

EVALUACIÓN DEL CULTIVO AGROECOLÓGICO DE MAÍZ, POROTO Y ZAPALLITO EN POLICULTIVO

Nunez, L.¹; Lucati, L.²; Pietrarelli, L.³

¹Universidad Nacional de Córdoba. Facultad de ciencias agropecuarias. Córdoba. Argentina

²Universidad Nacional de Córdoba. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Cátedra de Ecología Agrícola. Córdoba. Argentina.

³Universidad Nacional de Córdoba. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Cátedra de Observación y Análisis de Sistemas Agropecuarios. Córdoba. Argentina

lucasnunez@hotmail.com

RESUMEN

Este experimento se realizó para evaluar el efecto del policultivo maíz/poroto/zapallito sobre el crecimiento, el rendimiento y el grado de enmalezamiento comparado con sus respectivos monocultivos. Por otra parte, se calculó el coeficiente LER (Land Equivalent Ratio). Se pudo comprobar que, a pesar de un menor crecimiento y un rendimiento promedio por planta menor, las parcelas en policultivo tuvieron un rendimiento total por unidad de superficie mayor a los distintos monocultivos, con un LER>1. También se demostró de forma significativa un menor enmalezamiento de las parcelas de policultivo. Estos resultados vienen confirmar los efectos benéficos de la diversidad de los agroecosistemas tanto sobre el manejo de vegetación espontánea como sobre la productividad de estos sistemas.

Palabras clave: Milpa, malezas, Land Equivalent Ratio.

INTRODUCCIÓN

La agricultura moderna se basa en los grandes principios de la revolución verde, es decir sistemas agrícolas compuestos por variedades de alto rendimiento, en monocultivo y con alto gasto de insumos convencionales. Los límites de este modelo son hoy en día obvios: no se solucionó el problema del hambre, los suelos pierden fertilidad y los aportes de insumos son cada vez mayores con la contaminación suponen (Altieri, 2013). Entonces se puede afirmar que el modelo actual no es sustentable al nivel económico, ecológico y social.

Aparece la necesidad de un nuevo modelo sustentable para la agricultura que garantice buenos rendimientos estables, produciendo alimentos sanos y variados, con el menor impacto ambiental posible.

La agroecología aparece como una alternativa que cumple con esos requisitos. En el libro "Agroecología – Teoría y práctica para una agricultura sustentable" Altieri y Nicholls la definen con estas palabras:

"El enfoque agroecológico considera a los ecosistemas agrícolas como las unidades fundamentales de estudio; y en estos sistemas, los ciclos minerales, las transformaciones de la energía, los procesos biológicos y las relaciones socioeconómicas son investigados y analizados como un todo."

Este trabajo se va a centrar sobre la llamada transición agroecológica (Cap 2012, Barchuk 2018), particularmente

su tercera etapa, el rediseño de los agrosistemas (Gliessman, 2002), que sigue al manejo integrado de plagas y la sustitución de los insumos de síntesis química. Este rediseño tiene como uno de sus ejes el aumento de la biodiversidad dentro del agroecosistema que al imitar procesos ecológicos permite maximizar los servicios ecosistémicos (Gliessman 2002). Se logra así aprovechar distintos nichos, se complementan los requerimientos en nutrientes y energéticos, algunas especies ayudan en el buen desarrollo de otras y se genera mayor cobertura del suelo reduciendo la incidencia de la vegetación espontánea, etc.

Entre las estrategias de diversificación de los cultivos existen los policultivos que son agroecosistemas en los cuales se cultivan varias especies al mismo tiempo, con ciclos que se superponen.

El cultivo de maíz en asociación con poroto y zapallo, conocido como milpa, es un policultivo que se practica desde siglos por pueblos indígenas de América. En un contexto agrícola basado en los principios de la revolución verde, se minimizó su aporte potencial a la agronomía moderna.

Sin embargo, varios trabajos científicos recientes mostraron los beneficios potenciales de este policultivo para la producción agrícola de mayor escala (Betancur 2018, Ebel 2017, Zhang 2014). Notablemente, la asociación cereal/leguminosa tendría un impacto positivo sobre la fijación de nitrógeno (Stern 1993, Latati 2014) y

el rendimiento de los cereales mientras que las cucurbitáceas brindarían una mayor cobertura del suelo disminuyendo la vegetación espontánea (Fujiyoshi, 2007).

Para poder comparar el desempeño de un policultivo frente a los varios monocultivos correspondientes nos apoyamos sobre el LER (Land Equivalent Ratio) o Coeficiente Equivalente Tierra en castellano (Mead & Willey, 1980). Se considera que si un $LER > 1$ entonces el policultivo tiene mayor productividad que sus monocultivos correspondientes, es decir que se obtendría un mayor rinde cultivando los tres cultivos juntos que por separado sobre la misma superficie.

Los objetivos de este trabajo fueron:

Demostrar que diseños de policultivos de fácil implementación traen beneficios y pueden ser un paso importante de la transición agroecológica.

Analizar los efectos de este sistema sobre el manejo de la vegetación espontánea y los rendimientos por unidad de superficie.

Modificar los diseños tradicionales para que se pueda adaptar a sistemas de mayor escala.

