

Producción de lechuga y alelí de corte en monocultivo y consociados bajo condiciones de fertilización orgánica

Production of lettuce and flower alelí of cutting in monoculture and intercropping under organic fertilization conditions

Víctor José Milicia¹; Cristian Javier López²; Javier Ítalo Pezzi³; Karina Alejandra Montiel⁴; María Fabiana Rodríguez⁵; Marcelo Ramón Lovisolo⁶

Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de Lomas de Zamora, Ruta Provincial número 4 y Juan XXIII, Lomas de Zamora, Argentina. victormilicia@hotmail.com¹; lopezcristianau@yahoo.com.ar²; javierpezzi@yahoo.com.ar³; karina.montiel@hotmail.com⁴; mariafabianar@yahoo.com.ar⁵; mlovisolo@gmail.com⁶

ARTÍCULO

Presentado: 16/01/2021

Aceptado: 08/03/2022

Palabras Clave:

Agroecología

Policultivos

Nutrición vegetal

RESUMEN

Los objetivos del trabajo fueron evaluar el efecto de dos tipos de fertilizante sobre los rendimientos biológicos y económicos de lechuga y sobre la calidad de vara en alelí y establecer la Relación Equivalente Tierra Total de los monocultivos y policultivos de lechuga y alelí para flor de corte, respectivamente. Para ello se realizó un diseño factorial con dos factores: Sistema con tres niveles de plantación: monocultivo de lechuga, monocultivo de alelí y policultivo de ambas especies y tipo de fertilizante con tres niveles: cama de pollo parrillero compostada, fertilizante químico granulado y testigo. Las variables evaluadas no mostraron interacción entre los sistemas de plantación y el tipo de fertilizante, por lo que el efecto de los factores sobre las variables pudo ser evaluados independientemente. En lechuga con cama de pollo compostada el rendimiento económico fue de 5,70 kg.m⁻² y el rendimiento biológico de 0,218 kg.m⁻², significativamente mayores a los tratamientos con fertilizante inorgánico (4,55 kg.m⁻² - 0,206 kg.m⁻²) y al testigo (2,94 kg.m⁻² - 0,164 kg.m⁻²). Similares resultados se hallaron en la asociación de cultivos. En alelí, la incorporación al suelo de la cama de pollo permitió obtener varas florales 30,8% y 20,4% más largas que el testigo y que el fertilizante químico respectivamente. En todos los casos la relación Equivalente Tierra Total -RETT- fue mayor a 1, que indica una ventaja del policultivo con relación al monocultivo. La fertilización inorgánica tuvo una RETT de 1.21, superior al resto de los tratamientos.

ABSTRACT

The objectives were to evaluate the effect of two types of fertilizers on the biological and economic yields of lettuce and on the quality of the stem in flower alelí and to establish the Equivalent Land relationship of monocultures and polycultures of lettuce and flower alelí for cut flowers, respectively. For this, a factorial experiment was carried out with two factors: system with three plantation levels: monoculture of lettuce, monoculture of flower alelí and polyculture of both species and type of fertilizer with three levels: composted chicken litter, granulated chemical fertilizer and control. The evaluated variables did not show interaction between the plantation systems and the type of fertilizer. In lettuce with composted chicken manure, the economic yield was 5.70 kg.m⁻² and the biological yield was 0.218 kg.m⁻², significantly higher than the treatments with inorganic fertilizer (4.55 kg.m⁻² - 0.206 kg.m⁻²) and the control (2.94 kg.m⁻² - 0.164 kg.m⁻²). Similar results found in the crops association. In flower alelí, the incorporation of chicken manure to the soil allowed to obtain floral stems 30.8% and 20.4% longer than the control and the chemical fertilizer, respectively. In all the cases, the total land equivalent ratio -RETT- was greater than 1, which indicates an advantage of polyculture in relation to monoculture. The inorganic fertilization had a RETT of 1.21, higher than the rest of the treatments.

Key words:

Agroecology

Polycultures

Plant nutrition

INTRODUCCIÓN

La agricultura actual consiste en un modelo de producción industrial basado en la sustitución de comunidades vegetales naturales por monocultivos. La manipulación humana y la alteración de los ecosistemas con el fin de establecer este modelo de producción agrícola han convertido a los agroecosistemas modernos en sistemas altamente simplificados, al punto de ser estructural y funcionalmente muy diferentes a los ecosistemas naturales (NICHOLLS et al., 2015). Los sistemas de producción con base en los monocultivos principalmente de especies anuales ya no son social, económica y ecológicamente deseables, debido a que comprometen la biodiversidad, utilizan los recursos de manera ineficiente, son altamente dependientes de energía fósil, imprimen una huella ecológica inmensa, son susceptibles a plagas y enfermedades y son vulnerables a la variabilidad climática (PHELAN, 2009; THIESSEN et al., 2015).

La agroecología propone reconstruir y/o fortalecer la biodiversidad funcional de los agroecosistemas para mejorar las interacciones entre sus componentes -suelo, espacio, agua, nutrientes y luz- a fin de poder lograr un flujo de bienes y servicios compatibles con los intereses de las generaciones presentes y futuras, mediante sistemas de producción sanos que sean económicamente viables, ecológicamente adecuados y socialmente más justos (SARANDÓN, 2020).

