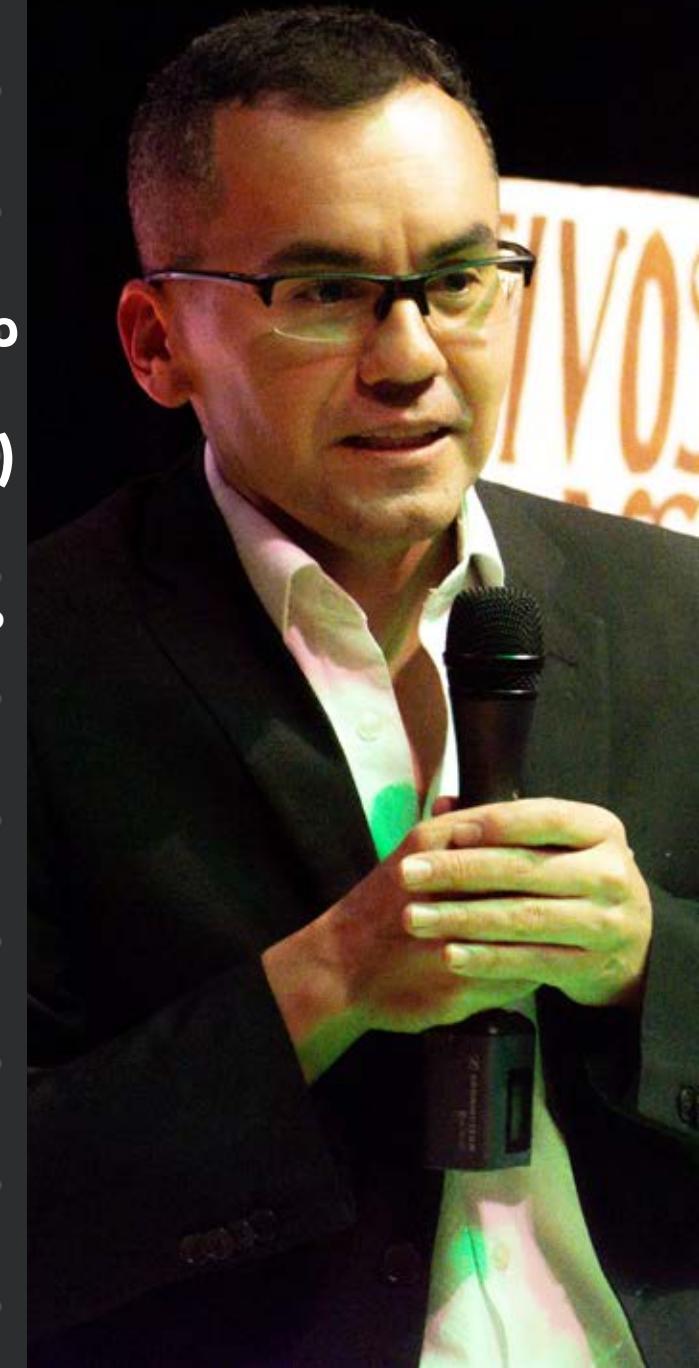


# **Cultivos mixtos vs monocultivos, método L.E.R. (Relación equivalente de tierra)**

**Corporación Universitaria Minuto  
de Dios – UNIMINUTO**

**Jhonny Kabir Bolaños Ramírez  
Jhon Jairo Monje Carvajal**



## Resumen

Los monocultivos generan dependencia a insumos externos, mayor exposición a agro-químicos, deficiencia de nutrientes en los suelos, mayor incidencia de plagas y enfermedades y alteraciones en los ciclos hidrológicos de los territorios. Los cultivos mixtos permiten mejorar los agro ecosistemas y fortalecer las dinámicas socio ambientales y económicas de los productores. El objetivo de la investigación es medir el rendimiento mediante comparación de cultivos mixtos vs monocultivos, utilizando el Método L. E. R. (Relación Equivalente de Tierra) Se utilizaron tres especies: Maíz (*Zea mays L.*) Fríjol (*Phaseolus vulgaris L.*) Calabaza (*Cucurbita moschata L.*) Se fertilizó solamente con un Biol. De los tres tratamientos realizados la asociación de maíz, fríjol y calabaza demostró la mayor producción, donde el maíz produjo 13.888 kg/ha, el frijol 8888,88 kg/ha y la auyama 8.300 kg/ha. En la otra asociación de maíz y fríjol también superó al monocultivo de maíz en su rendimiento total por hectárea. Se ratificó que los cultivos mixtos tienen un mejor desempeño productivo.