Para esto se propone comparar el desempeño de un policultivo de maíz-poroto-zapallito con el monocultivo de cada uno de estas especies, a través de la evaluación de la productividad y el efecto sobre la vegetación espontánea

MATERIAL Y MÉTODOS

Material biológico

Se usaron, tanto para el policultivo como el monocultivo, la variedad de maíz Leales (INTA), el zapallito veronés (INTA) y un poroto blanco de crecimiento definido.

Diseño experimental

El trabajo se realizó en el parque agroecológico de la CIAySA en la Facultad de Ciencias Agropecuarias de Córdoba, en dos parcelas de 14 m² (2m x 7m) con un diseño en bloques completamente al azar (DCBA) ya que se espera un comportamiento distinto según la parcela. Esto significa que ambos bloques van a tener 4 tratamientos: policultivo maíz/poroto/zapallito, maíz solo, poroto solo, zapallito solo, distribuidos al azar dentro de cada bloque (Figura 1).

Este diseño con dos bloques permite, al momento del análisis estadístico, separar las diferencias debidas al uso de distintas parcelas del efecto propio del sistema (mono o policultivo). Se eligió un sistema de siembra en surcos, separados por una distancia de 50 cm y con riego por gravedad (Figura 1).

En el policultivo, uno de cada dos surcos se sembró con zapallito solo, con una distancia de 60 cm entre plantas. Los surcos intercalados se sembraron con maíz y poroto alternando con una planta de cada cultivo cada 10 centímetros, o sea 5 planta de cada cultivo por metro.

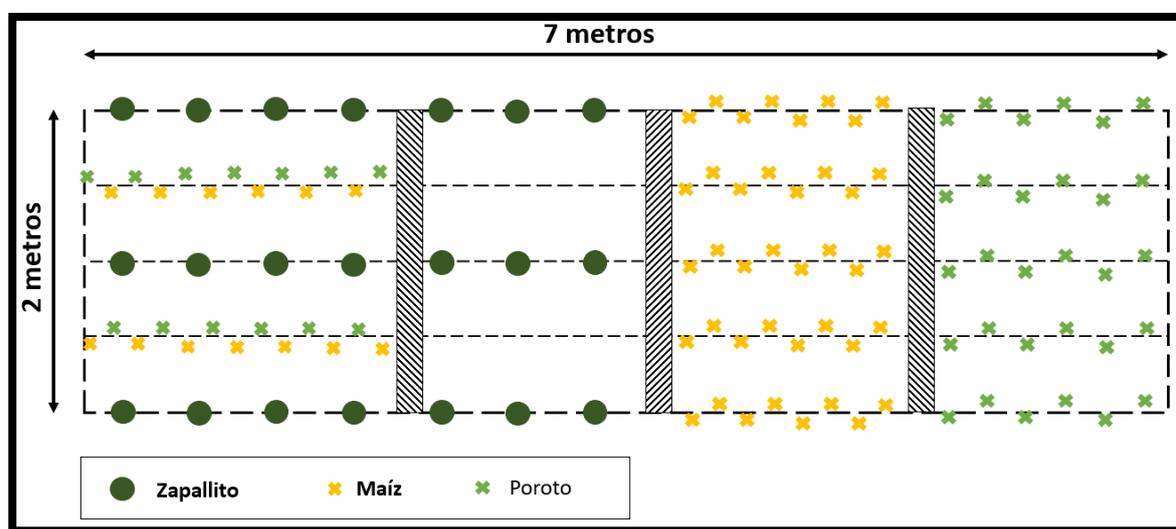


Figura 1. Estructura del diseño experimental adoptado en el Bloque 1 (en el bloque 2 el orden de los tratamientos fue distinto pero el diseño de cada tratamiento fue idéntico).

Mediciones y seguimiento de las parcelas

Con el objetivo de evaluar y comparar el transcurso de los ciclos de los distintos cultivos se decidió realizar un seguimiento periódico de las etapas fenológicas, el crecimiento y el desarrollo (floración, fructificación).

Para evaluar el crecimiento de los cultivos bajo distintos tratamientos se seleccionaron al azar 4 plantas de maíz, 4

de poroto y 4 de zapallito, tanto en los tratamientos bajo la condición de "monocultivo" como de "policultivo". Estas plantas fueron marcadas y se midió la altura de las plantas cada 7 a 10 días durante todo el ciclo de los cultivos. Posteriormente se midió de forma individualizada el peso de cada fruto.

Al terminar el ciclo se pesó la totalidad de los frutos

producidos en el policultivo y los distintos monocultivos usando una balanza. Se pudo así calcular el rendimiento de cada parcela, el rendimiento promedio por planta en cada parcela así como el peso promedio de cada fruto o infrutescencia. Se descartaron los individuos de los bordes de las parcelas.

También se evaluó el grado de enmalezamiento de las parcelas. En el momento de la siembra, se desmalezó completamente las dos parcelas de estudio, lo que constituye un tiempo cero sin vegetación espontánea. Cada 30 días aproximadamente (días 29, 59, 93 y 121 después de la siembra) se realizó un muestreo para evaluar la materia seca de vegetación espontánea producida en estos intervalos. Este muestreo consistió en ubicar al azar en cada tratamiento un área rectangular de 0,88 m² (1,10m X 0,80m), cortar al ras del suelo toda la vegetación espontánea ubicada en esta área y recolectarla en una bolsa rotulada. Se repitió el muestreo tres veces por tratamiento, en ambos bloques. Una vez realizado el muestreo, se desmalezaron completamente las parcelas, dejándolas libres de malezas. Las muestras obtenidas se secaron en estufa para obtener los distintos valores de materia seca.

