



RESPUESTA DEL CULTIVO DE ARVEJA (*Pisum sativum* L.) A LA APLICACIÓN DE ABONOS ORGÁNICOS EN EL MUNICIPIO PAMPLONA, NORTE DE SANTANDER

RESPONSE OF THE PEA CROP (*Pisum sativum* L.) TO THE APPLICATION OF
ORGANIC FERTILIZERS IN THE MUNICIPALITY OF PAMPLONA, NORTH OF
SANTANDER

Ana Francisca González-Pedraza*^{id}, Armando José Méndez Ortega^{id}, y Víctor
Rafael Quesada Vergara^{id}

Departamento de Agronomía, Universidad de Pamplona. Código Postal 5430, Pamplona, Colombia.

*Autor para correspondencia: anagonzalez11@gmail.com

Manuscrito recibido el 21 de noviembre de 2020. Aceptado, tras revisión, el 13 de diciembre de 2021.

Resumen

La producción de arveja en Pamplona se basa en el uso de altas dosis de fertilizantes químicos que generan daños ambientales y a la salud humana. Por lo tanto, en este estudio se comparó el efecto de diferentes abonos orgánicos con la fertilización química mediante seis tratamientos: T0: control; T1: vermicompost dosis completa (7831,00 kg/ha); T2: vermicompost mitad de la dosis (3915,50 kg/ha) + fertilizante químico (FQ 15N 15P₂O₅ 15K₂O) mitad de la dosis (703,50 kg/ha); T3: gallinaza + caprinaza + residuos de caña de azúcar dosis completa (ABOB: 10573,00 kg/ha); T4: ABOB mitad dosis (1407,00 kg/ha) más FQ mitad de la dosis (703,50 kg/ha); T5: FQ dosis completa (1407,00 kg/ha); T6: FQ mitad de la dosis (703,50 kg/ha). Se evaluó: altura de la planta (AP), vainas por planta (NVP); longitud de las vainas (LV) y rendimiento (kg/ha). Se aplicó un análisis de varianza al 5% y una prueba de Tukey para la separación de medias. La AP promedio fue mayor en T2 (172,27 cm). El NVP fue más alto en T3 y T5 con respecto al control, sin embargo, no se observaron diferencias estadísticas entre tratamientos. La LV fue estadísticamente más alta en los tratamientos con respecto al control, aunque no hubo variación entre tratamientos. Sin embargo, no se observaron diferencias estadísticas en el rendimiento entre tratamientos, y T1 y T4 presentaron un rendimiento superior al control de 42,85% y 39,99%, respectivamente. Es posible sustituir o complementar el fertilizante químico con enmiendas orgánicas y reducir el efecto negativo de contaminación que generan sobre el ambiente y la salud de las personas.

Palabras clave: Vermicompost, rendimiento, fertilización química.

Abstract

In Pamplona pea production is based on the use of high doses of chemical fertilizers that cause environmental damage and human health. Therefore, in this study the effect of different organic fertilizers was compared with chemical fertilization through six treatments: T0: control; T1: vermicompost full dose (7831,00 kg/ha); T2: vermicompost half dose (3915.50 kg/ha) + chemical fertilizer (FQ 15N 15P₂O₅ 15K₂O) half the dose (703.50 kg/ha); T3: chicken manure + goat manure + sugarcane residues full dose (ABOB: 10573.00 kg/ha); T4: ABOB half dose (1407.00 kg/ha) plus CF half dose (703.50 kg/ha); T5: CF full dose (1407.00 kg/ha); T6: CF half the dose (703.50 kg/ha). It was evaluated: plant height (AP), pods per plant (NVP); pod length (LV) and yield (kg/ha). A 5% analysis of variance and a Tukey test for separation of means were applied. The mean AP was higher in T2 (172.27 cm). NVP was higher in T3 and T5 with respect to the control, however, between treatments no statistical differences were observed. LV was statistically higher in the treatments compared to the control, although there was no variation between treatments. Although no statistical differences were observed in the performance between treatments, T1 and T4 presented a performance superior to the control of 42.85% and 39.99%, respectively. It is possible to substitute or supplement chemical fertilizer with organic amendments and reduce the negative effect of pollution that they generate on the environment and the health of the people.

Keywords: Vermicompost, yield, chemical fertilization.

Forma sugerida de citar: González-Pedraza, A., Méndez Ortega, A. y Quesada Vergara, V. (2022). Respuesta del cultivo de arveja (*Pisum sativum* L.) a la aplicación de abonos orgánicos en el municipio Pamplona, Norte de Santander. *La Granja: Revista de Ciencias de la Vida*. [Acceso Temprano] <http://doi.org/10.17163/lgr.n37.2023.07>.

IDs Orcid:

Ana Francisca González-Pedraza: <http://orcid.org/0000-0002-4392-3724>

Armando José Méndez Ortega: <http://orcid.org/0000-0003-1556-9497>

Víctor Rafael Quesada Vergara: <http://orcid.org/0000-0003-1072-2720>

1 Introducción

El aumento de la población conlleva al incremento en la demanda de alimentos, la cual debe ser cubierta con una mayor producción agrícola. En la agricultura convencional esto se logra con la utilización de grandes cantidades de insumos químicos, entre éstos los fertilizantes pues permiten un rápido crecimiento de las plantas. Sin embargo, estos productos generan serios problemas de contaminación de los suelos, las aguas y el aire (FAO, 2019; Latorre y Villamizar, 2019).

La arveja (*Pisum sativum* L.) pertenece a la familia de las Fabaceae. Es una importante fuente de proteínas (entre 22 y 25%), carbohidratos, fósforo, hierro, magnesio, calcio, riboflavina, niacina, tiamina y ácido ascórbico (Watt y Merrill, 1993; Dahl, Foster y Tyler, 2012). Desde el punto de vista agrícola, juega un papel importante por su contribución a la fijación de nitrógeno y mejora de la fertilidad del suelo (Davies y col., 1985; Gopinath y Mina, 2011).

En Colombia, es la leguminosa más importante después del frijol. Se cultiva principalmente en zonas altas de clima frío y medio (2200 y 3000 msnm) y la producción se concentra en los departamentos de Cundinamarca, Boyacá, Nariño y Tolima (Peñaranda y Molina, 2011; DANE, 2015; FENALCE, 2015). Este cultivo forma parte de la economía campesina de pequeños y medianos productores y es considerado un alimento básico de la canasta familiar. El 95% de la producción de arveja a nivel nacional está destinada al consumo directo humano y animal como grano rico en proteína y el 5% restante a la producción de arveja seca como semilla (Buitrago, Duarte y Sarmiento, 2006; FENALCE, 2015).

En la provincia de Pamplona, la arveja representa una alternativa para el desarrollo de la economía local, la generación de empleos e ingresos. Además, la zona posee óptimas condiciones climáticas (entre los 10 y 17 °C), y disponibilidad de mano de obra para la producción (Peñaranda y Molina, 2011). En este cultivo, los agricultores tradicionalmente fertilizan con fórmulas químicas debido que estos permiten una rápida disponibilidad de los elementos para la planta, favoreciendo algunas variables de crecimiento y rendimiento. Sin embargo, ello implica altos costos para la adquisición de los insumos además del daño ambiental ocasionado por la fer-

tilización química (González, Mosquera y Trujillo, 2015).

Existe una creciente conciencia sobre el daño ambiental causado por el uso de recursos químicos no renovables en la agricultura. Por lo tanto, se ha dirigido un gran esfuerzo de investigación hacia alternativas como la implementación de abonos orgánicos, que se está expandiendo rápidamente a nivel mundial (Willer y col., 2020; Flores y col., 2021; González-García y col., 2021). Estas técnicas resultan menos costosas y más amigables con el ambiente, de tal forma que los productos agrícolas obtenidos bajo estas condiciones son más saludables y de mejor calidad. Adicionalmente, el uso de abonos orgánicos solos o en combinación con fertilizantes químicos contribuye a mejorar las propiedades físicas, químicas y biológicas de los suelos (Heinze, Raupp y Joergensen, 2010; Lalito y col., 2018; Mohammed y col., 2019; Flores y col., 2021). Específicamente incrementan el contenido de carbono orgánico del suelo, proporcionan los nutrientes necesarios para el crecimiento de los microorganismos, y reducen temporalmente la toxicidad del aluminio soluble e intercambiable debido a la formación de complejos o quelatos con sustancias orgánicas en suelos ácidos, viéndose reflejado en un aumento del crecimiento vegetativo y el rendimiento de las plantas (Suresh y col., 2004; Al-Bayati y col., 2019; Mohammed y col., 2019; Mátyás y col., 2020).

