40 cm entre hileras), D3 (20cm entre planta y 40 cm entre hileras), D4 (15cm y 40 cm entre hileras), estos distanciamiento se lo distribuyo aleatoriamente en la cama, considerando 5 planta de maíz al azar por distanciamiento. El maíz se sembró a finales de noviembre del 2017 y se cosecho a inicio de marzo del 2018.

Determinación agronómica

Las variables tomadas fueron crecimiento foliar (longitud cm), diámetro del tallo (cm), crecimiento de la raíz (cm) y peso húmedo de la raíz peso seco de la raíz (g) se realizaron estas medidas cada 28 días. Para mejorar las condiciones fenológicas del cultivo se aplicó un bioestimulante foliar (biol), a los 25 días y 45 días desde la siembra.

RESULTADOS

El efecto favorable de la doble excavación del suelo estuvo dado por la altura de la planta, al igual que el diámetro del tallo, longitud de la raíz, con relación a la cama sin doble excavación. El comportamiento agronómico del cultivo de maíz en ambos tratamientos, no mostraron diferencias significativas ($p < 0.05$). Sin embargo, en suelo tratado con método biointensivo presento un mayor crecimiento, los que se refleja en la tabla 1, que muestra los resultados de altura de planta, donde a pesar del tratamiento sin excavación del suelo los T6 y T7, presenta una disminución en el crecimiento, en comparación con los tratamientos con excavación del suelo el T3 presenta un aumento en la altura.

Tabla 1. Altura de la planta del maíz (cm) bajo los diferentes tratamientos. Tratamientos 1 al 4 con doble excavación, del 5 al 8 sin excavación del suelo. Distancias de siembra (plantas x hileras en cm): a. 30 x 40; b. 25 x 40; c. 20 x 40 y d. 15 x 40, aplicadas para cada tratamiento con doble y sin excavación del suelo, respectivamente.

TRATAMIENTO	ALTURA DEL MAÍZ
1a	98,5 ab
2b	84,2 ab
3c	101,0 ab
4d	88,2 ab
5a	109,0 b
6b	77,0 a
7c	77,4 a
8d	85,4 ab

Test: Tukey Alfa= 0,05 DSM= 12,08. Medidas con una letra en común no son significativamente diferentes ($p < 0,05$).

El diámetro del tallo del maíz cumple un rol importante en para determinar un buen llenado del grano de la mazorca para obtener un mayor rendimiento. Como se puede observar en la tabla 2 existe mayor diámetro del tallo en los tratamientos biointensivo, T2. En cuanto a los resultados en el tratamiento sin excavación presenta una disminución en el grosor del tallo en el T7. *Tabla 2.* Diámetro del tallo del maíz bajo los diferentes tratamientos. Tratamientos 1 al 4 con doble excavación, Tratamientos 5 al 8 sin excavación del suelo.

TRATAMIENTO	DIÁMETRO DEL TALLO
1a	1,6 bcd
2b	1,8 d
3c	1,6 bcd
4d	1,5 abc
5a	1,7 cd
6b	1,4 ab
7c	1,3 a
8d	1,4 ab

Test: Tukey Alfa= 0,05 DSM= 12,08. Medidas con una letra en común no son significativamente diferentes ($p < 0,05$).

Dentro del resultado del peso de la mazorca y peso del grano en los cuados 3 y 4, se observa un incremento en los pesos en dos tratamientos que fueron tratados con doble excavación del suelo y solo el T8 sin excavación del suelo tuvo una disminución en el peso de la mazorca y del grano.

Tabla 3. Peso de la mazorca de maíz bajo los diferentes tratamientos. Tratamientos 1 al 4 con doble excavación, Tratamientos 5 al 8 sin excavación del suelo

TRATAMIENTO	PESO DE LA MAZORCA
1a	54,0 cd
2b	72,5 e
3c	59,0 de
4d	18,0 a
5a	45,0 bc
6b	41,0 bc
7c	35,0 b
8d	5,0 a

Test: Tukey Alfa= 0,05 DSM= 12,08. Medidas con una letra en común no son significativamente diferentes ($p < 0,05$).