El fundamento detrás de este protocolo de evaluación del enmalezamiento fue la necesidad de evaluar el impacto de los distintos tratamientos sobre el crecimiento de espontáneas sin dejar que las parcelas sean completamente colonizadas por esa misma vegetación, lo que impactaría fuertemente en los rendimientos.

Tratamiento estadístico y LER

El tratamiento estadístico se realizó con el software Infostat. Las comparaciones de resultados de crecimiento de los cultivos, rendimientos y de grado de enmalezamiento entre los tratamientos se realizaron

mediante pruebas de ANAVA.

El LER se calcula con la siguiente fórmula (Mead & Willey, 1980):

$LER = \sum_i \frac{Y_{pi}}{Y_{mi}}$, donde Y_{pi} representa el rendimiento del i -ésimo cultivo en el policultivo y Y_{mi} el rendimiento del mismo cultivo, pero en monocultivo. La comparación del LER promedio obtenido con el valor 1 se realizó con una prueba t unilateral izquierda. La hipótesis nula de esta prueba es la igualdad de ambos valores, es decir $LER_{promedio} = 1$. También se realizó una prueba de normalidad de Shapiro-Wilks.

RESULTADOS

Fenología y Crecimiento de los distintos cultivos

No se observaron diferencias estadísticas entre los distintos tratamientos para las distintas etapas fenológicas de los cultivos.

Con respecto al crecimiento de los cultivos los resultados se presentan entonces usando el promedio del total de individuos de ambos bloques.

En las plantas de maíz no se observó ninguna diferencia estadísticamente significativa de altura entre plantas cultivadas en monocultivo y plantas en la milpa (**Figura 2**). En las plantas de poroto se observaron diferencias de altura. A partir del día 49 en adelante las plantas de las parcelas de monocultivo fueron estadísticamente más altas que las plantas ubicadas en el sistema de milpa (**Figura 3**)

En zapallito, se pudo comprobar que el tipo de sistema (monocultivo o policultivo) tiene un impacto significativo sobre el largo de tallo de las plantas de zapallito ya que las plantas ubicadas en la milpa fueron menos largas que las plantas en monocultivo a partir del día 67 (**figura 4**).

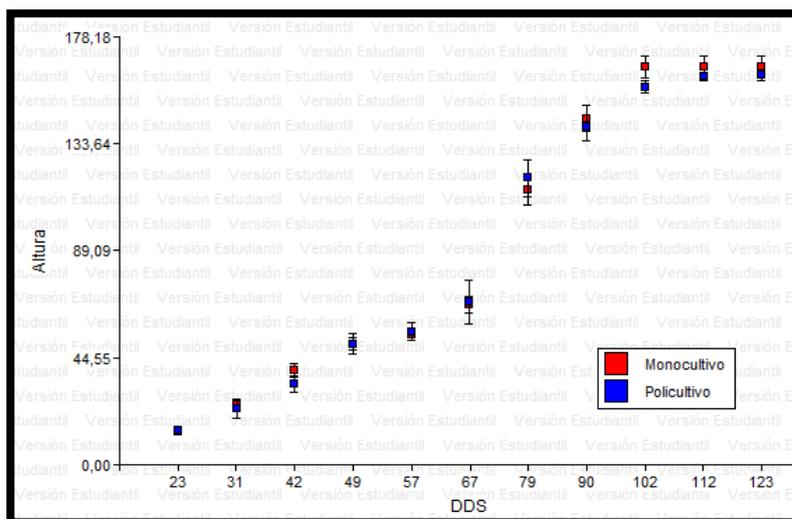


Figura 2. Curva de altura promedio de Maíz (cm) con desvíos estándar (barras), según tratamiento (monocultivo/policultivo) en función de los Días Después de la Siembra (DDS).