**Palabras clave:** monocultivos, agroecosistemas, rendimiento, cultivos mixtos

## Introducción

La milpa es un sistema tradicional de cultivo que tiene su origen en Mesoamérica, (Hernández, 1995) consiste en la asociación simultánea de Maíz (*Zea mays L.*) Calabaza (*Cucurbita moschata L.*) y diversas leguminosas entre ellas el frijol (*Phaseolus vulgaris L.*) También se les conoce como las tres hermanas. (Aguilar et al. 2003; Lewandowski, 1987)

La milpa se considera un sistema productivo tradicional, donde los rendimientos de los cultivos dependen de los recursos internos, el reciclaje de materia orgánica, los mecanismos de control biológico y el patrón de lluvia. (Altieri, 2009)

Mead y Willey (1980) plantean que: El método L. E. R es un índice estandarizado que se define como el área relativa requerida por cultivos únicos para producir los mismos rendimientos que en cultivos asociados.

Las características inherentes de autorregulación de las comunidades naturales se pierden cuando los seres humanos modifican los ecosistemas para crear monocultivos (Altieri y Nicholls 2004) Entre más intensamente se modifican estas comunidades, más graves y frecuentes son los desequilibrios ecológicos de los sistemas agrícolas simplificados.

Por el contrario, los agroecosistemas tradicionales se caracterizan por una biodiversidad funcional que genera sinergismos que garantizan una resiliencia ante perturbaciones externas y un alto potencial de adaptación a situaciones cambiantes (Altieri, 2004)

Según el clima, el suelo, la vegetación, las costumbres alimenticias de la región y los intereses y destrezas del productor, la milpa puede incluir un sinfín de plantas (anuales y perennes) adicionales. Pueden llegar a encontrarse hasta 50 especies diferentes ya sea cultivadas, auspiciadas o toleradas (Aguilar et al., 2003; Molina et al., 2016)

Gliessman (1985) demostró que 1.73 ha de maíz en monocultivo producen tanto alimento como 1 ha de milpa; generando una cantidad adicional de 2 Mg ha<sup>1</sup> de residuos de cultivo (para ser incorporados al suelo) en comparación con un monocultivo.

## Materiales y métodos

La investigación se realizó en la granja experimental de la Corporación Universitaria Minuto de Dios ubicada en Mosquera-Cundinamarca en la sabana occidente de Bogotá. Sus coordenadas 4°65' 98" N Y 74°20' 01" O a una altitud de 2516 m, la temperatura promedio entre 12° y 14°C y la precipitación media anual es de 640 mm; se encuentra clasificada según Holdridge como bosque seco montano bajo, se caracteriza por la irregularidad de las lluvias intranuales e interanuales. En esta zona hay producción de espinacas, coliflor, lechuga, zanahoria, apio, papa, arveja, maíz, flores entre otros y ganadería para lechería y carnes.

La preparación y adecuación del suelo se realizó de forma manual, con ayuda de un motocultor y herramientas convencionales como el azadón y machete; para erradicar la gramínea kikuyo (*Pennisetum Clandestinum*) y así elaborar las camas respectivas para la siembra.