Por lo tanto, el objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto de dos fertilizantes orgánicos sobre el rendimiento del cultivo de arveja (*Pisum sativum* L.) en el municipio Pamplona, Norte de Santander en comparación con la fertilización química con el fin de ofrecer una alternativa de producción ambientalmente amigable, económicamente viable y socialmente aceptable.

2 Materiales y Métodos

2.1 Área de estudio

El estudio se llevó a cabo en las parcelas de experimentación del Centro de Investigación en Sanidad Vegetal y Bioinsumos (CISVEB) de la Universidad de Pamplona, municipio Pamplona, Norte de Santander. Esta zona se encuentra ubicada a una altura de 2331 msnm, en un clima cálido y templado y

según la clasificación del clima de Köppen-Geiger es marítimo de costa occidental (oceánico) (Cfb). La temperatura media anual oscila alrededor de los 14,4 °C, siendo mayo el mes más caluroso del año con un promedio de 15,0 °C y enero el más frío del año, con una temperatura media de 13,3 °C. La precipitación promedio anual es de 921 mm, y hay precipitaciones durante todo el año, siendo el mes más seco en enero con 21 mm y el mes más húmedo en abril con un promedio de 141 mm (Climate-Data.Org, 2020).

En la Tabla 1 se presentan los resultados del análisis de laboratorio de los suelos en el área en donde se llevó a cabo el experimento.

Tabla 1. Características físicas y químicas de los suelos del Centro de Investigación en Sanidad Vegetal y Bioinsumos (CIS-VEB) de la Universidad de Pamplona, municipio Pamplona, Norte de Santander.

Variable de suelo	Valor
Clase textural	Franco arenoso
Arena (%)	62,00
Arcilla (%)	22,00
Limo (%)	16,00
pH	6,00
Carbono orgánico (%)	2,46
Fósforo (ppm)	15,1
Calcio (meq/100 g)	17,1
Magnesio (meq/100 g)	1,09
Sodio (meq/100 g)	0,12
Potasio (meq/100 g)	0,29
Boro (ppm)	0,24
Hierro (ppm)	83,8
Manganeso (ppm)	2,76
Cobre (ppm)	0,67
Zinc (ppm)	1,36

Fuente: Laboratorio químico de suelos (2018). Universidad Industrial de Santander.

2.2 Diseño del experimento

Se realizó un diseño de bloques al azar con siete tratamientos y tres repeticiones. Se seleccionó un área experimental de 504 m² que fue dividida en tres bloques de 21 m × 7 m (147 m² cada bloque) y una separación de 1,5 m entre bloques. Cada bloque fue dividido en siete parcelas de 7 m × 3 m (21 m²/parcela) para la distribución de los respectivos tratamientos con una separación de 30 cm entre

parcelas. En cada parcela se sembraron tres surcos a una distancia de un metro entre ellos y de tres centímetros aproximadamente entre semillas, resultando en una densidad poblacional de 333333,00 plantas/ha.

Se aplicaron siete tratamientos como se describen a continuación: T0: Control; T1: Vermicompost dosis completa (VC100% = 7831,00 kg/ha o 16,44 kg/parcela de 21 m²); T2: Vermicompost mitad de la dosis (VC50% = 3915,50 kg/ha o 8,22 kg/parcela de 21 m²) + Fertilizante Químico (15N 15P₂O₅ 15K₂O) mitad de la dosis (FQ50% = 703,50 kg/ha o 1,48 kg/parcela de 21 m²); T3: Gallinaza + caprinaza + residuos de caña de azúcar dosis completa (GCR100% = 10573,00 kg/ha o 22,20 kg/parcela de 21 m²); T4: GCR mitad de la dosis (GCR50% = 5286,50 kg/ha o 11,10 kg/parcela de 21 m²) + Fertilizante Químico (15N 15P₂O₅ 15K₂O) mitad de la dosis (FQ50% = 703,50 kg/ha o 1,48 kg/parcela de 21 m²); T5: Fertilizante Químico dosis completa (FQ100% = 1407,00 kg/ha o 2,95 kg/parcela de 21 m²); T6: Fertilizante Químico (15N 15P₂O₅ 15K₂O) mitad de la dosis (FQ50% = 703,50 kg/ha o 1,48 kg/parcela de 21 m²).

El cálculo de las dosis de abonos orgánicos y fertilizante químico en kg/ha se realizó a partir de la cantidad de nutrientes disponibles en el suelo según los resultados obtenidos en el análisis de laboratorio y los requerimientos nutricionales del cultivo.

2.3 Aplicación de abonos orgánicos, fertilizante químico y manejo del cultivo

Se utilizaron dos abonos orgánicos comerciales:

- Vermicompost: elaborado a base de abono de lombriz y conocido comercialmente como Ferticampo. Este abono presenta un porcentaje de nitrógeno total de 2,70%, 0,82% de fósforo total, 3,06% de potasio total, 2,63 de óxido de calcio, 0,68% de magnesio, 13,70% de carbono oxidable total, una relación C/N de 10,77 y una capacidad de intercambio catiónico de 34,42 cmol(+)/kg de suelo. La dosis calculada de vermicompost fue de 7831,00 kg/ha de acuerdo con los resultados del análisis de suelos, mientras que para el área experimental la dosis equivalente fue de 16,44 kg/parcela de 21 m².

- GCR: abono orgánico compuesto de gallinaza, caprinaza y residuos de caña de azúcar conocido comercialmente como Abonos orgánicos de Boyacá (ABOB). Esta enmienda cuenta con un 2,00% de nitrógeno total, 5,00% de fósforo total (P_2O_5), 3,0% de potasio soluble en agua (K_2O), 10,00% de calcio (CaO), 24,00% de silicio (SiO_2), 35,00% de materia orgánica, 9,00% de carbono oxidable, relación C/N de 7,50 y capacidad de intercambio catiónico de 25,00 cmol(+)/kg de suelo. La dosis calculada por hectárea fue de 10573,00 kg, mientras que para el área de cada parcela fue de 22,20 kg.
- Fertilizante químico: se utilizó el fertilizante químico Triple 15 (15% N 15% P_2O_5 15% K_2O) a una dosis calculada de 1407,00 kg/ha (2,95 kg/parcela de 21 m²).

La preparación del terreno se hizo con motocultor para un mejor acondicionamiento del suelo al momento de la siembra, siguiendo los métodos de siembra de los productores de la zona. La fertilización tanto química como orgánica se efectuó a los 15 días después de la siembra. Treinta días después de la siembra se realizó el establecimiento del tutorado para las plantas de arveja, con el fin de facilitar las labores del cultivo, y un mejor manejo en el control de malezas y enfermedades. El control de maleza se realizó de manera manual cada ocho días, retirando las malezas que pudieran competir y reducir el rendimiento del cultivo, ya que la arveja es poca competidora y necesitaba de un control de malezas estricto para evitar un bajo rendimiento al final de la cosecha.

El control de plagas y enfermedades se llevó a cabo de manera química y manual al principio de la siembra debido a la presencia de babosas, aves y trozadores, aplicando diferentes productos como Babosil a una dosis de 20 kg/ha cada 15 días. Se aplicó Lorsbán (2,50% $\times$ 1 kg (Clorpirifos) de 3,00 a 5,00 cc/L) para minimizar el daño de las plantas durante su crecimiento y desarrollo. Adicionalmente se colocaron espantapájaros en varios puntos de los lotes. Para el control de enfermedades causadas por algunos hongos presentes como antracnosis (*Ascochyta* spp) se aplicó Mancozed (gránulos dispersables: WG 75%) en dosis de 200 g/100L de agua de forma preventiva durante la etapa inicial de crecimiento de las plantas y con una frecuencia de siete a 10 días. Para el control de mildew veloso (*Peronospora*

ra corda) se aplicó Ziram (dimetil-ditiocarbamato de zinc 760 g/Kg en gránulos dispersable: WG 76%) a una dosis de 240 a 300 g/100L de agua de forma preventiva antes y después de la floración, especialmente por las condiciones climáticas de alta precipitación que se presentaron durante el desarrollo del experimento.