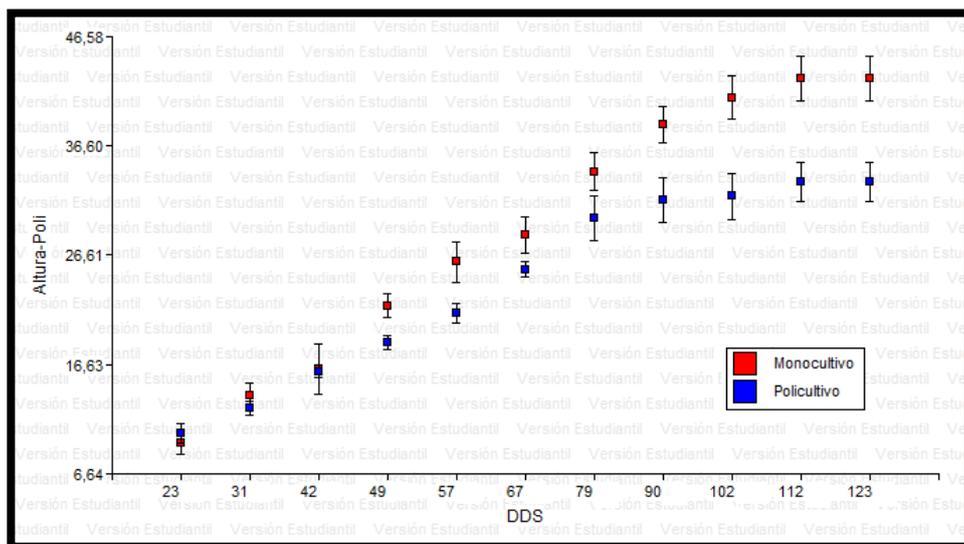


Figura 3. Curva de altura promedio de Poroto (cm) con desvíos estándar (barras), según tratamiento (monocultivo/policultivo), en función de los Días Después de la Siembra (DDS).

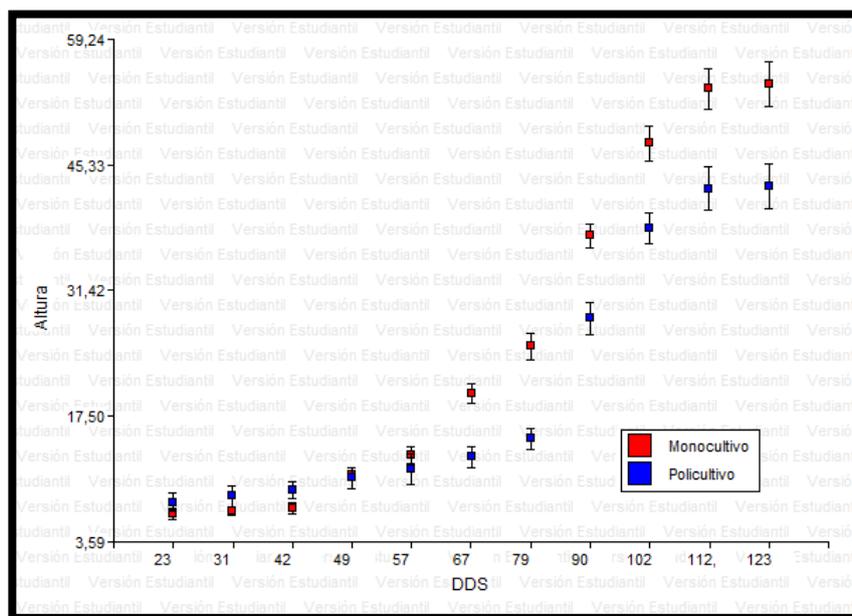


Figura 4. Curva de crecimiento promedio de Zapallito (cm), con desvíos estándar (barras). Tratamiento monocultivo y policultivo, en función de los Días Después de la Siembra (DDS)

Rendimiento de los cultivos y LER según los tratamientos

Se considera primero la variable “Peso total de zapallito producido por planta” (**Tabla 1**).

a) Zapallito: comparación de rendimientos

Tabla 1. Rendimientos promedios por planta (g/planta), rendimientos promedios por hectárea (kg/ha) según el tratamiento, LER parciales y LER total.

Cultivo	Monocultivo		Policultivo		LER Parcial
	Rdto (g)/planta	Rdto (kg)/ha	Rdto (g)/planta	Rdto (kg)/ha	
Maiz	184	18840	147	6718	0,357
Zapallito	3820	43000	2462	21850	0,508
Poroto	97,24	7630	81,6	1966	0,258
				LER total	1,122

Se puede observar el zapallito en monocultivo tuvo un rendimiento significativamente mayor al zapallito en policultivo (**Figura 5**), lo que se comprobó con un Anava realizada dentro de cada bloque (p value < 0,005). La diferencia de rendimiento entre monocultivo y policultivo no se atribuye a una diferencia en la cantidad

de frutos producidos (no se observó diferencia estadística con respecto a esta variable), sino a una diferencia en el peso promedio de los frutos producidos (**Figura 6**). Se convirtieron estos rendimientos obtenidos en las parcelas en rendimiento de zapallito por hectárea (**Tabla 1**)

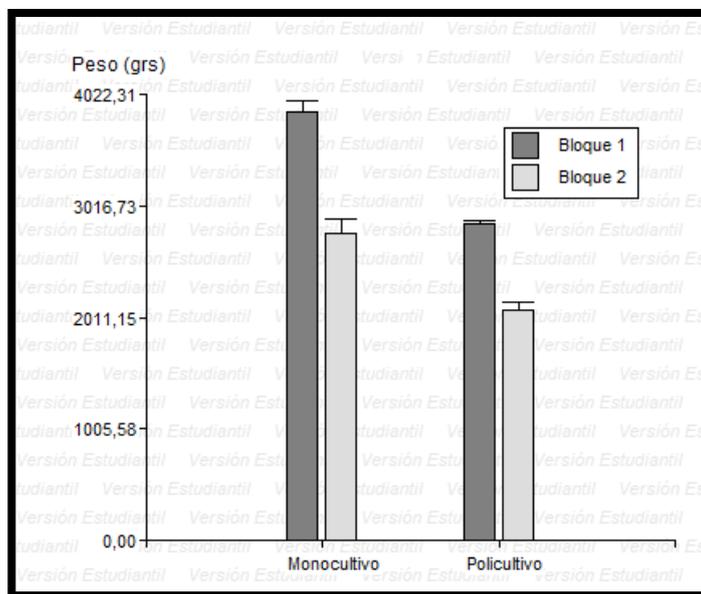


Figura 5. Rendimientos de zapallito (g), con desvíos estándar (barras) en tratamiento monocultivo y policultivo.