La obtención de productos agroecológicos debe tener presente principalmente dos aspectos de manejo: la biodiversidad natural y la fertilidad del suelo. En sus bases, la agroecología propone la introducción de biodiversidad mediante el uso de diseños y ordenamientos espaciales y temporales de los sistemas de cultivo como la asociación y la rotación de especies en una parcela productiva (SARANDÓN, 2020). La asociación de cultivos (o policultivos), donde dos o más especies coexisten en el mismo sitio al menos en una parte de su ciclo (CECÍLIO FILHO et al., 2010; CAVIGLIA et al., 2011), beneficia la interacción entre los componentes del ecosistema agrícola pues los utiliza de mejor manera que el monocultivo. Para ello se debe evitar la competencia entre el espacio aéreo y subterráneo. Los policultivos con relación a los monocultivos presentan mayor biodiversidad, mejor calidad del suelo y superior capacidad de retención de agua, factores esenciales para la vida de las especies vegetales. Muestran, además, una mayor eficiencia energética y resiliencia al cambio climático al incrementar su capacidad de absorber las perturbaciones y poder regresar a su estado natural (ALTIERI et al., 2019). La práctica de asociar dos o más cultivos mejora la regulación de malezas, enfermedades y plagas al mismo tiempo que incrementa los servicios de polinización (KREMEN, 2012; MILES, 2012). La combinación de plantas junto a los microorganismos, artrópodos y los diferentes componentes de la biodiversidad por arriba y debajo del suelo promueven los procesos ecológicos que dan estabilidad a los sistemas de hortalizas (CURCIO, 2019). Cuando la biodiversidad aumenta también lo hacen los organismos benéficos debido a la oportunidad de coexistencia y la interferencia protectora entre las especies. Esto mejora los sistemas y crea una comunidad compleja que exhibe una producción más estable y menos vulnerable a plagas y microorganismos indeseables (NICHOLLS et al., 2015).

La combinación de especies tiene como objetivo maximizar el uso de tierra comparado con los monocultivos.

Para establecer la eficiencia de cultivos consociados se calcula la Relación Equivalente Tierra Total (RETT) que permite definir la superficie de terreno necesaria bajo policultivo para igualar la suma de los rendimientos individuales en monocultivo (GLIESSMAN, 2002).

El sistema agroecológico también involucra el uso de abonos orgánicos. La fertilización intensiva del suelo mediante el uso de fertilizantes de síntesis química ha dado lugar a varios problemas, como costos elevados, contaminación por nitratos y pérdida de carbono del suelo. Las enmiendas orgánicas representan una alternativa para la agricultura sostenible (NKOVA, 2014).

El guano y la cama de pollo fueron utilizados como enmiendas durante siglos ya que aportan materia orgánica a los suelos, incrementan su fertilidad y mejoran las propiedades físicas como la infiltración y la capacidad de retención hídrica, determinantes para el éxito de la producción agrícola. Además, reducen la erosión de suelos y disminuyen los costos afrontados por los productores en la compra de fertilizantes comerciales (BOGAARD et al., 2013).

En Argentina la cama de pollo o de gallina proviene de la actividad avícola generalmente ubicada en las cercanías de los campos productores de hortalizas y flores de corte. Es un residuo sólido compuesto por el material de la cama -cáscara de arroz, girasol o maní y viruta o aserrín de madera-, las excretas de las aves, alimento caído, agua y plumas (LAMELAS et al., 2019). A su vez la cama contiene una carga importante de microorganismos que provienen de diferentes fuentes siendo la principal el tracto gastrointestinal de las aves como la carga intrínseca del material que la compone. En relación a los macronutrientes posee cantidades significativas de nitrógeno (N), fósforo (P), potasio (K), calcio (Ca), magnesio (Mg) y azufre (S) y dosis menores de micronutrientes como zinc (Zn) y cobre (Cu).

Con relación a lo descripto se planteó el objetivo de evaluar el efecto de dos tipos de fertilizante sobre los rendimientos biológicos y económicos de lechuga y sobre la calidad de vara en alelí y establecer la Relación Equivalente Tierra Total de los monocultivos y policultivos de lechuga y alelí para flor de corte, respectivamente.

MATERIAL Y MÉTODOS

Los cultivos se realizaron en el campo experimental de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Lomas de Zamora (UNLZ), en la localidad de Llavallol, partido de Lomas de Zamora, provincia de Buenos Aires, Argentina (34° 47' S, 56° 28' O). El clima es templado húmedo con régimen isohigro de precipitaciones cuya media anual es de 1000 milímetros. El ensayo se realizó sobre un suelo Argiudol típico, moderadamente bien drenado con una pendiente media del 1 %. La textura, en los primeros 0,10 m, es franco-limosa. Presenta reacción ligeramente ácida (pH 6,4), no es salino (CE 0,12 mS cm⁻¹) y se encuentra bien provisto de materia orgánica (3,5%).