El riego se efectuó de forma manual con una frecuencia cada dos días dependiendo de las condiciones climáticas. Se aplicaron de 250 a 380 mm de agua aproximadamente durante todo el ciclo del cultivo, asegurando siempre buena disponibilidad de humedad en el suelo. La cosecha se realizó a los 105 días después de la siembra de forma manual cuando las vainas de la arveja habían alcanzado su madurez.

2.4 Variables de estudio

Para la siembra se utilizaron semillas de arveja (*Pisum sativum* L.) variedad Rabo de gallo, el cual es muy conocido y preferido por los productores locales de la vereda Monte Adentro, debido a sus características de buena calidad, grano grande, gran número de granos por vaina y alta resistencia al ataque de plagas. Las variables evaluadas fueron:

2.4.1 Altura de planta (AP)

La altura de la planta se midió a los 30, 60 y 90 (AP30, AP60 y AP90, respectivamente) días después de la siembra. Para ello se tomaron 20 plantas al azar por unidad experimental y se midió la altura desde la base de la planta hasta el último foliolo en los días antes señalados, utilizando para ello una cinta métrica. Los datos fueron expresados en cm.

2.4.2 Longitud de las vainas verde (cm) (LV)

La longitud de las vainas se efectuó al momento de la cosecha. De cada parcela experimental se tomaron 20 plantas, y de cada planta se seleccionaron 5-10 vainas del segundo tercio donde se concentraban las vainas más desarrolladas y se obtuvo la longitud promedio expresada en cm.

2.4.3 Número de vainas verdes por plantas (VP)

De las 20 plantas seleccionadas en cada parcela experimental se procedió a contar el número total de vainas por planta.

2.4.4 Rendimiento (kg/ha)

Se determinó pesando el número total de vainas por parcela experimental. La cosecha del cultivo se realizó cuando las plantas se encontraban en el estadio principal número 7, código 79 según la escala BBCH, en el cual las vainas ya han alcanzado el tamaño típico (madurez verde), completamente formadas (Enz y Dachler, 1998).

2.5 Análisis estadístico

Para el análisis estadístico de los datos se aplicó un análisis de la varianza de una vía (ANOVA). Cuando el ANOVA fue significativo ($p < 0,05$) se aplicó una prueba de Tukey para la separación de medias. Para analizar la relación entre las variables de estudio se empleó un análisis de correlación Lineal de Pearson. Para el análisis de los datos se utilizó el paquete estadístico SPSS versión 21 a un nivel de significancia de 0,05.

3 Resultados y Discusión

3.1 Altura de las plantas

De acuerdo con los resultados presentados en la Tabla 2, se puede apreciar que a los 30 días después de la siembra en campo la altura de las plantas (AP) en T0 fue significativamente más alto ($p < 0,05$) que el resto de los tratamientos, con excepción de T6 que no presentó diferencias con T0.

A los 60 días después de la siembra, la AP fue estadísticamente menor ($p < 0,05$) en T4 con respecto a T2, T3 y T6, mientras que entre T0, T1, T2, T3, T5 y T6 no se observaron diferencias significativas ($p > 0,05$). La AP a los 60 días permite evidenciar una mejor respuesta del cultivo a los tratamientos. La mayor altura se aprecia en T6 (FQ50%) y T2 (VC50% + FQ50%), pero no hubo diferencias entre ellos. La menor altura se observó en T4 con la mezcla GCR + 50% + FQ50%, lo que evidencia que las plantas no respondieron favorablemente a esta combinación.

La mayor altura de las plantas a los 90 días después de la siembra se encontró en T2 ($172,27 \pm 12,70$ cm), el cual solamente fue estadísticamente mayor que T0, T4 y T6 (Tabla 2).

De acuerdo con estos resultados, es posible que al inicio del ensayo la AP en T0 haya sido mayor debido a que los abonos orgánicos y el fertilizante químico no se aplicaron al momento de la siembra sino a los 15 días, por lo tanto, no había transcurrido el tiempo suficiente para que ellos se solubilizaran (Álvarez-Sánchez y col., 2006; Flores y col., 2021).

Por otro lado, pero a los 90 días después de la siembra la altura de las plantas de arveja fue 19,33% mayor en el tratamiento en el que se usó la combinación de la mitad de la dosis recomendada de abono orgánico vermicompost equivalente a 3915,50 kg/ha, más la mitad de la dosis de fertilizante químico triple 15 (703,50 kg/ha) sugerida según los resultados del análisis de suelos, con respecto al tratamiento control en donde no se aplicó ningún tratamiento. En tal sentido, el uso combinado de la enmienda orgánica a base de vermicompost con el fertilizante químico ejerció un efecto positivo importante en la altura de las plantas en comparación con el tratamiento control. Se ha señalado en diferentes trabajos que las enmiendas orgánicas pueden aumentar la eficiencia del uso de fertilizantes químicos cuando se aplican de manera combinada, constituyendo una estrategia particularmente importante cuando la adquisición de fertilizantes químicos es costosa o no son fácilmente accesibles, puesto que permite mantener y aumentar los rendimientos a largo plazo (Van Zwieten, 2018; El-Salehein y col., 2019).

Aunque el uso de vermicompost más fertilizante químico (T2) fue estadísticamente superior al control, no presentó diferencia entre los tratamientos en los que se usó vermicompost en la dosis completa (T1: 7831,00 kg/ha); dosis completa del abono comercial compuesto de gallinaza, caprinaza y residuos de caña de azúcar (T3: 10573,00 kg/ha) y la dosis completa de fertilizante químico triple 15 (T5: 1407 kg/ha). El hecho de no encontrar diferencias en la altura de las plantas entre estos tratamientos (T1, T2, T3 y T5) demuestra que se puede reducir el uso de fertilizantes químicos o ser sustituido por enmiendas orgánicas, tomando en cuenta que la disponibilidad de nutrientes de fertilizantes orgánicos como el estiércol animal y el compost suele ser baja a corto plazo, por lo que la respuesta del cultivo es más visible a largo plazo.

Tabla 2. Altura de las plantas de arveja a los 30, 60 y 90 días después de la siembra en respuesta a la fertilización orgánica y química en el municipio Pamplona, Norte de Santander.

Tratamientos	Altura de la planta (cm)		
	30 días	60 días	90 días
T0	25,72±2,94 ^{ac}	97,80±9,04 ^{ab}	144,36±18,97 ^a
T1	23,81±2,74 ^b	97,43±12,75 ^{ab}	165,85±14,92 ^b
T2	23,67±2,99 ^b	102,13±8,34 ^b	172,27±12,70 ^b
T3	22,73±2,98 ^b	101,88±13,24 ^b	171,76±20,43 ^b
T4	22,56±3,33 ^b	93,96±9,41 ^a	155,37±16,10 ^a
T5	22,33±3,03 ^b	99,56±10,03 ^{ab}	165,55±19,766 ^b
T6	24,81±3,30 ^c	103,41±12,18 ^b	162,13±22,75 ^a

Valores promedios ± desviación típica acompañados por letras minúsculas distintas indican diferencias estadísticas ($p < 0,05$) entre los tratamientos. T0: Control; T1: Vermicompost dosis completa (VC100 % = 7831,00 kg/ha o 16,44 kg/parcela de 21 m²); T2: Vermicompost mitad de la dosis (VC50 % = 3915,50 kg/ha o 8,22 kg/parcela de 21 m²) + Fertilizante Químico (15N 15P₂O₅ 15K₂O) mitad de la dosis (FQ50 % = 703,50 kg/ha o 1,48 kg/parcela de 21 m²); T3: Gallinaza + caprinaza + residuos de caña de azúcar dosis completa (GCR100 % = 10573,00 kg/ha o 22,20 kg/parcela de 21 m²); T4: GCR mitad de la dosis (GCR50 % = 5286,50 kg/ha o 11,10 kg/parcela de 21 m²) + Fertilizante Químico (15N 15P₂O₅ 15K₂O) mitad de la dosis (FQ50 % = 703,50 kg/ha o 1,48 kg/parcela de 21 m²); T5: Fertilizante Químico dosis completa (FQ100 % = 1407,00 kg/ha o 2,95 kg/parcela de 21 m²); T6: Fertilizante Químico (15N 15P₂O₅ 15K₂O) mitad de la dosis (FQ50 % = 703,5 kg/ha o 1,48 kg/parcela de 21 m²).