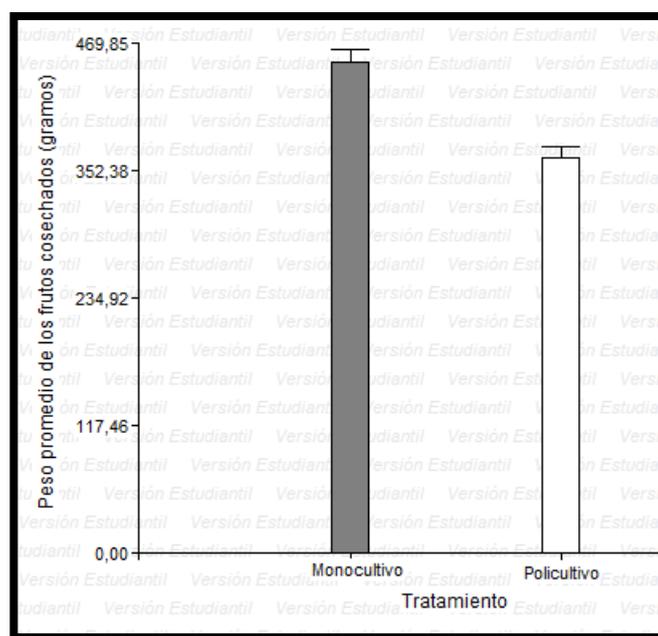


Figura 6. Peso promedio de los frutos de zapallito (g), con desvíos estándar (barras) en tratamiento monocultivo y policultivo.

b) Maíz: comparación de rendimientos

Se pudo poner en evidencia una diferencia también significativa de los pesos promedios de espigas por planta (**Figura 7**). En ambos bloques el tratamiento “monocultivo” tuvo rendimientos por planta promedios mayores al rendimiento promedio del tratamiento “policultivo”. Estas diferencias se reflejan lógicamente

cuando se convierten estos rendimientos en kg/ha (**Tabla 1**).

c) Poroto: comparación de rendimientos

Para analizar los resultados del poroto es importante aclarar que los resultados del bloque 1 fueron fuertemente impactados por la no emergencia de una

cantidad importante de plantas. En consecuencia, y con el objetivo de poder comparar los bloques y obtener resultados confiables, nos limitamos a tratar el rendimiento de la parcela a partir del rendimiento promedio por planta.

De forma análoga a los dos cultivos anteriores se obtuvieron rendimientos significativamente superiores en el monocultivo de cada bloque frente a los policultivos (**Figura 8**). Llevado a kilogramos por hectárea usando la densidad de siembra, da resultados similares (**Tabla 1**).

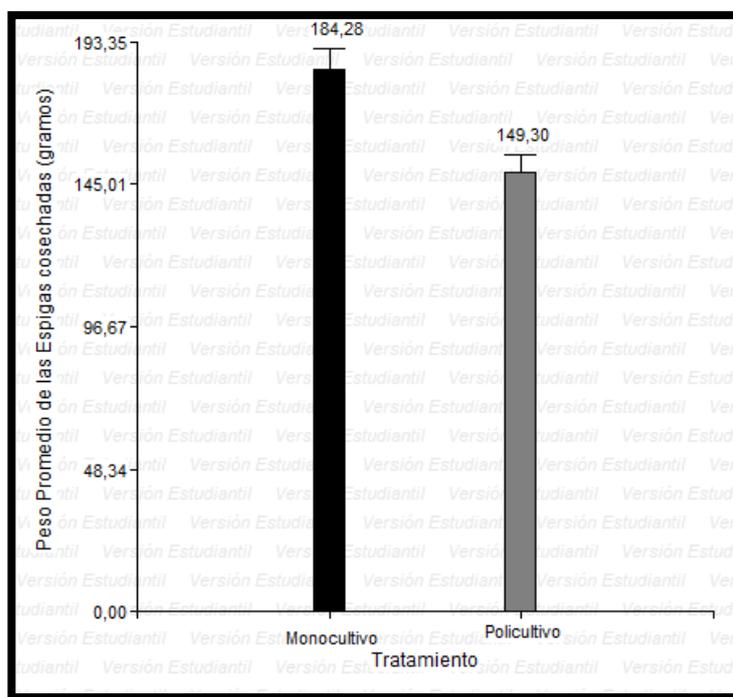


Figura 7. Rendimiento promedio de las plantas de maíz (g), con desvíos estándar (barras), dentro de cada bloque y según el tratamiento (monocultivo o policultivo)