El diseño del ensayo fue factorial donde las variables independientes estudiadas fueron el sistema de plantación y la fertilización. El primer factor presentó tres niveles: monocultivo de lechuga (*Lactuca sativa* L.) cultivar "Lores", monocultivo de alelí (*Matthiola incana* (L.) R.Br.) y ambas especies en policultivo; mientras que el segundo factor, la fertilización, comprendió dos tipos de enmienda -orgánica e

inorgánica- y un testigo sin abonar. Por lo tanto, los tratamientos combinados entre ambos factores fueron: lechuga en monocultivo con fertilización inorgánica (TLI), lechuga en monocultivo con enmienda orgánica (TLO), lechuga en monocultivo sin fertilizar (TLT), alelí en monocultivo con fertilización inorgánica (TAI), alelí en monocultivo con enmienda orgánica (TAO), alelí en monocultivo sin fertilizar (TAT), asociación en policultivo de lechuga y alelí con fertilización inorgánica (TPI), asociación en policultivo de lechuga y alelí con enmienda orgánica (TPO), asociación en policultivo de lechuga y alelí sin fertilizar (TPT).

Se utilizó un diseño completamente aleatorizado con arreglo factorial 3 x 3 y tres repeticiones.

El suelo donde se implantaron los cultivos se trabajó con un equipo Husqvarna Tr430 Rotovator autopropulsado con un ancho de labor de 0,43 m. Posteriormente se marcaron 27 parcelas experimentales con una superficie de 4 m² cada una.

El cultivo a campo se inició el 22 de junio 2019 a partir de plantines comerciales de lechuga y alelí obtenidos en bandejas plásticas multiceldas de 288 unidades.

Como abono orgánico se empleó cama de pollo con base girasol compostada durante seis meses extraída de un criadero de pollos parrilleros ubicado en el Partido de San Antonio de Areco, provincia de Buenos Aires, luego de cuatro ciclos de producción aviar. El material fue sometido a un proceso de decaimiento estático sin riego por un periodo de seis meses durante la época estival y monitoreado mediante mediciones diarias de temperatura. El material compostado estuvo en condiciones de ser incorporado al suelo una vez finalizada la etapa de decaimiento. El fertilizante inorgánico de síntesis química aplicado fue YaraMila Hydrocomplex granulado relación N P K 12-4,8-15.

Cada parcela del monocultivo de lechuga presentó diez líneas de cultivo con cinco plantas cada una y un marco de plantación de 0,30 m x 0,25 m. Para el alelí se empleó la misma cantidad y distancia entre surcos que para lechuga y 0,15 m entre plantas dentro de la hilera. El policultivo se organizó en doce líneas distanciadas a 0,30 m, seis para lechuga y seis para alelí distribuidas de forma intercalada, siguiendo las densidades de plantas utilizadas por los productores de la zona. El número total de plantas de lechuga y alelí por metro cuadrado para el monocultivo fue de 16 y 28 respectivamente. En el policultivo de ambas especies la densidad por metro cuadrado fue de 6 plantas de lechuga y 14 de alelí.

Las parcelas de monocultivo de ambas especies presentaron diez surcos de cultivo cada una, separados a una distancia de 0,30 m. En las parcelas de lechuga, los surcos contaron con 5 plantas distanciadas a 0,25 m y la densidad de plantación fue de 16 plantas por metro cuadrado. En las parcelas de alelí, los surcos contaron con 8 plantas distanciadas a 0,15 m y la densidad de plantación fue de 28 plantas por metro cuadrado. Las parcelas de policultivo presentaron doce surcos de cultivo separados a una distancia de 0,30 m, seis para lechuga y ocho para alelí distribuidas de forma intercalada y con la misma distancia de plantación que los monocultivos de cada especie; la densidad de plantación fue de 6 plantas de lechuga y 14 de alelí por metro cuadrado.

Una semana antes de la plantación a cada parcela asignada con el tratamiento de enmienda orgánica se le incorporó manualmente con pala 4,2kg de cama de pollo compostada que al momento de la aplicación contaba con un 67% de humedad. Para los tratamientos con fertilización química se adicionó a cada parcela entre los surcos una dosis

de 220 gr del fertilizante inorgánico granulado en dos momentos: a 15 y 30 días posteriores a la plantación. Las dosis de enmienda orgánica y fertilizante químico aplicadas se definieron según las utilizadas por los productores de la zona y en función del estado de degradación del suelo.

El cultivo se desmalezó con carpidas manuales y fue regado con agua de red a demanda del cultivo con manguera y flor de riego.

La toma de muestras de lechuga se efectuó a los 83 días desde la plantación cuando las plantas alcanzaron el tamaño comercial, al momento de formar una cabeza semicompacta. Para ello se extrajeron tres plantas completas seleccionadas al azar por parcela. Sobre cada una de ellas se llevaron a cabo las siguientes mediciones: número de hojas, área foliar (por método indirecto de peso) y peso fresco y seco de la parte aérea. Con esos datos se calculó: Rendimiento biológico: cantidad de materia seca producida por órgano de cosecha en kilogramos por unidad de superficie (kg.m⁻²). Rendimiento económico: cantidad de materia fresca del órgano cosechado en kilogramos por unidad de superficie (kg.m⁻²).

La toma de muestras de alelí se llevó a cabo cuando el 50 % de las plantas de cada parcela tenían las flores de los dos tercios inferiores del racimo abiertas. Para ello se extrajeron tres plantas completas seleccionadas al azar por parcela. Sobre cada una de ellas se llevaron a cabo las siguientes mediciones: altura de planta, longitud del pedúnculo y del eje de la inflorescencia, número total de hojas, área foliar (por método indirecto de peso) y peso fresco y seco del vástago en gramos.