Por otro lado, la aplicación de la mezcla de la mitad de la dosis de abono comercial ABOB (T4: 5286,50 kg/ha) más la mitad de la dosis del fertilizante químico triple 15 (T4: 703,50 kg/ha), y el uso sólo de fertilizante químico triple 15 a la mitad de la dosis recomendada (703,50 kg/ha²) no representó un incremento significativo en la altura de las plantas en comparación con el tratamiento control. A este respecto, las evidencias científicas señalan que el suministro de nutrientes provenientes de las enmiendas orgánicas depende en buena medida de la fuente y la calidad de los abonos orgánicos utilizados, así como de la tasa de mineralización de los compuestos orgánicos presentes (Mukai, 2018; Van Zwieten, 2018).

Resultados similares fueron reportados por El-Salehe y col. (2019), en donde el tratamiento con estiércol de granja + fertilizante NPK a la mitad de la dosis recomendada resultó en incrementos significativos en el crecimiento de *Pisum sativum* L., cuajado de frutos, contenido químico de hojas, rendimiento de vaina verde y sus componentes y calidad de la semilla. Lalito y col. (2018) también encontraron que la combinación de la fertilización química, vermicompost y restos vegetales mejoraron los atributos de crecimiento, rendimiento y

propiedades del suelo en relación con el control, tales como: mayor altura de planta, número de hojas por planta, número de ramas por planta, número de vainas por planta, número de semillas por vaina, rendimiento de semillas, y valores más altos de N, P₂O₅ y K₂O disponible en el suelo después de la cosecha del cultivo.

Bautista-Zamora y col. (2017) también encontraron una respuesta análoga en la evaluación del efecto de la aplicación de enmiendas orgánicas (compost y vermicompost) y fertilizante comercial sobre el crecimiento y desarrollo de *Phaseolus vulgaris* var. Cerinza, en donde la altura de las plantas a los 56 días después de siembra fue significativamente mayor en los tratamientos de compost y vermicompost en relación con la fertilización comercial.

Al comparar la altura de las plantas observada en este estudio con otros trabajos se encontró que ésta resultó mucho mayor a la obtenida por ejemplo por Checa, Narváez y Bastidas (2017), en una investigación en la cual realizaron una evaluación agronómica de diferentes variedades de arveja en diferentes épocas de siembra. Santamaría y col. (2010) también obtuvieron valores de altura de las plantas por debajo a los encontrados en este estudio.

dio a los 60 días después de la siembra, aunque vale destacar que la mejor respuesta que encontraron en la altura de las plantas fue con la utilización de abono orgánico en comparación con el fertilizante químico.

Este resultado probablemente se deba al tipo de semilla utilizada. En este caso, se trata de la variedad conocida localmente como Rabo de gallo, la cual presenta una alta adaptabilidad a las condiciones edafoclimáticas de la zona y posee buenos rendimientos. Se trata de una semilla no certificada, obtenida por los mismos agricultores de la zona y comercializada en los diferentes establecimientos de productos agropecuarios de municipios como Pamplona y Ragonvalia en el departamento Norte de Santander (Amaya, 2017).

3.2 Número de vainas por planta (NVP)

En la Figura 1 se observa que T5 presentó un mayor número de vainas por planta (NVP) en comparación con el resto de los tratamientos ($p < 0,05$), con excepción de T3 donde se usó la dosis completa del

abono comercial compuesto de gallinaza, caprinaza y residuos de caña de azúcar en la dosis completa (ABOB: 10573,00 kg/ha). T0 presentó menor NVP ($p < 0,05$) con respecto a T1, T2, T3, T5 y T6, pero no se diferenció con T4. Por otro lado, no se observaron diferencias entre T1, T2 y T4 al igual que entre T3 y T6. Por último, T4 resultó en menor NVP en comparación con T3, T5 y T6 ($p < 0,05$).

El número de vainas por planta es un componente de rendimiento muy importante que determina la productividad del cultivo. El promedio de NVP varió desde 15,43 en el tratamiento control hasta alcanzar valores de 20,93 con el abono comercial compuesto de gallinaza, caprinaza y residuos de caña de azúcar en la dosis completa (ABOB: 10573,00 kg/ha) y 22,83 con la dosis completa del fertilizante químico triple 15, no encontrando diferencia entre estos dos últimos. A este respecto, Jasssem, Atab y Abed (2015) encontraron que tanto la fertilización química como orgánica condujo a un aumento significativo en el número de vainas por planta, la longitud de las vainas y el rendimiento de semillas de las plantas de habas (*Vicia faba* L.).

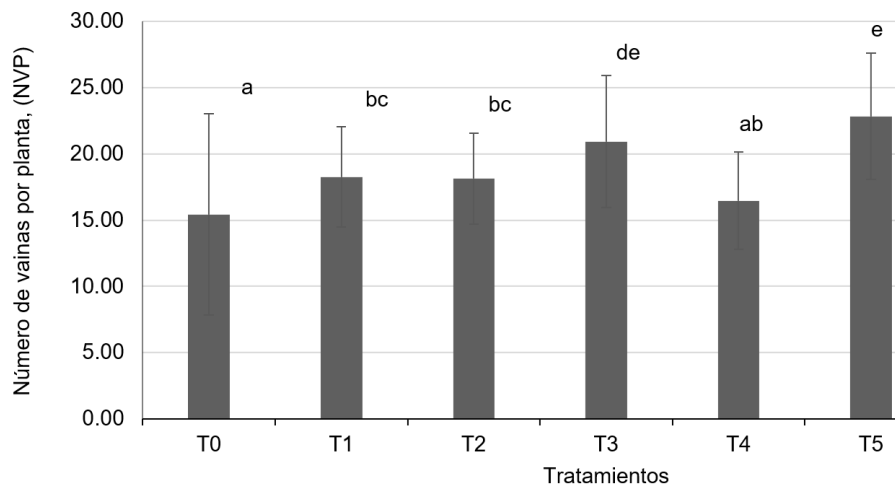


Figura 1. Número de vainas por planta (NVP) en el cultivo de arveja en respuesta a la fertilización orgánica y química en el municipio Pamplona, Norte de Santander. Barras con valores promedios $\pm$ desviación típica acompañadas con letras minúsculas distintas indican diferencias estadísticas ($p < 0,05$) entre los tratamientos. T0: Control; T1: Vermicompost dosis completa (VC100 % = 7831,00 kg/ha o 16,44 kg/parcela de 21 m²); T2: Vermicompost mitad de la dosis (VC50 % = 3915,50 kg/ha o 8,22 kg/parcela de 21 m²) + Fertilizante Químico (15N 15P₂O₅ 15K₂O) mitad de la dosis (FQ50 % = 703,50 kg/ha o 1,48 kg/parcela de 21 m²); T3: Gallinaza + caprinaza + residuos de caña de azúcar dosis completa (GCR100 % = 10573,00 kg/ha o 22,20 kg/parcela de 21 m²); T4: GCR mitad de la dosis (GCR50 % = 5286,50 kg/ha o 11,10 kg/parcela de 21 m²) + Fertilizante Químico (15N 15P₂O₅ 15K₂O) mitad de la dosis (FQ50 % = 703,50 kg/ha o 1,48 kg/parcela de 21 m²); T5: Fertilizante Químico dosis completa (FQ100 % = 1407,00 kg/ha o 2,95 kg/parcela de 21 m²); T6: Fertilizante Químico (15N 15P₂O₅ 15K₂O) mitad de la dosis (FQ50 % = 703,5 kg/ha o 1,48 kg/parcela de 21 m²).

Al igual que en este estudio, Al-Bayati y col. (2019) encontró que la aplicación de diferentes dosis de abonos orgánicos y fertilizantes químicos, sólo o combinados, generan distintas respuestas por parte del cultivo de arveja (*Pisum sativum* L.). Por ejemplo, la aplicación del abono orgánico solo al 100% de la dosis requerida aumentó el rendimiento biológico, el número de semillas por vaina y el rendimiento de semillas verdes. La combinación 3/4 químico + 1/4 orgánico aumentó el número de ramas por planta, porcentaje de materia seca durante el crecimiento vegetativo, el peso y la longitud de las vainas. La mezcla de 1/4 químico + 3/4 orgánico aumentó el número de vainas por planta, el rendimiento de vainas por planta y el rendimiento total de vainas.