Tabla 4. Peso del grano de la mazorca de maíz bajo los diferentes tratamientos; 1 al 4 con doble excavación, Tratamientos 5 al 8 sin excavación del suelo

TRATAMIENTO	PESO DEL GRANO
1 ^a	41,50 cd
2 ^b	55,50 e
3 ^c	46 de
4 ^d	9 a
5 ^a	31 bc
6 ^b	33bc
7 ^c	26 b
8 ^d	3 a

Test: Tukey Alfa= 0,05 DSM= 12,08. Medidas con una letra en común no son significativamente diferentes ($p < 0,05$).

El mejor resultado en el rendimiento y sus componentes del cultivo de maíz se obtuvo en los tratamientos tratados con el método de doble excavación del suelo, en comparación con los tratamientos sin excavación del suelo. El tratamiento 2 con excavación del suelo presentó un incremento en el peso del grano con 55, 50 g, mientras que el T8 sin excavación del suelo presentó una disminución en el peso del grano con 3g. Otros autores con el método de doble excavación del suelo han incrementado los rendimientos de hortalizas con respecto a sistema tradicional de producción (7)(Jeavons 1991; Anónimo 2000 Gómez, 2003). Lo que demuestra las ventajas de este sistema de producción.

DISCUSIONES

Al aplicar doble excavación se mejoraron las propiedades físicas y químicas del suelo, lo que intuyó de forma directa en el incremento de los requerimientos agronómico de la planta.

Los rendimientos obtenidos en el cultivo de maíz y sus incrementos se pueden explicar por la tecnología utilizada en los huertos orgánicos biointensivos, donde se siembran las plantas a distancias más cercanas que cuando se siembran en condiciones normales de campo y a la alta fertilización orgánica utilizada, lo que hace que la planta disponga de todos los nutrientes en la zona donde se encuentran las raíces, lo que favorece la elevación de los rendimientos. Al realizar el análisis de varianza con el conjunto de datos de suelo y los de plantas (Figuras 1, 2, 3 y 4), la mayoría de los parámetros evaluados presentaron diferencias significativas entre tratamientos (rendimiento, altura de la planta, diámetro, longitud de la raíz y peso húmedo y seco de la raíz)

Según lo afirmado por (12)Cobeña, Chevez, (11)(2011), la cosecha de un huerto biointensivo es mucho mayor comparada con la tradicional, ya que en la primera se

aprovecha adecuadamente el espacio debido al suelo suave y fértil, donde las raíces pueden crecer con mayor facilidad por tanto las plantas son más fuertes, grandes y tienen una mayor resistencia a plagas y enfermedades.

(13)Pérez y Quiñones (2015) afirman que los huertos familiares son agroecosistemas sostenibles complejos, en el cual la unidad familiar hace un uso integral del medio físico-biótico para producir diferentes bienes para su beneficio.

Los costos de producción de los huertos biointensivos son más elevados que las ganancias, como lo afirma (14)Luna Ordoñez (2014), en su estudio, debido a que se tienen gastos de instalación, depreciación de herramientas, preparación del suelo, aunque también se ahorran gastos en insumos como fertilizantes abonos, químicos, insecticidas, fungicidas. Esta técnica es recomendada practicarla como huertos familiares.

CONCLUSIONES

Al evaluar los efectos positivos en los rendimientos e indicadores del crecimiento, diámetro, longitud radicular y peso fresco y seco de la raíz de las tres repeticiones, se concluye que, con el método de doble excavación, mejora la morfología del cultivo con el fin de obtener mejor rendimiento productivo en el maíz.

RECOMENDACIONES

Utilizar el estiércol del ganado vacuno y desechos orgánico de cocina en la elaboración de abonos orgánicos.

Diseñar adecuadamente los huertos familiares, según el espacio disponible y las necesidades alimenticias, para mejorar y aprovechar los espacios.

Continuar con la producción biointensiva de alimentos nutritivos y saludables.

Utilizar siempre semillas criollas en la producción agrícola.