Las diferentes mediciones fueron realizadas con regla normalizada y balanza analítica digital marca Ohaus en el Laboratorio Central de la Facultad de Ciencias Agrarias de la UNLZ.

Para el policultivo se calculó la Relación Equivalente Tierra Total (RETT), por la ecuación 1.

$$RETT = T1 + T2 = RP1 / RM1 + RP2 / RM2 \text{ (Ec. 1)}$$

y T1 y T2 son las RET para cultivos individuales de lechuga y alelí, respectivamente. RP1 y RP2 son los rendimientos de los cultivos individuales de lechuga y alelí en policultivo, respectivamente. RM1 y RM2: rendimientos de lechuga y alelí en monocultivo, respectivamente.

Para el caso de lechuga los rendimientos se miden en peso fresco por unidad de superficie, mientras que en alelí en número de varas por unidad de superficie.

El resultado de esta ecuación indica valores proporcionales que determinan el nivel de interferencia de los policultivos en el sistema de producción (GLIESSMAN, 2002).

Valores de RETT iguales a 1 indican iguales rendimientos entre el policultivo y los respectivos monocultivos. Resultados mayores a 1 demuestran una superioridad de los policultivos con relación a los monocultivos mientras que los menores a 1 expresan una desventaja del policultivo (GLIESSMAN, 2002).

Los efectos sobre los parámetros medidos se evaluaron estadísticamente mediante un Análisis de Varianza (ANOVA) utilizando el software estadístico Infostat 2017 y las medias significativamente diferentes se compararon a través de la Prueba de Comparaciones Múltiples de Tukey (p < 0,05). Los valores de la Relación Equivalente Tierra Total fueron

sometidos a la prueba de diferencia de proporciones basadas en la Distribución Exacta del Estadístico de Fisher mediante el estadístico Infostat (DI RIENZO et al., 2017). Las pruebas estadísticas que mostraron valor $p < 0,05$ fueron consideradas estadísticamente significativas.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las variables evaluadas para lechuga y alelí no mostraron interacción entre los sistemas de plantación en mono y policultivo y el tipo de fertilización aplicada -enmienda orgánica a base de cama de pollo, fertilizante inorgánico granulado de síntesis química y testigo sin fertilizar-. Por lo tanto, los efectos de los factores sobre las variables respuesta medidas fueron aditivos y permitieron su análisis por separado.

Sistema de plantación y fertilización en lechuga

El peso fresco total de la parte aérea de las plantas de lechuga con aplicación de cama de pollo compostada -TLO- fue significativamente superior al resto de los tratamientos. El rendimiento en kilogramos por metro cuadrado de materia fresca para TLO duplicó a TLT y fue 34% superior a TLI (Tabla 1).

Tabla 1. Peso fresco (kg) de la parte aérea de lechuga en monocultivo, para los tratamientos de fertilización orgánica (TLO), fertilización inorgánica (TLI) y sin fertilización (TLT). Letras distintas indican diferencias significativas por la prueba de Tukey ($p \leq 0,05$).

Tratamiento	Media
TLT	0,204 a
TLI	0,313 b
TLO	0,419 c

Resultados similares fueron descriptos por Mrabet et al. (2012) y Paterlini et al. (2019) y quienes encontraron incrementos significativos en el rendimiento de lechuga al incorporar al suelo cama de pollo compostada. Lee et al. (2004) concluyeron que la adición de este tipo de compost aumentó el contenido de macro y micronutrientes como así también de materia orgánica en el suelo lo que determinó mayor peso fresco en lechuga. Esta diferencia, no sólo se debe al contenido de nutrientes que aporta el compost sino también, a otras condiciones favorables para el crecimiento de la lechuga como una mejor aireación y régimen de humedad aportado por la materia orgánica (MASIRIRAMBI et al., 2010). Los mayores rendimientos, específicamente, podrían atribuirse al aporte de nitrógeno que mejora las actividades fisiológicas en las hortalizas y, por lo tanto, la síntesis de fotoasimilados (IKEH et al., 2012). El suelo donde se realizó el presente trabajo confirmó un mayor contenido de nitrógeno total en las muestras provenientes de parcelas donde se aplicó la enmienda orgánica según lo reportaran Prack Mc Cormick et al. (2019).

Los valores obtenidos de peso seco no mostraron diferencias significativas entre los tres tratamientos.

A la cosecha el número promedio de hojas por planta fue de 23, 24 y 25 para los tratamientos TLI, TLT y TLO, respectivamente. La cantidad de hojas de lechuga por planta no

Tabla 2. Valores medios de peso fresco y seco, número de hojas y área foliar de lechuga en mono y policultivo con alelí. Letras distintas indican diferencias significativas por la prueba de Tukey ($p \leq 0,05$).

Variable medida	Media	Media
	Monocultivo	Policultivo
Peso fresco de la parte aérea (kg)	0,274 a	0,350 a
Peso seco de la parte aérea (kg)	0,012 a	0,015 a
Número de hojas	24,18 a	23,33 a
Área foliar (cm ²)	1955,89 a	1927,07 a

mostró diferencias significativas entre los tres tratamientos lo que podría deberse a causas genéticas. Sin embargo, KORTEI y QUANSAH (2016) encontraron que el número promedio de hojas fue mayor en los tratamientos donde se aplicó la enmienda orgánica, atribuible a un mayor aporte de nutrientes.