Adicionalmente, se pudo apreciar una respuesta diferente a las diferentes fuentes de enmienda orgánica, siendo la enmienda ABOB la que generó una mejor respuesta. En este sentido, en un trabajo desarrollado por Mukai (2018) se demostró que incluso dentro de productos orgánicos similares puede existir una alta variabilidad en el suministro de nutrientes, en comparación con los fertilizantes químicos en donde los nutrientes están disponibles de inmediato para los cultivos, por lo que son absorbidos rápidamente por las plantas. No obstante, la disponibilidad de nutrientes y los rendimientos de los cultivos pueden llegar a ser similares tanto para la fertilización orgánica como química cuando se evalúan los efectos a largo plazo.

El número promedio de vainas por planta obtenido en los diferentes tratamientos evaluados, así como en el control, estuvo por debajo a los reportados por Checa, Narváez y Bastidas (2017) quienes presentaron valores promedio de número de vainas por planta entre 33 y 35, para las épocas lluviosas del año, bajo condiciones de adecuada disponibilidad de humedad similar a las de este estudio. Mientras que Casanova, Solarte y Checa (2012) obtuvieron número de vainas por plantas (NVP) promedio de 19,20, 20,25 y 20,10 a densidades de siembra de 333333,00 250000,00 y 200000,00 plantas/ha, respectivamente. Mientras que el NVP en el tratamiento con mayor número de plantas (666666,00 plantas/ha) fue estadísticamente más bajo (16,05 vainas por planta) en siete líneas promisorias de ar-

veja arbustiva (*Pisum sativum* L.).

El número de vainas por planta es una variable susceptible a la densidad poblacional, debido a que a más alta es la densidad de plantas mayor competencia intraespecífica, por lo que la producción de vainas por planta suele ser más baja. En este estudio, no se evaluó la densidad poblacional, sin embargo, la densidad poblacional fue de 333333,00 plantas/ha igual para todos los tratamientos, y los valores de número de vaina por planta oscilaron entre 15,43 en el tratamiento control y 22,83 para el tratamiento de fertilización química al 100% de la dosis. Esto indica que el número de vainas por plantas es susceptible a las diferentes dosis y fuentes de fertilización tanto orgánica como química.

Por su parte, Galindo y Clavijo (2009) obtuvieron valores promedio entre 9,70 y 9,90 vainas/planta, relativamente por debajo a los obtenidos en este estudio. Esas diferencias probablemente se deban a factores como fertilidad natural de los suelos y comportamiento de cada una de las variedades cultivadas en cada zona de estudio.

De acuerdo con los resultados obtenidos en este estudio, se puede deducir que la variedad Rabo de gallo responde de manera positiva tanto a la fertilización química como a la fertilización orgánica y que, además, presenta una buena producción de vainas tanto sin fertilización como con fertilización orgánica o química, razón por la cual es preferida por los agricultores de la zona.

3.3 Longitud de las vainas verdes (LV)

En la Figura 2 se puede apreciar que la LV del cultivo de arveja fue significativamente más baja en T0 con respecto al resto de los tratamientos, con excepción de T1, el cual no tiene diferencias significativas entre sí ($p>0,05$). No se observaron diferencias ($p>0,05$) entre el resto de los tratamientos. Esto indica que el cultivo de arveja respondió favorablemente a los tratamientos aplicados con respecto al testigo; y con la aplicación del abono orgánico GCR100% (T3) se obtuvo el valor promedio más alto en la longitud de las vainas verdes ($10,87\pm0,947$ cm).

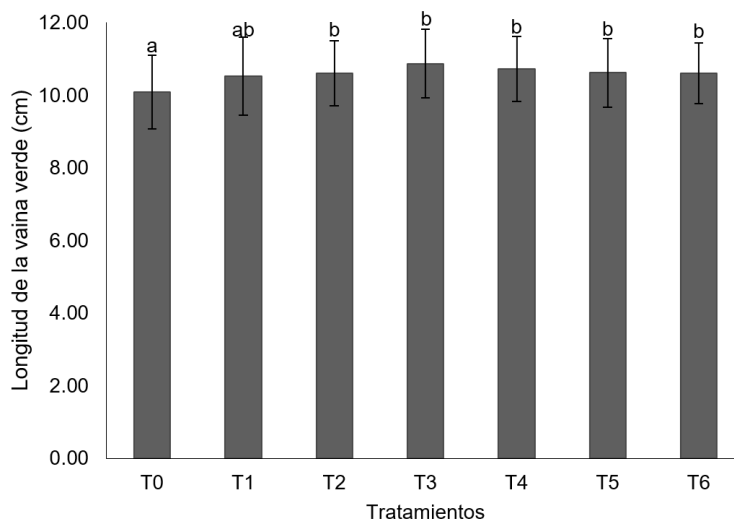


Figura 2. Longitud de las vainas verdes (LV) en el cultivo de arveja en respuesta a la fertilización orgánica y química en el municipio Pamplona, Norte de Santander. Barras con valores promedios $\pm$ desviación típica acompañadas con letras minúsculas distintas indican diferencias estadísticas ($p < 0,05$) entre los tratamientos. T0: Control; T1: Vermicompost dosis completa (VC100% = 7831,00 kg/ha o 16,44 kg/parcela de 21 m²); T2: Vermicompost mitad de la dosis (VC50% = 3915,50 kg/ha o 8,22 kg/parcela de 21 m²) + Fertilizante Químico (15N 15P₂O₅ 15K₂O) mitad de la dosis (FQ50% = 703,50 kg/ha o 1,48 kg/parcela de 21 m²); T3: Gallinaza + caprinaza + residuos de caña de azúcar dosis completa (GCR100% = 10573,00 kg/ha o 22,20 kg/parcela de 21 m²); T4: GCR mitad de la dosis (GCR50% = 5286,50 kg/ha o 11,10 kg/parcela de 21 m²) + Fertilizante Químico (15N 15P₂O₅ 15K₂O) mitad de la dosis (FQ50% = 703,50 kg/ha o 1,48 kg/parcela de 21 m²); T5: Fertilizante Químico dosis completa (FQ100% = 1407,00 kg/ha o 2,95 kg/parcela de 21 m²); T6: Fertilizante Químico (15N 15P₂O₅ 15K₂O) mitad de la dosis (FQ50% = 703,5 kg/ha o 1,48 kg/parcela de 21 m²).

De acuerdo con los resultados, la longitud de las vainas fue estadísticamente menor ($p < 0,05$) en el tratamiento control donde no se usó ningún fertilizante con respecto a los tratamientos con enmiendas orgánicas y fertilizante químico, a excepción del tratamiento donde se usó 100% vermicompost. Sin embargo, no se observaron diferencias entre tratamientos. Por lo tanto, al igual que la variable de número de días a floración, es probable que esta variedad presente una condición genética que la hace más estable para este parámetro, a pesar de las diferentes dosis y fuentes de abonos orgánicos, así como del fertilizante químico utilizado. Los valores obtenidos en este estudio están por encima a los datos reportados por el DANE (2015) para las variedades Santa Isabel y Guatecana con longitud de las vainas de 4 a 6 cm de largo, 4 a 5 cm para Piquinegra, 4 a 8 cm para la variedad Sindamanoy; mientras que las variedades Obonuco San Isidro y Alcalá presentan longitud de las vainas verdes de 7,00 a 9,60 cm y 7,00 a 9,20 cm, respectivamente. Esta es otra característica que hace que esta variedad sea de preferencia por los agricultores de la zona; por lo tanto, resulta necesario ahondar en la procedencia de las semillas,

su adecuada identificación, así como en las posibilidades de realizar un proceso de certificación y comercialización.

3.4 Rendimiento del cultivo

La cosecha del cultivo se realizó cuando las plantas se encontraban en el estadio principal número 7, código 79 según la escala BBCH, en el cual las vainas ya han alcanzado el tamaño típico (madurez verde), completamente formadas (Enz y Dachler, 1998).

En relación con el efecto de la fertilización orgánica y química sobre el rendimiento del cultivo de arveja de acuerdo con los resultados presentados en la Tabla 3, no se encontraron diferencias estadísticamente significativas ($p > 0,05$) entre los diferentes tratamientos. El rendimiento osciló entre 5079,36 kg/ha para T6 como valor más bajo y 7936,51 kg/ha para T4 como valor más alto.