Seguir las recomendaciones de la producción biointensiva, (doble excavación, uso de compost y abonos orgánicos, asociación y rotación de cultivos, uso de semillas criollas, cuidado integral), para lograr mejores resultados.

REFERENCIAS

- [1] P. D. A. del Pozo Lira, A. A. A. Aguayo, A. B. C. Maridueña, and A. W. P. David, "Evaluación de distintas densidades de siembra de kudzu tropical (pueraria phaseoloides) como alternativa de cobertura vegetal en plantaciones de cacao en la zona agrícola del cantón el triunfo, provincia del guayas," 2016.
- [2] T. G. D. Coronel, F. A. S. Ávila, G. H. V. Montúfar, and S. Z. Montes, "Evaluación productiva y calidad

- del grano de cinco híbridos de maíz (*zea mays* l.) en dos localidades de la provincia de los ríos,” *Ciencia y Tecnología*, vol. 2, no. 1, pp. 15–23, 2009.
- [3] G. Botta, O. Pozzollo, M. Bomben, M. Tourn, E. Soza, H. Rosatto, A. Gili, J. Ressa, D. Rivero, J. Vasquez, *et al.*, “Aplicación del tráfico controlado en la cosecha de maíz (*zea mays* l.): efecto sobre rendimientos del cultivo y las propiedades físicas del suelo.,” *Agro-Ciencia*, vol. 23, no. 1, pp. 7–16, 2007.
- [4] J. GARIBALDI and O. REY SANTOS, “Semarnat-secretaría de medio ambiente y recursos naturales pnuma-programa de las naciones unidas para el medio ambiente,” *EL CAMBIO CLIMÁTICO EN AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE*, p. 140, 2006.
- [5] Í. G. Sigcho Ocampo, “Diseño e implementación de un modelo de huerto familiar biointensivo como alternativa para la seguridad alimentaria, en la comunidad san vicente del nila, parroquia luz de américa, cantón santo domingo, provincia santo domingo de los tsáchilas,” B.S. thesis, 2017.
- [6] S. Rioch, “Composta biointensiva,” *Martínez Valdez*, 1994.
- [7] J. Jeavons, *Cultivo biointensivo de alimentos*. Ecology Action, 1991.
- [8] L. P. Leal Salguero, “Trabajo de graduación, evaluación del efecto de la materia orgánica, en el suelo y en la producción de grano y biomasa, en maíz (*zea mays* l.) asociado a dos materiales de frijol (*phaseolus vulgaris* l.), bajo el método biointensivo, livingston, izabal, guatemala, ca,” 2013.
- [9] L. GÓMEZ-TOVAR and M. Á. GÓMEZ-CRUZ, “El huerto familiar orgánico, diversificado y agroecológico: la experiencia del módulo jurásico en chapingo, estado de México,” *Handbook TI*, vol. 131, 2016.
- [10] J. Jeavons, “El huerto sustentable. cómo obtener suelos saludables, productos sanos y abundantes.,” *Ecology Action*, 2002.
- [11] R. Gómez-Álvarez, G. Lázaro-Jerónimo, and J. León-Nájera, “Producción de frijol (*phaseolus vulgaris* l.) y rábano (*rhabanus sativus* l.) en huertos biointensivos en el trópico húmedo de tabasco,” *Universidad y ciencia*, vol. 24, no. 1, pp. 11–20, 2008.
- [12] P. Cobeña Moreno and J. Chévez Vera, “El marketing ecológico y los productos orgánicos: un plan para mejorar su posicionamiento en la ciudad de manta.,” 2011.
- [13] D. Pérez and D. Quiñonez, “Caracterización agroecológica de los huertos familiares en seis comunidades del municipio de motozintla, chiapas.,” *Tesis de licenciatura del Depto. De Agroecología. Chapingo, Estado de México.*, 2015.
- [14] A. Gil Flores, I. G. Reyes Reyes, and J. G. Estrada Flores, “Efecto de dos tipos de labranza sobre algunas propiedades físicas y químicas del suelo utilizando cultivo de rábano y abono tipo bocashi,” 2014.