El área foliar no mostró diferencias significativas entre TLI (1682,31 cm²) y TLT (1503,79 cm²) pero sí entre estos tratamientos y TLO (2639,35 cm²). Si bien el número de hojas por planta en los tres tratamientos de fertilización fue semejante TLO presentó hojas de mayor tamaño que sería la causa de valores superiores de área foliar. Resultados similares fueron hallados por SERNAQUÉ y LÓPEZ (2012) quienes evaluaron el efecto de diferentes fertilizantes orgánicos e inorgánicos en el cultivo de lechuga.

Los resultados obtenidos de todas las variables estudiadas no presentaron diferencias significativas cuando la lechuga se cultivó sola o en policultivo con alelí (Tabla 2) (Figura 1). Resultados similares fueron encontrados por PIRIS y ENCISO (2013) y por SHINDOI et al. (2019) cuando compararon el monocultivo de lechuga versus su policultivo con rúcula (*Eruca sativa* Mill.) y con cebolla de verdeo (*Allium fistulosum* L.) respectivamente.

Sistemas de plantación, fertilización y rendimientos obtenidos en lechuga

El peso promedio por planta de lechuga (kg.) en monocultivo y policultivo mostró diferencias significativas entre TLO y TLT. El tratamiento testigo y la fertilización inorgánica no mostraron diferencias significativas en el peso promedio por planta entre mono y policultivo; mientras que, el abono orgánico presentó un valor de 0,483 kg en policultivo significativamente superior a los 0,356 kg obtenidos en monocultivo (tabla 3).

Tabla 3. Comparación del Peso fresco promedio (Kg) de la parte aérea de lechuga en monocultivo y policultivo dentro de cada tratamiento de fertilización orgánica (TLO), fertilización inorgánica (TLI) y sin fertilización (TLT). Letras distintas indican diferencias significativas por la prueba de Tukey ($p \leq 0,05$).

Tratamiento	Policultivo	Monocultivo
TLT	0,225 a	0,183 a
TLI	0,340 ab	0,291 ab
TLO	0,483 b	0,356 b

El rendimiento económico del cultivo de lechuga en monocultivo fue significativamente mayor en el tratamiento TLO=5,69 kg.m⁻² seguido por el tratamiento TLI=4,55 kg.m⁻².

TLT alcanzó 2,94 kg.m⁻², rendimiento significativamente inferior al resto de los tratamientos. En el policultivo los resultados mostraron la misma tendencia siendo los rendimientos de TLO=2,89 kg.m⁻², TLI=2,05 kg.m⁻² y TLT=1,35 kg.m⁻². Es importante aclarar que las diferencias en rendimiento que se ven entre mono y policultivo se deben a la menor densidad de plantación de cada una de las especies en el policultivo.

El rendimiento biológico en monocultivo de lechuga fue mayor en el tratamiento TLO con 0,218 kg.m⁻², seguido por el tratamiento TLI con 0,206 kg.m⁻² y TLT con 0,164 kg.m⁻². El rendimiento económico y biológico del cultivo de lechuga presentó los mayores valores con cama de pollo compostada



Figura 1. Producción de lechuga y alelí en monocultivo y consociados

En el policultivo los resultados mostraron la misma tendencia siendo los rendimientos de TLO=0,179 kg.m⁻², TLI=0,160 kg.m⁻² y TLT=0,120 kg.m⁻² (Tabla 4)

Tabla 4. Rendimiento económico y biológico de lechuga en monocultivo y policultivo, para los tratamientos de fertilización orgánica (TLO), fertilización inorgánica (TLI) y sin fertilización (TLT). Letras distintas dentro de cada fila para mono y policultivo indican diferencias significativas entre los tratamientos por la prueba de Tukey ($p \leq 0.05$).

	Monocultivo			Policultivo		
	TLO	TLI	TLT	TLO	TLI	TLT
Rendimiento económico (kg mat. fresca . m ⁻²)	5,697 a	4,549 ab	2,936 b	2,899 a	2,054 ab	1,355 b
Rendimiento biológico (kg mat. seca . m ⁻²)	0,218 a	0,206 a	0,164 a	0,179 a	0,160 a	0,120 a

Sistema de plantación y fertilización en alelí

Las plantas de alelí del tratamiento TAO alcanzaron la mayor altura y obtuvieron un promedio de 56,67 cm, valor significativamente superior a TAI y TAT. El TAT alcanzó la menor altura de planta que fue de 47,92 cm. Debido al largo de vara obtenido en todos los tratamientos, el destino principal de la producción fue la comercialización para ramos o bouquets como lo recomendaran VERDUGO et al. (2012). REMACHE AIMACANA (2013) atribuye la mayor altura de plantas observadas en el cultivo de Campanas de Irlanda (*Molucella leavis* L.) para flor de corte a una mayor disponibilidad de

nitrógeno total y fósforo extractable cuando se agregó cama de pollo al suelo.

En referencia a la longitud del pedúnculo, los valores obtenidos mostraron diferencias significativas entre TAO y TAT, mientras que TAI presentó medidas intermedias. Resultados semejantes se observaron con relación a la longitud del eje de la inflorescencia pues el tratamiento con enmienda orgánica superó en 4,78 cm al TAT. El TAO mostró un incremento en la longitud total del eje de la inflorescencia de 42,6% con relación al tratamiento testigo y de 32,34% con respecto a la fertilización química (Tabla 5).