En este estudio los valores de rendimiento (kg/ha) obtenidos son relativamente superiores al promedio nacional especialmente en los tratamien-

tos con fertilización orgánica. Por ejemplo, de acuerdo con los datos publicados por el DANE (2015) en Colombia se han reportado rendimientos en vaina verde de 4000 a 5600 kg/ha para la variedad Santa Isabel, para la variedad Piquinegra el rendimiento se ubica entre los 2000 a 4500 kg/ha, para la variedad Guatecana el rendimiento oscila entre los 3000 a 5000 kg/ha, 4197 kg/ha para la variedad Sindamano, mientras que la Variedad Obonuco andina puede alcanzar rendimiento de hasta 6608 kg/ha, siendo las variedades Alcalá y Sureña las que presentan el mayor rendimiento (12000 y 14990 kg/ha, respectivamente).

Tabla 3. Rendimiento del cultivo de arveja (kg/ha) en respuesta a la fertilización orgánica y química en el municipio Pamplona, Norte de Santander.

Tratamiento	Rendimiento (kg/ha)
T0	5555,56±3993,57 ^a
T1	7777,78±991,27 ^a
T2	7460,32±1198,38 ^a
T3	6031,74±1454,78 ^a
T4	7936,51±3170,63 ^a
T5	6190,47±4151,33 ^a
T6	5079,36±1672,32 ^a

Barras con valores promedios ± desviación típica acompañadas con letras minúsculas distintas indican diferencias estadísticas ($p < 0,05$) entre los tratamientos. T0: Control; T1: Vermicompost dosis completa (VC100% = 7831,00 kg/ha o 16,44 kg/parcela de 21 m²); T2: Vermicompost mitad de la dosis (VC50% = 3915,50 kg/ha o 8,22 kg/parcela de 21 m²) + Fertilizante Químico (15N 15P₂O₅ 15K₂O) mitad de la dosis (FQ50% = 703,50 kg/ha o 1,48 kg/parcela de 21 m²); T3: Gallinaza + caprinaza + residuos de caña de azúcar dosis completa (GCR100% = 10573,00 kg/ha o 22,20 kg/parcela de 21 m²); T4: GCR mitad de la dosis (GCR50% = 5286,50 kg/ha o 11,10 kg/parcela de 21 m²) + Fertilizante Químico (15N 15P₂O₅ 15K₂O) mitad de la dosis (FQ50% = 703,50 kg/ha o 1,48 kg/parcela de 21 m²); T5: Fertilizante Químico dosis completa (FQ100% = 1407,00 kg/ha o 2,95 kg/parcela de 21 m²); T6: Fertilizante Químico (15N 15P₂O₅ 15K₂O) mitad de la dosis (FQ50% = 703,5 kg/ha o 1,48 kg/parcela de 21 m²).

Autores como Khan y col. (2013), en condiciones lluviosas encontraron rendimientos con un rango entre 3,74 a 10,43 t·ha⁻¹; mientras que Checa, Narváez y Bastidas (2017) reportaron rendimientos entre 6,04 t·ha⁻¹ para la época seca; y valores entre 10,21 y 12,96 t·ha⁻¹ durante la época de lluvia.

Por su parte, Mishra (2014) reportó rendimientos de 5,5 t·ha⁻¹, en tanto Celis y Pretz (1995), obtuvieron rendimientos de 20 t·ha⁻¹ para el cultivo de arveja, este último muy superior al reportado en esta investigación. Casanova, Solarte y Checa (2012) reportaron rendimientos en vaina verde entre 4076,90; 4725,56; 5968,61 kg/ha para densidades de siembra de 666666, 333333 y 200000 plantas/ha.

A pesar de no encontrar diferencias estadísticas entre los tratamientos, es importante destacar una tendencia en la que se puede apreciar que el uso solo de vermicompost al 100% de la dosis recomendada (T1: 7831 kg/ha) representó un incremento del rendimiento con respecto al tratamiento control de 39,99%. El uso combinado de vermicompost a la mitad de la dosis (3915,50 kg/ha) + fertilizante químico triple 15 mitad de la dosis (703,50 kg/ha) resultó en un incremento del 34,28%; mientras que en T4 en el que se aplicó la combinación de la enmienda ABOB al 50% (5286,50 kg/ha) más la mitad de la dosis del fertilizante químico FQ50% (703,50 kg/ha) el rendimiento fue 42,85% más alto que el control. El menor incremento del rendimiento correspondió al T3 (ABOB: 10573,00 kg/ha) con 8,57% y en T5 con fertilización química a una dosis de 1407,00 kg/ha de triple 15 el incremento apenas fue de 11,42%. Cuando se usó la mitad de la dosis de fertilizante químico el rendimiento se ubicó 8,58% por debajo del control.

En un metaanálisis realizado por Chivenge, Vanlauwe y Six (2011) se reportan rendimientos de hasta 60% con el uso de enmiendas orgánicas en comparación con el control no enmendado, mientras que el uso combinado de enmiendas orgánicas y fertilizantes nitrogenados puede resultar en un aumento de rendimiento de hasta 114%.

Resultados relativamente similares fueron encontrados por Rojas (2017) en condiciones agroclimáticas de Tiabaya-Arequipa, Perú, en donde la mayor producción de vainas verdes de arveja var. Quantum se obtuvo con la fertilización orgánica en una mezcla de 6 t·ha⁻¹ de humus de lombriz y 1 t·ha⁻¹ de guano de islas y biol (líquido producido por un biodigestor y se usa como abono foliar en una concentración de 40%) con rendimientos de hasta 12,80 t·ha⁻¹ significativamente superiores a los obtenidos en este estudio. Santamaría y col. (2010) también encontraron una mayor producción

de arveja verde en vaina con el uso del fertilizante orgánico líquido Fertigran en tres etapas fenológicas del cultivo, en comparación con la fertilización convencional.

En una revisión llevada a cabo por Van Zwieten (2018) se exploró el papel a largo plazo de las enmiendas orgánicas y se presentó evidencia sólida sobre los beneficios en el rendimiento de estas enmiendas en comparación con los controles no fertilizados. Es posible que las enmiendas orgánicas no proporcionen una dosis de nutrientes adecuada o equilibrada, por lo que se debe tener en cuenta la cantidad de nutrientes presentes en la enmienda y la aplicación de algún fertilizante adicional. Por lo tanto, se necesita una comprensión básica de las características del tipo de enmienda utilizada, especialmente en los contenidos de N y P total aportados.

El vermicompost es un abono orgánico que se obtiene a partir de la acción de la lombriz californiana conocido también como humus sólido de lombriz. La enmienda usada en este estudio es un producto certificado con porcentajes adecuados de nitrógeno, fósforo, potasio, calcio y magnesio, así como con una capacidad de intercambio catiónica alta (34,42 cmol(+)/kg de suelo). Por su parte, el ABOB es un abono certificado producido comercialmente a base de gallinaza, caprinaza y residuos de caña de azúcar con un aporte de nitrógeno y potasio similar al vermicompost, pero con concentraciones mucho más altas de fósforo y silicio, y con una capacidad de intercambio catiónico menor que la del vermicompost (25,00 cmol(+)/kg de suelo).

Al tratarse de enmiendas con distintas fuentes de material orgánico es lógico que el aporte y la liberación de nutrientes sea distinta entre ambos, evidenciándose en incrementos diferenciales del rendimiento. En este estudio, el mejor rendimiento fue con el vermicompost sólo y con la combinación de ABOB con el fertilizante químico.

3.4.1 Análisis de correlación de Pearson entre el rendimiento y las diferentes variables desarrollo y crecimiento evaluadas en el cultivo de arveja en respuesta a los tratamientos

En la Tabla 4 se presenta el análisis de correlación de Pearson realizado a los datos obtenidos en los

diferentes tratamientos. El rendimiento se correlacionó significativa y positivamente con la altura de la planta a los 90 días ($p < 0,05$ y correlación de Pearson 0,53), mientras que el número de vainas por planta (VP) presentó una correlación altamente significativa y positiva ($p < 0,01$ y correlación de Pearson 0,55) con la altura de la planta a los 90 días (AP90D).

Del análisis presentado en la Tabla 4 se desprende que en la medida que aumenta la altura de la planta en respuesta a los tratamientos, aumenta también el número de vainas por planta y en consecuencia el rendimiento es mayor.

La aplicación de los abonos orgánicos solos o en combinación con el fertilizante químico generó efectos variados en los atributos de crecimiento y rendimiento evaluados. Autores como Pandey (2017), señalan que la combinación orgánica e inorgánica del suministro de nutrientes puede ser sinérgica en el cultivo de arveja, debido a que la fuente orgánica mejora el entorno físico y biológico del suelo, lo que a su vez aumenta la disponibilidad de nutrientes de la fuente inorgánica. El aumento en el rendimiento de semillas se debe al efecto acumulativo de los atributos de crecimiento y rendimiento.