El experimento se realizó en tres camas; cada cama de 1.80 m de ancho X 10 m de largo para un área de 18 m<sup>2</sup> cada cama; con tres tratamientos: T1 maíz; T2 maíz-fríjol T3 maíz-fríjol-ayuama, la densidad de siembra en el T1 fue de 50 cm entre plantas en tres surcos por cama. T2 60 cm entre plantas en tres surcos por cama; en la siembra se intercalo una semilla de maíz, otra maíz-fríjol, otro maíz y así hasta completar la cama. T3 60 cm entre plantas en tres surcos por cama; en la siembra se intercalo una semilla de maíz, otra maíz-fríjol y así sucesivamente; y en la mitad de los tres surcos se sembró la auyama.

Las semillas de Maíz y Fríjol se adquirieron en una casa comercial, y las semillas de calabaza las proporcionó una amable

y generosa señora de la comunidad. La siembra de maíz y frijol se realizó el 24 de noviembre de 2021, utilizándose la variedad de maíz porva y frijol cargamanto. Y la calabaza se sembró dos meses después.

El manejo de fertilización, riego, control de plagas y enfermedades fue idéntico para los tres tratamientos; se aplicó únicamente un Biol compuesto por 150 litros de agua, 40 kg de estiércol fresco de bovino, 2 kg de melaza y 2 litros de suero; se mezcló muy cuidadosamente todos los ingredientes en una caneca de 200 litros. Y se adecuó la manguera de 1 metro de largo a una botella reciclada de plástico de 1.5 litros con agua, se hizo toda la adecuación para que quedara herméticamente sellada y los gases salieran a la botella. Al tercer día de preparado se agregó sulfato de magnesio, 2 litros de suero y 1 kg de melaza. Al sexto día se añadió bórax, 2 litros de suero y 1 kg de melaza. La aplicación del biol se realizó de forma directa al suelo mediante una bomba de espalda con 18 litros de agua por 1 litro de biol cada 8 o 15 días durante el desarrollo vegetativo de los cultivos, se aplicó cobertura vegetal a las camas para regular la humedad, facilitar el control de hierbas, y como abono verde.

Imagen 1. Camas, biol y cosecha

Fuente.  
Elaboración  
propia, 2022



Las plagas encontradas durante el ciclo vegetativo de los cultivos fue *Helix aspersa* Müller y *Spodoptera frugiperda*, las dos de baja incidencia; de forma preventiva se colocó alrededor de

las plantas cascara de huevo triturado esto ayudo a disminuir de forma significativa la presencia de caracoles en los cultivos.

La enfermedad que se identificó fue *Puccinia sorghi* en maíz. No fue necesario aplicar ningún control. El manejo de arvenses se realizó con deshierbe cada 15 días manualmente en cada cama.

En el manejo de riego se implementó un sistema por goteo con tres cintas por cama cada cinta de 10 metros de largo, se hizo un circuito cerrado de riego para las tres camas, debido a las bajas precipitaciones en el mes de enero y febrero 2022 se regó cuatro veces por mes con una cantidad de agua de 150 litros para las tres camas.

Para el mes de marzo 2022 fue necesario implementar un tutorado para el frijol por lo tanto en el T2 Y T3 se colocó en los extremos de las camas una estructura con madera que permitiera extender cuerda a los extremos y así colgar el frijol ya que por el peso, robustez y follaje estaban inclinando las plantas de maíz.

El monitoreo y seguimiento del desarrollo vegetativo de las plantas se hizo en promedio cada sexto día, con bitácora de campo y registros fotográficos de cada visita. La cosecha fue en el mes de mayo y junio teniendo en cuenta la madurez fisiológica de las plantas; posteriormente para medir su rendimiento se pesaron el maíz y frijol en cada tratamiento. La calabaza se cosechó a comienzos del mes de septiembre y se hizo el peso del fruto.