Tabla 5: Altura total de la planta, longitud del pedúnculo y del eje de la inflorescencia; número de hojas; área foliar; y peso fresco y seco de la parte aérea de plantas de alelí. Valores medios para los tratamientos de fertilización orgánica (TAO), de fertilización inorgánica (TAI) y sin fertilización (TAT). Letras distintas indican diferencias significativas por la prueba de Tukey ($p \leq 0.05$).

Variable medida	TAT	TAI	TAO
Altura de planta (cm)	47,92 a	49,83 a	56,67 b
Longitud del pedúnculo (cm)	3,63 a	4,41 ab	5,00 b
Longitud del eje de la inflorescencia (cm)	11,22 a	14,78 ab	16,00 b
Número de hojas	20,78 a	25,78 b	21,56 ab
Área foliar (cm ²)	8,18 a	26,97 ab	40,67 b
Peso fresco de la parte aérea (kg)	0,027 a	0,055 b	0,083 c
Peso seco de la parte aérea (kg)	0,004 a	0,008 b	0,011 c

Los mayores valores para las variables medidas en TAO podrían deberse a niveles superiores de nitrógeno total y fósforo extractable hallados por Prack Mc Cormick et al. (2019) en muestras de suelo de las parcelas experimentales donde se llevó a cabo el ensayo cuando realizaron estudios sobre la calidad del suelo bajo distintas prácticas de manejo. En este sentido otras investigaciones muestran que plantas de *Tagetes erecta* (L.) cv. Pusa Narangi Gainda tratadas con estiércol de aves de corral mostraron mayor número de flores por planta y mayor rendimiento por hectárea comparadas con la aplicación de fertilizante químico y con el tratamiento sin fertilizar (IDAN et al., 2014).

En el TAI, el número promedio de hojas por planta fue de 25,78 valor significativamente superior al TAT que no presentó diferencias marcadas con el TAO (Tabla 3). El área foliar presentó diferencias significativas con relación a TAO y TAT debido al mayor tamaño de hojas (Tabla 5). Estos resultados son similares a los hallados por Sönmez et al. (2013) en hojas de gladiolo (*Gladiolus* spp.) quienes además notaron un aumento de nitrógeno, hierro y manganeso cuando aplicaban estiércol de pollo al cultivo.

El peso fresco y seco del vástago, cuyos valores medios fueron 83,04 g y 11,45 g, mostraron diferencias significativas entre TAO y el resto de los tratamientos (Tabla 5). TAO presentó un incremento en el peso fresco del vástago del 203% y del 48,28% con respecto a TAT y TAI, respectivamente. Resultados afines fueron obtenidos por Bahadoran et al. (2011)

en el cultivo de nardo (*Polianthes tuberosa* L.) para la obtención de varas florales con aplicación de gallinaza.

Uso Equivalente Tierra (UET)

En la tabla 6 se muestran los valores de RETT para los diferentes tratamientos. En todos los casos estudiados la RETT fue mayor a 1, lo cual indica una ventaja del policultivo con relación a cada especie en monocultivo.

El tratamiento con fertilización inorgánica logró el mayor valor de RETT=1,21 que no presentó diferencias significativas con el resto de los tratamientos. Es decir que para lograr el rendimiento alcanzado por el policultivo se requiere aumentar 21% la superficie de tierra en monocultivo para el tratamiento fertilización inorgánica, mientras que debe incrementarse 18% para enmienda orgánica y 11% cuando no se fertiliza. Esto indica que se obtiene un mejor aprovechamiento del suelo a través de los sistemas de policultivo debido a que es necesario utilizar 0,71 hectáreas de lechuga y 0,50 hectáreas de alelí en monocultivo para obtener el mismo nivel de producción que 1 hectárea de ambos cultivos consociados con aplicación de fertilización química. Lo mismo ocurre con cama de pollo compostada pues se requieren 0,68 hectáreas de lechuga y 0,50 de alelí en monocultivo y para el testigo sin fertilizar son necesarias 0,61 hectáreas de lechuga y 0,50 de alelí. Resultados similares fueron obtenidos por RAIGÓN et al. (2006) al investigar la influencia de la asociación de cultivos sobre la RETT en escarola (*Cichorium endivia* L.) e hinojo (*Foeniculum vulgare* Mill.) y lechuga-hinojo.

Tabla 6. Relación Equivalente Tierra Total (RETT) para los tres tratamientos de fertilización. T1 y T2: RET parciales para los cultivos individuales de lechuga y alelí. RP1 y RP2 son los rendimientos de cada especie cuando se intercalan en policultivo; mientras que RM1 y RM2 son los rendimientos para cada especie en monocultivo.

	kg. m ⁻² de lechuga	Nº de varas. m ⁻² de alelí	T1	T2	RETT
Testigo sin fertilizar	RP1	1,8	RP2	14	0,61
	RM1	2,94	RM2	28	
Enmienda orgánica	RP1	3,87	RP2	14	0,68
	RM1	5,71	RM2	28	
Fertilizante inorgánico	RP1	2,73	RP2	14	0,71
	RP1	2,73	RP2	14	

CONCLUSIONES

La fertilización orgánica con cama de pollo compostada demostró ser una fuente importante de nutrientes para el crecimiento y la producción de lechuga y alelí para flor de corte tanto en monocultivo como cuando se encuentran asociadas en policultivo. Esto se manifestó en el incremento significativo de los parámetros de crecimiento de los cultivos estudiados con relación a la aplicación de fertilizantes inorgánicos y sin fertilizar como son el peso fresco de la parte aérea y el área foliar en lechuga, y peso fresco y seco del vástago, área foliar, número de hojas, altura de planta, longitud del pedúnculo y del eje de la inflorescencia en alelí.