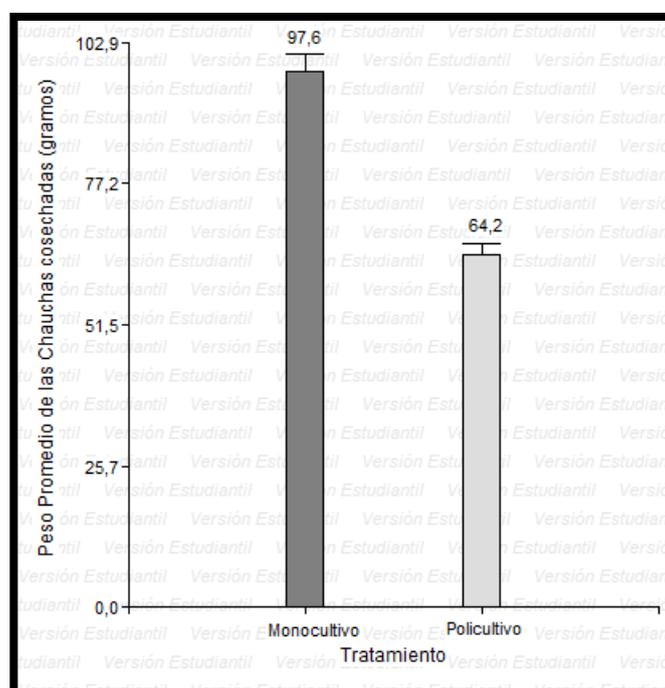


Figura 8. Peso promedio de chauchas por planta (g), con desvíos estándar (barras) y por tratamiento (monocultivo o monocultivo).

d) Cálculo de LER

Los resultados de los cálculos de LER parciales para cada cultivo y el LER total se encuentran en la **Tabla 1**.

Se realizó una prueba t unilateral izquierda. El p-value de esta prueba fue de 0,85, por lo que se puede rechazar la hipótesis nula. Entonces el valor del LER promedio

obtenido es significativamente mayor a 1.

Enmalezamiento y cobertura de cultivo

El protocolo descrito en la parte material y métodos nos permitió destacar varios fenómenos (Figuras 9).

No se observaron grandes diferencias a los 29 días y los policultivos mostraron un crecimiento de vegetación espontánea lo suficiente parecido a varios de los monocultivos como para considerarlos iguales.

Sin embargo a partir de los 59 días, la cantidad de materia seca de malezas muestreada en los policultivos fue sistemáticamente menor a las cantidades muestreadas en maíz y poroto (Figura 9). Por otra parte, a partir del día 93 incluido, en ambos bloques la cantidad de materia seca en policultivo fue menor a la obtenida en los otros tres cultivos. Estas diferencias fueron estadísticamente significativas.

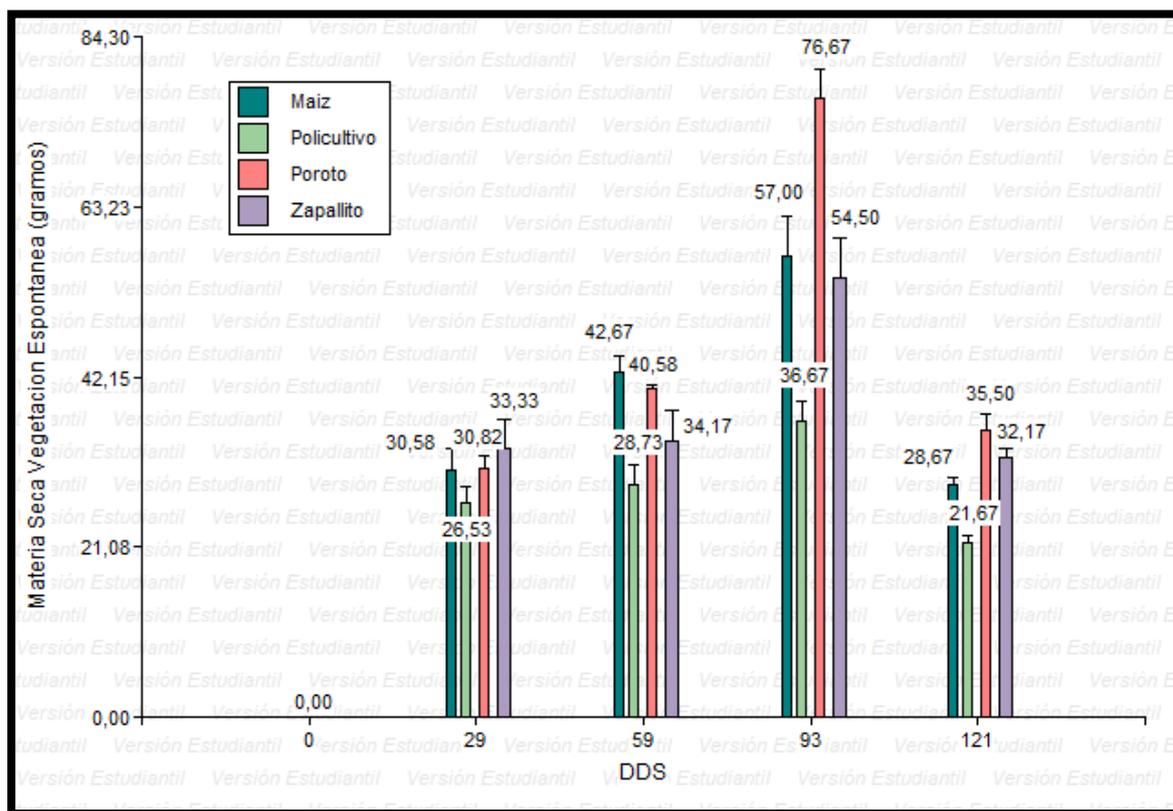


Figura 9. Materia seca promedio (g) de vegetación espontánea producida en los distintos intervalos entre los días de muestreo, con desvíos estándar (barras), medida en los distintos tratamientos (DDS= días después de la siembra).