Se calculó la relación equivalente de tierra L. E. R que corresponde al área en monocultivo que se requiere para generar la misma cosecha que en una hectárea del policultivo analizado (Altieri et al., 1983; Gliessman, 1985)

Para obtener la RET, primero se calcula la relación entre el rendimiento de cada cultivo que compone un policultivo y su respectivo rendimiento en monocultivo. Despues se suman las áreas equivalentes para cada cultivo que compone un policultivo como desglosado en la Ecuación 1:

$$RET = \sum_{i=1}^n \frac{CP}{CM}$$

Donde  $n$  corresponde al número de cultivos asociados,  $CP$  al rendimiento por hectárea de un cultivo en policultivo y  $CM$  a la cosecha del mismo cultivo en monocultivo en la misma superficie y con un manejo idéntico. Una  $RET > 1$  expresa una ventaja productiva de un policultivo (Bavec et al., 2005)

## Resultados

El rendimiento del maíz en policultivo fue mayor tanto en el T2 como el T3 con respecto al T1 de monocultivo, el frijol en policultivo presentó un mayor rendimiento en el T3 con respecto al T2. La calabaza produjo un rendimiento de 8.300 kg/ha,

Las plantas del T2 Y T3 fueron más robustas, y de mejor follaje.

La evaluación de la RET indica que la asociación de Maíz-Frijol-Auyama resultó ser la de mejor productividad, 1 ha de maíz, frijol y auyama mostró el mismo rendimiento como si lo tuvieran en 1.5 ha en monocultivo, le sigue la asociación de Maíz- Frijol con RET de 1.3 y por último el monocultivo de Maíz RET de 1.

Tabla 1.  
Rendimiento  
kg/ha  
Fuente.  
Elaboración  
propia

Cultivo	Rendimiento kg/ha
T1. Maíz	10.000
T2. Maíz -frijol	11.666-6.111
T3. Maíz-frijol-ayuama	13.888--8.888,88--8.300

Es comprobado que el policultivo maíz-frijol-calabaza con manejo adecuado genera sobre-cosecha (Zhang et al., 2014) Una explicación son sinergias altamente funcionales entre maíz, frijol y calabaza (Wang et al., 2010) Es decir, desde un inicio de su cultivación, las tres hermanas fueron adaptadas a la “convivencia”.

Otro factor que favorece la interacción entre maíz y frijol es la captura de nitrógeno atmosférico, ya que el frijol nodula más en asociaciones con el maíz, generando una ganancia neta de

nitrógeno en asociaciones de maíz y una leguminosa (Giessman, 1990)

Aunque la competencia subterránea es mayor a la competencia superficial en los policultivos (Zhang et al., 2014), en la milpa existen también sinergias en el crecimiento superficial. Esta aplicó particularmente para maíz y frijol cuyo intercalado estimula la altura y producción de biomasa foliar de ambos (Bavec et al., 2005; Tembakazi y Lucas, 2002)

## Conclusiones

- ▶ Los cultivos mixtos proveen un mejor rendimiento por hectárea que los monocultivos, mejorando así los sistemas de producción en predios pequeños limitados por la cantidad de tierra que se pueda preparar, se reduce la exposición a agroquímicos, mejor control de malezas, menor incidencia de plagas y enfermedades.
- ▶ Dinamiza las interacciones de diferentes organismos que hacen parte de la agrobiodiversidad.
- ▶ En la presente investigación se comparó un monocultivo maíz y policultivo maíz-fríjol y maíz-fríjol-ayuama demostrando en campo que el policultivo maíz-fríjol-ayuama mostro un mejor rendimiento por hectárea.
- ▶ Policultivos como la milpa son un cúmulo maravilloso de biodiversidad que pueden potencializar los sistemas productivos para ayudar a mitigar efectos del cambio climático.

## ¿Quieres conocer más de este proyecto?



Visita nuestro canal de YouTube:

<https://www.youtube.com/c/iniciacioncientifica>

## Reconocimientos o notas de los investigadores

Agradecimientos especiales al profesor **Jhon Jairo Monje Carvajal**, a la **Corporación Universitaria Minuto de Dios** (en especial al programa académico de Ingeniería Agroecológica) por permitirme realizar la Investigación en la Granja experimental Mosquera, a mis colegas y compañeros; **Santiago Borda**, **Sebastián Paredes**, **Juan Camilo Meléndez** y a mi querida Novia **Milenita Fajardo**; a todos: mil y mil gracias por el apoyo y colaboración en esta bella experiencia de vida en medio del aroma envolvente de paz y tranquilidad que nos brindan nuestras plantas.