A pesar de que en este estudio los suelos presentan buena fertilidad fue posible observar una respuesta positiva de los tipos de enmiendas solas o en combinación con la fertilización química. Las enmiendas orgánicas aportan carbono orgánico al suelo, el cual es importante para estimular el crecimiento de la biomasa microbiana del suelo, especialmente en el largo plazo. Se ha reportado incrementos del carbono orgánico del suelo de hasta 49% después de la adición de enmiendas orgánicas en comparación con un control no fertilizado y de 29% con respecto a un control fertilizado (Chen y col., 2018; Murillo-Montoya, Mendoza-Mora y Fadul-Vásquez, 2020). De igual forma, las enmiendas orgánicas pueden suministrar directamente tanto macro como micronutrientes, y el suministro a largo plazo de N está regulado por la tasa de mineralización de los compuestos orgánicos añadidos. Adicionalmente, el contenido de nutrientes depende en gran medida de la fuente y la calidad de los compuestos orgánicos añadidos (Van Zwieten, 2018).

Tabla 4. Análisis de correlación de Pearson entre el rendimiento y las diferentes variables de crecimiento y desarrollo evaluadas en el cultivo de arveja en respuesta a la fertilización orgánica y química en el municipio Pamplona, Norte de Santander.

Correlaciones		Rendimiento	AP30D	AP60D	AP90D	DF	VP	LV
Rendimiento	Correlación de Pearson	1	-0,06	0,27	0,53*	-0,08	0,20	-0,12
	Sig. (bilateral)		0,81	0,23	0,01	0,72	0,40	0,62
	N	21	21	21	21	21	21	21
AP30D	Correlación de Pearson	-0,06	1	0,50*	0,04	-0,26	-0,07	-0,43
	Sig. (bilateral)	0,81		0,02	0,87	0,26	0,75	0,06
	N	21	21	21	21	21	21	21
AP60D	Correlación de Pearson	0,27	0,50*	1	0,72**	-0,06	0,51*	0,07
	Sig. (bilateral)	0,23	0,02		0,00	0,80	0,02	0,77
	N	21	21	21	21	21	21	21
AP90D	Correlación de Pearson	0,53*	0,04	0,72**	1	0,19	0,56**	0,32
	Sig. (bilateral)	0,01	0,87	0,00		0,42	0,01	0,16
	N	21	21	21	21	21	21	21
DF	Correlación de Pearson	-0,08	-0,26	-0,06	0,19	1	-0,23	0,43
	Sig. (bilateral)	0,73	0,26	0,80	0,42		0,31	0,05
	N	21	21	21	21	21	21	21
VP	Correlación de Pearson	0,20	-0,07	0,51*	0,56**	-0,23	1	0,18
	Sig. (bilateral)	0,40	0,75	0,02	0,01	0,31		0,43
	N	21	21	21	21	21	21	21
LVS	Correlación de Pearson	-0,12	-0,43	0,07	0,32	0,43	0,18	1
	Sig. (bilateral)	0,62	0,06	0,77	0,16	0,05	0,43	
	N	21	21	21	21	21	21	21

*. La correlación es significativa al nivel 0,05 (bilateral).

**. La correlación es significativa al nivel 0,01 (bilateral).

AP30D: Altura de la planta a los 30 días; AP60D: Altura de la planta a los 60 días; AP90D: Altura de la planta a los 90 días; DF: Número de días a floración; VP: Número de vainas por planta; LV: Longitud de la vaina verde.

4 Conclusiones

La altura de las plantas fue afectada positivamente por el uso combinado de vermicompost a la mitad de la dosis recomendada (3915,50 kg/ha) más la mitad de la dosis de fertilizante químico triple 15 (703,50 kg/ha) en comparación con el tratamiento control.

El número de vainas por planta fue mayor con la enmienda a base de gallinaza, caprinaza y residuos de caña de azúcar a la dosis completa en comparación con la fertilización química.

La longitud de las vainas verdes estuvo por en-

cima del promedio nacional y respondió muy bien a la aplicación sola o combinada de los abonos orgánicos y el fertilizante químico en comparación con el control. Aunque no se encontraron diferencias estadísticas en el rendimiento entre los diferentes tratamientos, T1 y T4 presentaron un rendimiento superior al control de 42,85 % y 39,99 %, respectivamente.

En el caso del vermicompost, la combinación con el fertilizante químico favoreció una mayor altura de las plantas, probablemente debido a una más rápida disponibilidad de nutrientes.

La combinación de las enmiendas orgánicas con

el fertilizante químico generó efectos positivos en el cultivo de arveja. La variedad Rabo de gallo respondió muy bien a aplicación sola o combinada de abonos orgánicos y fertilizante químico, razón por la cual es preferida por los agricultores de la zona. Por lo tanto, es posible sustituir o complementar el fertilizante químico con enmiendas orgánicas y reducir el efecto negativo de contaminación que generan sobre el ambiente y la salud de las personas.

5 Recomendaciones

Combinar el uso de las enmiendas orgánicas con el fertilizante químico, debido a la mejor respuesta obtenida en las variables del cultivo.

Evaluar diferentes dosis de enmiendas orgánicas sobre las variables de crecimiento del cultivo.

Estudiar la variedad de arveja Rabo de gallo, indagar sobre su procedencia, estudiar diferentes distancias de siembras, distintos tipos de suelos, incluir un mayor número de variables del cultivo y compararla con otras variedades utilizadas a nivel nacional.

Analizar el efecto de las enmiendas orgánicas sobre las propiedades físicas, químicas y biológicas de los suelos en el corto, mediano y largo plazo.

Referencias

- Al-Bayati, H. y col. (2019). «Role of organic and chemical fertilizer on growth and yield of two cultivars of pea (*Pisum sativum* L.)» En: *Plant Archives* 19.Supplement 1, 1249-1253. Online: <https://bit.ly/3rH7rzM>.
- Álvarez-Sánchez, E. y col. (2006). «Efectividad biológica de abonos orgánicos en el crecimiento de trigo». En: *Terra Latinoamericana* 24.2, 261-268. Online: <https://bit.ly/3vD1ULV>.
- Amaya, C. (2017). «Establecimiento de un proyecto productivo de arveja (*Pisum sativum* L.) en un área de 5.000 m² como alternativa económica ante la deforestación en el municipio de Ragónvalia, Norte de Santander». Tesis de maestría. Universidad de La Salle, Yopal, Casanare.
- Bautista-Zamora, D. y col. (2017). «Efecto de la fertilización edáfica en el crecimiento y desarrollo de *Phaseolus vulgaris* cv. ICA Cerinza». En: *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas* 11.1, 122-132. Online: <https://n9.cl/2zoda>.
- Buitrago, J. Y., C. J. Duarte y A. Sarmiento (2006). *El cultivo de la arveja en Colombia*. Ed. Produmedios.
- Casanova, L., J. Solarte y O. Checa (2012). «Evaluación de cuatro densidades de siembra en siete líneas promisorias de arveja arbustiva (*Pisum sativum* L.)» En: *Revista de Ciencias Agrícolas* 29.2, 129-140. Online: <https://bit.ly/3Mo3Qic>.
- Celis, A. y G. Pretti (1995). «Producción estival de arvejas en la costa interior en la Décima Región. Instituto de Investigaciones Agropecuarias». En: *Boletín Técnico Remehue* 232.
- Checa, O., C. Narváez y J. Bastidas (2017). «Evaluación agronómica y económica de arveja arbustiva (*Pisum sativum* L.) en diferentes épocas de siembra y sistemas de tutorado». En: *Revista UDCA Actualidad y divulgación científica* 20.2, 279-288. Online: <https://bit.ly/3ETBpGc>.
- Chen, Y. y col. (2018). «The long-term role of organic amendments in building soil nutrient fertility: a meta-analysis and review». En: *Nutrient Cycling in Agroecosystems* 111.2, 103-125. Online: <https://bit.ly/37TrtAi>.
- Chivenge, P., B. Vanlauwe y J. Six (2011). «Does the combined application of organic and mineral nutrient sources influence maize productivity? A meta-analysis». En: *PloS one* 342, 1-30. Online: <https://bit.ly/3rVDYIE>.
- Climate-Data.Org (2020). *Clima Pamplona, Norte de Santander Colombia*.
- DANE (2015). «El cultivo de la arveja en Colombia». En: *Boletín mensual Insumos y Factores Asociados a la Producción Agropecuaria* 33, 1-78. Online: <https://bit.ly/3MxuYv5>.
- Dahl, W., L. Foster y R. Tyler (2012). «Review of the health benefits of peas (*Pisum sativum* L.)» En: *British Journal of Nutrition* 108.S1, S3-S10. Online: <https://bit.ly/3vZ6fZN>.
- Davies, D.R. y col. (1985). «Grain Legume Crops». En: ed. por R.J. Summerfield y E.H. Roberts. Collins, London. Cap. *Pisum sativum* L.)@ Pea (*Pisum sativum* L.)
- El-Salehe, E. y col. (2019). «Utilization of Friendly Fertilizers as an Organic and NPK Fertilizers on Peas (*Pisum sativum* L.)» En: *Int. J. Environ* 8.2, 85-94. Online: <https://bit.ly/3y5MJO5>.