Para poder visualizar el efecto del tratamiento sobre el crecimiento de vegetación espontánea se representa la materia seca acumulada en función del tiempo, en ambos bloques (Figuras 10).

En estas figuras se puede apreciar cómo las parcelas de policultivo se ven menos afectadas por las malezas a partir del día 59. Al final del ciclo la cantidad de materia seca producida por la vegetación espontánea es significativamente menor en el policultivo que en los tratamientos en condición de monocultivo.

Por otra parte, se pudo demostrar que el tratamiento afectaba el crecimiento, en el caso del poroto y del zapallito, con tamaños de plantas menores en policultivo debido a la mayor competencia que existe para los recursos (nutrientes y luz).

Sin embargo a pesar de estos valores menores, el LER fue mayor a 1 en ambos bloques, lo que significa que el policultivo fue superior a los distintos monocultivos. Esto

es, a superficie equivalente, una parcela de policultivo produce más (en kg/ha) que una parcela de mismo tamaño con los tres cultivos separados. Este resultado pone de relieve la importancia del uso de índices o coeficientes como el LER.

Existe sin embargo una limitante del LER que ha sido remarcada por varios autores (Mead & Willey, 1980). Por ejemplo, si un productor requiere un rendimiento mínimo de uno de los cultivos (por ejemplo, el maíz) por razones económicas, mientras que no le importa particularmente el rendimiento de los otros cultivos, el simple cálculo del LER no informa sobre el rendimiento individual de los cultivos. Así un mismo LER puede ser en un caso viable económicamente para el productor (buen rendimiento del cultivo con mayor valor comercial) o no viable (alto rendimiento del cultivo de menor valor comercial). Otro factor a tomar en cuenta, si se quiere aplicar un diseño parecido a mayor escala es la posibilidad o no de

mecanizar las labores necesarias.

Por otra parte, se pudo poner en evidencia el efecto de un policultivo bien diseñado sobre el crecimiento de vegetación espontánea. En efecto una menor presencia de malezas en las parcelas de policultivo, y se pudo comprobar que ese menor grado de enmalezamiento estaba correlacionado con la mayor cobertura de los cultivos. De hecho, las diferencias entre tratamientos sólo aparecen cuando los grados de cobertura entre cultivos

también se diferencian. Esto viene de demostrar un fenómeno que ya se había observado en otros ensayos (Fujiyoshi 2017, Szumigalski & Van Acker 2005), y es de suma importancia en un clima semiárido ya que una menor cantidad de malezas significa menor competencia por el agua durante los episodios de sequía. También se reducirían las labores de desmalezamiento necesarias y los insumos necesarios para mantener el cultivo en condiciones para obtener rendimientos suficientes.

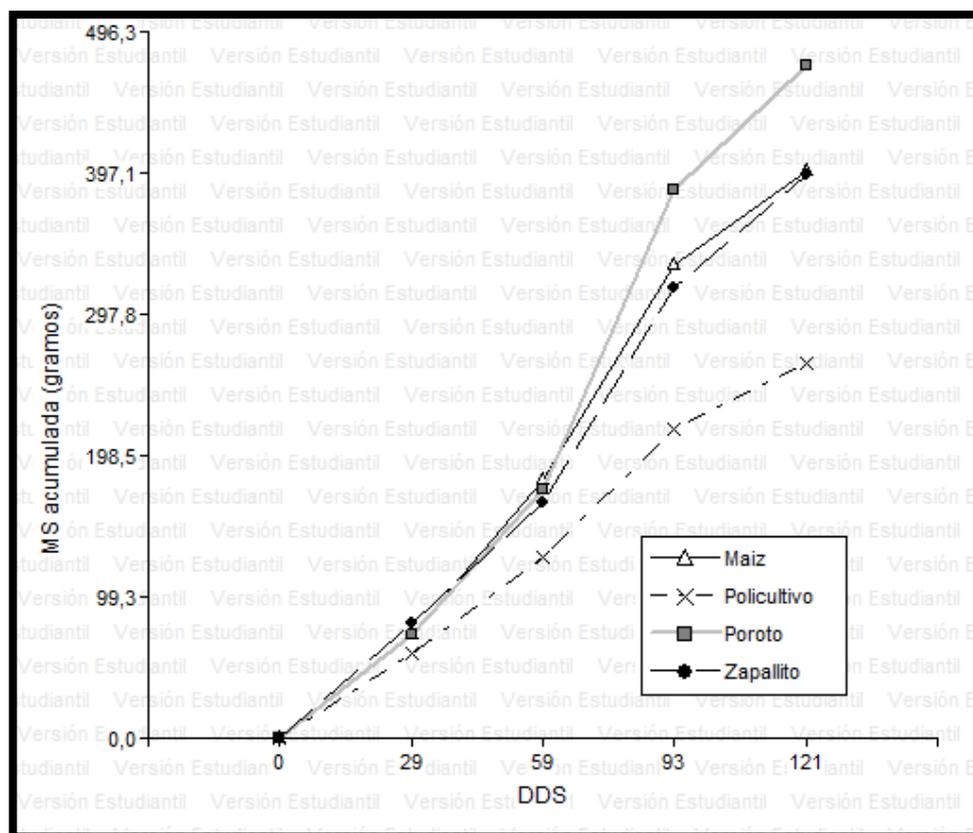


Figura 10. Materia seca acumulada (g), sumando los valores obtenidos en cada intervalo de muestreo en cada tratamiento DDS = Días Después de la Siembra.