La incorporación al suelo de enmienda de cama de pollo compostada permite obtener varas florales donde se destacan características de importancia para su comercialización como el largo total de vara y de raquis de la inflorescencia.

La asociación lechuga-alelí alcanzó un mayor grado de eficiencia en la RETT independientemente del sistema de fertilización empleado.

El policultivo de las especies estudiadas tuvo una importancia significativa desde el punto de vista de la eficiencia económica ya que la relación de precio entre el kilo de lechuga y el bouquet comercial conformado por 12 varas de alelí fue de 5:1 teniendo en cuenta que la fecha de cosecha del alelí en este trabajo coincidió con los días previos al Día de la Primavera -21 de septiembre-, día de alta demanda comercial de flores de corte. El policultivo de lechuga y alelí para flor de corte permitió obtener ingresos superiores en comparación a los sistemas en monocultivo.

REFERENCIAS

ALTIERI, M. A.; NICHOLLS, C. I.; ROGÉ, P.; ARNOLD, J. Agroecología urbana: principios y potencial. Familiares y Comunitarias, 61, 2019.

- BAHADORAN, M.; SALEHI, H.; ESHGHI, S. Growth and flowering of tuberose (*Polianthes tuberosa* L.) as affected by adding poultry litter to the culture medium. *Spanish Journal of Agricultural Research*, (2): 531-536, 2011. [10.5424/sjar/20110902-127-10](https://doi.org/10.5424/sjar/20110902-127-10)
- BOGAARD, A.; FRASER, R.; HEATON, T.; WALLACE, M.; VAIGLOVA, P.; CHARLES, M.; JONES, G.; EVERSLED, R.; STYRING, A.; ANDERSEN, N.; ARBOGAST, R.; BARTOSIEWICZ, L.; GARDEISEN, A.; KANSTRUP, M.; MAIER, U.; MARINOVA, E.; NINOV, L.; SCHÄFER, M.; STEPHAN, E. Crop manuring and intensive land management by Europe's first farmers, *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 110 (31):12589-12594, 2013. [10.1073/pnas.1305918110](https://doi.org/10.1073/pnas.1305918110)
- CAVIGLIA, O. P.; SADRAS, V. O.; ANDRADE, F. H. Yield and quality of wheat and soybean in sole and double-cropping. *Agronomy Journal*, 103:1081-1089, 2011. [10.2134/agronj2018.06.0371](https://doi.org/10.2134/agronj2018.06.0371)
- CURCIO, N. Manual de buenas prácticas de manejo para la producción de hortalizas orgánicas, 2019. <https://repositorio.iica.int/handle/11324/8176>
- CECÍLIO FILHO, A.B.; REZENDE, B.L.A.; COSTA, C.C. Economic analysis of the intercropping of lettuce and tomato in different seasons under protected cultivation. *Horticultura Brasileira*, 28:326-336, 2010. [10.1590/S0102-05362010000300015](https://doi.org/10.1590/S0102-05362010000300015)
- DI RIENZO, J. A.; CASANOVES, F.; BALZARINI, M. G.; GONZALEZ, L.; TABLADA, M.; ROBLEDO, C. W. InfoStat. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Córdoba, Argentina, 2017.
- GLIESSMAN, S. R. Agroecología: Procesos Ecológicos en Agricultura Sostenible. CATIE. Turrialba, Costa Rica. p. 243-244, 2002.
- IDAN, R. O.; PRASAD, V. M.; SARAVANAN, S. Effect of organic manures on flower yield of African marigold (*Tagetes erecta* L.) cv. Pusa Narangi Gaiinda. *International Journal of Agricultural Science and Research*, 4 (1): 39-50, 2014.
- IKEH, A.; NDAEYO, N.; UDUAK, I.; IWO, G.; UGBE, L.; UDOH, E.; EFFIONG, G. Respuestas de crecimiento y rendimiento de pimiento (*Capsicum frutescens* L.) a tasas variadas de estiércol de aves en Uyo, sureste de Nigeria. *Revista ARP de Ciencias Agrícolas y Biológicas*, 7(9), 735-742, 2012.
- KORTEI, N. K.; QUANSAH, C. Influence of compost prepared from household waste and poultry manure in compost-soil mixtures on the growth and yield of Lettuce (*Lactuca sativa* L). *Scientia Agricola*, 13:163-167, 2016. [10.15192/PSCP.SA.2016.13.3.163167](https://doi.org/10.15192/PSCP.SA.2016.13.3.163167)
- KREMEN C.; MILES, A. Ecosystem services in biologically diversified versus conventional farming systems: benefits, externalities, and trade-offs. *Ecology and Society* 17: (4):1-40, 2012. [10.5751/ES-05035-170440](https://doi.org/10.5751/ES-05035-170440)
- LAMELAS, K.; MAISONNAVE, R.; MAIR, G.; RODRÍGUEZ, N. Caracterización físico química de la cama de pollo de granjas integradas de parrilleros de la costa este de la provincia de Entre Ríos. Ministerio de Agroindustria de la nación. 2019.
- LEE, J. J.; PARK, R. D.; KIM, Y. W.; KIM, T. H.; KIM, K. Y. Effect of food waste compost on microbial population, soil enzyme activity and lettuce growth. *Bioresource Technology*, 93:21-28, 2004. [10.1016/j.biortech.2003.10.009](https://doi.org/10.1016/j.biortech.2003.10.009)
- MASARIRAMBI, M.; HLAWI, M.; OSENI, O.; SIBIYA T. Effects of organic fertilizers on the growth, yield, quality and sensory evaluation of red lettuce (*Lactuca sativa* L). *Agriculture and Biology Journal of North America*, 1:1319-1324, 2010. [10.5251/abjna.2010.1.6.1319.1324](https://doi.org/10.5251/abjna.2010.1.6.1319.1324)
- MRABET, L.; BELGHUYT, A.; LOUKILI, A.; ATARASSI, B. Effect of household compost on the productivity of maize and lettuce, *Agricultural Science Research Journals*, 2(8): 462-469, 2012.
- NICHOLLS, C. I., MIGUEL, A.; ALTIERI, L.; VÁZQUEZ, L. Agroecología: Principios para la conversión y el rediseño de sistemas agrícolas. *Agroecología*, 10(1): 61-72, 2015.
- NKOA, R. Agricultural benefits and environmental risks of soil fertilization with anaerobic digestates: a review. *Agronomy for Sustainable Development*, 34: 473-492, 2014. [10.1007/s13593-013-0196-z](https://doi.org/10.1007/s13593-013-0196-z)
- PATERLINI, H.; GONZÁLEZ, V.; PICONE, I. L. Producción de lechuga en un suelo con aplicación de compost de cama de pollo. *Ciencia del Suelo*, 37(1), 2019.
- PHELAN, P. L. Ecology-based agriculture and the next green revolution: Is modern agriculture exempt from the laws of ecology? In: BOHLEN, P. J.; HOUSE G. (Ed). *Sustainable agroecosystem management: Integrating ecology, economics, and society* Boca Raton, FL: CRC Press, pp. 97-135, 2009.
- PIRIS, L.; ENCISO, C. Producción de lechuga y cebolla de verdeo en sistemas de siembra asociada y monocultivo. Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Asunción. San Lorenzo, Paraguay. *Investigación Agraria*, 5(1): 31-37, 2013.
- PRACK MC CORMICK, B.; RODRÍGUEZ, H.; SOKOLOWSKI, A.; GAGEY, C.; WOLSKI, J.M.; BARRIOS, M. Evaluación experimental de la calidad del suelo en respuesta a prácticas de manejo hortícola. La cama de pollo. *Actas de la v reunión argentina de geoquímica de la superficie*, 58, 2019.
- RAIGÓN, M. D.; GARCÍA, M. D.; GUERRERO, C.; ESTEVE, P.; DOMÍNGUEZ-GENTO, A. (2006). Influencia de la asociación de cultivo sobre la relación equivalente de suelo. In *Proceedings of the VII SEAE Congress held in Zaragoza, Spain*, 2006.
- REMACHE AIMACAÑA, A. M. Evaluación de dos abonos orgánicos y químicos (gallinaza, estiércol bovino, 10-30-10 y