- Enz, M. y Ch. Dachler (1998). *Compendio para la identificación de los estadios fenológicos de especies mono- y dicotiledóneas cultivadas escala BBCH extendida*.
- FAO (2019). *El estado mundial de la agricultura y la alimentación. Progresos en la lucha contra la pérdida y el desperdicio de alimentos*.
- FENALCE (2015). *Catálogo de semillas*. Federación Nacional de Cultivadores de Cereales y Leguminosas. Online: <https://fenalce.co/>.
- Flores, Y. y col. (2021). «Efecto de abonos biológicos y fertilizantes químicos en el cultivo de maíz, FLASA Cojedes Venezuela: Effect of biological fertilizers and chemical fertilizers in corn cultivation, FLASA Cojedes Venezuela». En: *Ciencia y Tecnología Agropecuaria* 6.1, 21-27. Online: <https://bit.ly/3F40NsV>.
- Galindo, J. y J. Clavijo (2009). «Fenología del cultivo de arveja (*Pisum sativum* L. var. Santa Isabel) en la sabana de Bogotá en campo abierto y bajo cubierta plástica». En: *Ciencia y Tecnología Agropecuaria* 10.1, 5-15. Online: <https://bit.ly/3LyOBCX>.
- González-García, H. y col. (2021). «Efecto de la tiamina sobre el crecimiento y desarrollo del pimentón (*Capsicum annuum* L.) en el sector la Grita, estado Táchira, Venezuela: Effect of thiamine on the growth and development of paprika (*Capsicum annuum* L.) in the La Grita sector, Táchira state, Venezuela». En: *Ciencia y Tecnología Agropecuaria* 6.1, 3-8. Online: <https://bit.ly/3Kz0pDX>.
- González, J., J. Mosquera y A. Trujillo (2015). «Efectos e impactos ambientales en la producción y aplicación del abono supermagro en el cultivo de sandía». En: *Ingeniería y Región* 13, 103-111. Online: <https://bit.ly/3vw9MQw>.
- Gopinath, K. y B. Mina (2011). «Effect of organic manures on agronomic and economic performance of garden pea (*Pisum sativum*) and on soil properties». En: *Indian Journal of Agricultural Sciences* 81.3, 236-239. Online: <https://bit.ly/3s3VB38>.
- Heinze, S., J. Raupp y R. Joergensen (2010). «Effects of fertilizer and spatial heterogeneity in soil pH on microbial biomass indices in a long-term field trial of organic agriculture». En: *Plant and Soil* 328.1, 203-215. Online: <https://bit.ly/3LufUyd>.
- Jasem, A., H. Atab y H. Abed (2015). «Effect of organic and chemical fertilizers and their interaction with foliar fertilizers on yield of broad bean (*Vicia faba* L.)». En: *Euphrates Journal of Agriculture Science* 7.4, 44-48. Online: <https://bit.ly/3yb1sY2>.
- Khan, T. y col. (2013). «Morphological performance of peas (*Pisum sativum*) genotypes under rainfed conditions of Potowar region». En: *J. Agric. Res* 51.1, 51-60. Online: <https://bit.ly/37WVEXm>.
- Laboratorio químico de suelos, ed. (2018). *Resultado análisis de suelos*. Vol. 1. Universidad Industrial de Santander.
- Lalito, C. y col. (2018). «Effect of different organic and inorganic nitrogenous fertilizers on growth, yield and soil properties of pea (*Pisum sativum*, L.)». En: *J. Pharmacognosy and Phytochemistry* 7.4, 2114-2118. Online: <https://bit.ly/3vTuqsA>.
- Latorre, A. y Q. Villamizar (2019). «Evaluación del efecto de la fertilización en el rendimiento de cuatro clones promisorios de papa criolla (*Solanum phureja* Juz. et. Buk) en Mutiscua, Norte de Santander: Evaluation of the effect of fertilization on the yield of four promising Creole potato clones (*Solanum phureja* Jud. Et. Buk) in Mutiscua, Norte de Santander». En: *Ciencia y Tecnología Agropecuaria* 4.1, 3-9. Online: <https://bit.ly/3s8ySTp>.
- Mátyás, B. y col. (2020). «Comparación de los efectos ejercidos por los biofertilizantes, los fertilizantes NPK y los métodos de cultivo sobre la respiración del suelo en el suelo de Chernozem». En: *La Granja. Revista de Ciencias de la Vida* 32.2, 8-18. Online: <https://n9.cl/mijxg>.
- Mishra, N. (2014). «Growth and yield response of pea (*Pisum sativum* L.) to Integrated Nutrient Management-A Review». En: *Journal of plant and pest science* 1.2, 87-95. Online: <https://bit.ly/3s8OV3L>.
- Mohammed, H. y col. (2019). «The effect of the source and the level of residues in some of the characteristics of the soil and yield of broad bean (*Vicia faba* L.)». En: *Plant Archives* 19.1, 898-903. Online: <https://bit.ly/3KzMkpD>.
- Mukai, S. (2018). «Historical role of manure application and its influence on soil nutrients and maize productivity in the semi-arid Ethiopian Rift Valley». En: *Nutrient Cycling in Agroecosystems* 111.2, 127-139. Online: <https://bit.ly/38M79AY>.
- Murillo-Montoya, S., A. Mendoza-Mora y C. Fadul-Vásquez (2020). «La importancia de las enmiendas orgánicas en la conservación del suelo y la producción agrícola». En: *Revista Colombiana de*

- Investigaciones Agroindustriales* 7.1, 58-68. Online: <https://bit.ly/3ygnJE5>.
- Pandey, V. (2017). «Impact of Integrated Nutrient Management on Seed Yield and Its Attributes in Field Pea (*Pisum sativum* L.)» En: *Chemical Science Review and Letters* 6.23, 1428-1431. Online: <https://bit.ly/38GLU3D>.
- Peñaranda, G. y G. Molina (2011). «La producción de arveja (*Pisum sativum* L.) en la Vereda Monteadentro, Provincia de Pamplona, Norte de Santander». En: *Revista Face* 11.1, 43-56. Online: <https://bit.ly/3LNmaBu>.
- Rojas, H. (2017). «Producción de arveja verde "quantum" (*Pisum sativum* L.) con aplicaciones de humus de lombriz, guano de islas y biol en condiciones agroclimáticas de Tiabaya – Arequipa». Tesis de maestría. Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa. Facultad de Agronomía.
- Santamaría, M. y col. (2010). «Evaluación de dos fertilizantes orgánicos frente al fertilizante compuesto mineral 10 30 10 y sus mezclas, en el cultivo de arveja *Pisum sativum* L. En Madrid Cundinamarca». En: *Inventum* 5.9, 14-18. Online: <https://bit.ly/3y9bicY>.
- Suresh, K. y col. (2004). «Microbial biomass carbon and microbial activities of soils receiving chemical fertilizers and organic amendments». En: *Arch. Agron. Soil Sci* 50.7, 641-647. Online: <https://bit.ly/382kHbF>.
- Van Zwieten, L. (2018). «The long-term role of organic amendments in addressing soil constraints to production». En: *Nutrient cycling in Agroecosystems* 111.2, 99-102. Online: <https://bit.ly/3OPIMUZ>.
- Watt, B.K. y A.L. Merrill (1993). *Composition of Foods*. Ed. por U.S. Department Agriculture. 8.
- Willer, H. y col. (2020). *The World of Organic Agriculture. Statistics and Emerging Trend 2020*.