En conclusión, los resultados obtenidos muestran varios efectos positivos de los policultivos frente a los monocultivos, aún en clima semiárido, tal como una mayor productividad por unidad de superficie y una disminución del grado de enmalezamiento. Sin embargo, cabe destacar que el ensayo fue realizado a escala reducida y habría que repetir esos experimentos a escala de una finca para poder confirmarlos. Así se podría estimar precisamente las necesidades de mano de obra, las posibilidades de mecanización del sistema (en siembra, cosecha y desmalezamiento) y la viabilidad económica de este sistema.

Para este ensayo se consideró oportuno no influir sobre el suelo más allá de la labranza inicial para no agregar más variables al sistema, pero parece ser un elemento clave en la obtención de rindes estables. Otro ensayo a mayor escala en el cual se aplican los conocimientos para la

fertilización del suelo sería entonces interesante, sobre todo si se prolonga en el tiempo ya que permitiría evaluar el impacto de un policultivo sobre la variable de fertilidad de suelo.

BIBLIOGRAFÍA

- Altieri MA, Nichols C, Funes F. 2013. Agroecología: Única Esperanza para la Soberanía Alimentaria y la Resiliencia Socioecológica, Sociedad Científica Latinoamericana de Agroecología (SOCLA) Rio+20 position paper presented at the Rio+20 United Nations Conference on Sustainable Development, Rio de Janeiro, June 2012.
<https://revistas.um.es/agroecologia/article/view/182861>
- Altieri M., Nicholls CI. 2000. En: Agroecología: Teoría y

- práctica para una agricultura sustentable. (1a ed). México D.F. México. Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. Red de Formación Ambiental para América Latina y el Caribe. <http://bibliotecadigital.ciren.cl/bitstream/handle/123456789/18777/00012855.nul?sequence=1>
- Barchuk et al., 2018. En: Manual para la transición agroecológica: guía para agricultoras y agricultores agroecológicos. (1a ed). Ed. Las Brujas, Córdoba, Argentina, 14-16 pp. <https://rdu.unc.edu.ar/handle/11086/12862>
- Betancur LM, Márquez Girón SM, Restrepo Betancur LF. 2018. La milpa como alternativa de conversión agroecológica de sistemas agrícolas convencionales de frijol (*Phaseolus vulgaris*), en el municipio El Carmen de Viboral, Colombia. *Idesia (Arica)* 36: 123-131. <https://scielo.conicyt.cl/pdf/idesia/v36n1/0718-3429-idesia-36-01-00123.pdf>
- Cap G, De Luca L, Marasas M, Pérez M, Pérez R. 2012. El camino de la Transición Agroecológica. Primera Edición. Ediciones INTA. Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Argentina, 21-31 pp.
- Ebel R, Cárdenas JGP, Miranda FS, González JC. 2017. Manejo orgánico de la milpa: rendimiento de maíz, frijol y calabaza en monocultivo y policultivo. *Tierra Latinoamericana*, 35(2): 149-160. <http://www.scielo.org.mx/pdf/tl/v35n2/2395-8030-tl-35-02-00149.pdf>
- Fujiyoshi PT, Gliessman SR, Langenheim JH. 2007. Factors in the suppression of weeds by squash interplanted in corn. *Weed Biol Manage* 7: 105–114
- Gliessman. 2002. Agroecología. Procesos ecológicos en agricultura sostenible. LITOCAT, Turrialba, Costa Rica.
- Latati M, Bargaz A, Belarbi B, Lazali M, Benlahrech S, Tellah S, Kaci G, Drevon JJ, Ounane SM. 2016. The intercropping common bean with maize improves the rhizobial efficiency, resource use and grain yield under low phosphorus availability. *Eur. J. Agron.* 72: 80–90.
- Mead R, Willey RW. 1980. The concept of “land equivalent ratio” and advantages in yields from intercropping, *Exp. Agr.* 16, 217–228.
- Szumigalski A, Van Acker R. 2005. Weed suppression and crop production in annual intercrops. *Weed Sci.* 53 (6): 813–825
- Stern, WR. 1993. Nitrogen fixation and transfer in intercrop systems. *Field Crops Res.* 34: 335–356
- Zhang C, Postma JA, York LM, Lynch JP. 2014. Root foraging elicits niche complementarity-dependent yield advantage in the ancient ‘three sisters’ (maize/bean/squash) polyculture. *Annals of Botany* 114: 1719–1733. <https://academic.oup.com/aob/article/114/8/1719/209154>.