Agradezco a la **red Iniciación Científica** por esta fantástica oportunidad de mostrar más de nuestro amado campo por medio de la Investigación, y resalto el logro obtenido en la gala final donde pude obtener el primer puesto en la categoría ciencias agrícolas.



## Referencias

- Aguilar, J.C. Illsley y C. Marielle. (2003) Los sistemas agrícolas de maíz y sus procesos técnicos. pp. 83-122. In: G. Esteva y C. Marielle (eds. ) Sin maíz no hay país. CONACULTA. Ciudad de México.
- Altieri, M.A. (2004) Linking ecologists and traditional farmers in the search for sustainable agriculture. *Front. Ecol. Environ.* 2:35-42.
- Altieri, M.A. (2009b) La agricultura moderna: Impactos ecológicos y la posibilidad de una verdadera agricultura sustentable. University of California, Berkeley, Department of Environmental Science, Policy and Management. Berkeley, CA, USA.
- Altieri, M. A., D. K. Letourneau, and J. R. Davis. (1983) Developing sustainable agroecosystems. *BioScience* 33:45-39. doi: 10.2307/1309244.
- Bavec, F., U. Živec, S. Grobelnik M., M. Bavec, and L. Radics. (2005) Competitive ability of maize in mixture with climbing bean in organic farming. <http://orgprints.org/4214> Consultada octubre 4 2022.
- Ebel, R, Pozas-Cárdenas, JG, Soria-Miranda, F, & Cruz-González, J. (2017) Manejo orgánico de la milpa: rendimiento de maíz, frijol y calabaza en monocultivo y policultivo. *Terra Latinoamericana*, 35 (2), 149-160.
- Gliessman, S. R. (1985) Multiple cropping systems: A basis for developing an alternative agriculture. pp. 67-83. In: US Congress Off ice of Technology Assessment. Innovative biological technologies for lesser developed countries: workshop proceedings. Congress of the USA. Washington, DC, USA.

- Gliesman, S. R. (1990) Applied ecology and agroecology: Their role in the design of agricultural projects for the humid Tropics. pp. 33-47. In: F. Montagnini and R. Goodland (eds. ) *Race to save the tropics: Ecology and economics for a sustainable future*. Island Press. Washington, DC, USA.
- Hernández X., E. (1995) *La milpa en Yucatán: Un sistema de producción agrícola tradicional*. Colegio de Postgraduados. Montecillo, México.
- Lewandowski, S. (1987) Diohe' ko, the three sisters in seneca life: Implications for a native agriculture in the finger lakes region of New York State. *Agricul. Hum. Values* 4:76-93. doi: 10.1007/BF01530644.
- Mead, R. y Willey, R. W. (1980) The concept of a land equivalent ratio and advantages in yields from intercropping. In: *Methodol. Exp. Agric.* pp: 217-228.
- Molina A., Chávez S. Gil, P. López, E. Hernández R. Ortiz T. (2016) Eficiencias productivas de asociaciones de maíz, frijol y calabaza (*Cucurbita pepo* L.) intercaladas con árboles frutales. *Phyton* 85:36-50.
- Nicholls, C. I., Altieri, M. A., & Vázquez, L. L. (2017) Agroecología: Principios para la conversión y el rediseño de sistemas agrícolas. *Agroecología*, 10 (1), 61-72.
- Wang, Q., Y. Li, and A. Alva. (2010) Cropping systems to improve carbon sequestration for mitigation of climate change. *J. Environ. Prot.* 3:207-215. doi: 10.4236/jep.2010.13025
- Zhang, C., J. A. Postma, L. M. York, and J. P. Lynch. (2014) Root foraging elicits niche complementarity-dependent yield advantage in the ancient 'three sisters' (maize/bean/squash) polyculture.