15-15-15) a tres niveles en campanas de Irlanda (*Molucella, leavis*) de corte en el cantón-Saquisilí, Tesis de Licenciatura, Universidad Técnica de Cotopaxí, Ecuador, 2013, 132p.

SARANDÓN, S. J. Biodiversidad, agroecología y agricultura sustentable. Libro de Cátedra. Editorial Universidad Nacional de La Plata. 2020, 429 p.

SERNAQUÉ, F.; LÓPEZ, J. Evaluación de tres tipos de fertilizantes en *Lactuca sativa* ("lechuga"). Ciencia y Desarrollo, 15(2): 57-62, 2012.

SHINDOI, M. M. J.; AVICO, E. L.; SARCO, P. C.; MONTEROS, D. E. Evaluación de la intersembrado de rúcula (*Eruca sativa* Mill.) y lechuga (*Lactuca sativa* L.) en Colonia Benítez, Chaco. Ediciones INTA, 2019.

SÖNMEZ, F.; ARZU, Ç. I. Ğ.; GÜLSER, F.; BAŞDOĞAN, G. The effects of some organic fertilizers on nutrient contents in hybrid Gladiolus. Eurasian Journal of Soil Science, 2(2): 140-144, 2013.

THIESSEN J. R.; ENTZ, M. H.; WONNECK, M. D. Re-view: Redesigning Canadian prairie cropping systems for profitability, sustainability and resilience. Canadian Journal of Plant Science, 95: 1049-1072, 2015. [10.4141/CJPS-2014-173](https://doi.org/10.4141/CJPS-2014-173)

VERDUGO, G.; BIGGI, A.; MONTESINOS, A.; CHAIN, G.; SORIANO, C. Manual teórico práctico para la poscosecha de flores. Facultad de Agronomía. Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, 2012.