

La aplicación de urea en secano resulta en menor producción de arveja (*Pisum sativum* L.), Var. INIAP 436 Liliana, en Ambuela, Perucho, Pichincha, Ecuador

José L. Pantoja

Ph.D., Científico PROMETEO – Secretaría Nacional de Educación Superior, Ciencia, Tecnología e Innovación – SENESCYT; Univ. de las Fuerzas Armadas – ESPE, Carrera de Ingeniería Agropecuaria – IASA. Av. General Rumiñahui S/N, y Unidad Nacional. Código postal: 1715231B. Sangolquí – Ecuador.
E-mail: jlpantoja1@espe.edu.ec

Vinicio Villalta

Egresado de la Carrera de Ingeniería Agropecuaria – IASA I. Univ. de las Fuerzas Armadas – ESPE. Av. General Rumiñahui S/N, y Unidad Nacional. Código postal: 1715231B. Sangolquí – Ecuador.

Emilio R. Basantes

M.S., Profesor de la Carrera de Ingeniería Agropecuaria – IASA I. Univ. de las Fuerzas Armadas – ESPE. Av. General Rumiñahui S/N, y Unidad Nacional. Código postal: 1715231B. Sangolquí – Ecuador.

Alexandra E. Montalvo

Ing. Agr., Técnico Agrícola del Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuicultura y Pesca – MAGAP, Dirección Agropecuaria de Pichincha, Programa de Innovación Agropecuaria. Av. Eloy Alfaro y Amazonas, Edificio MAGAP, 6^o Piso. Quito – Ecuador.

Resumen.- La arveja (*Pisum sativum* L.) es importante para la alimentación y economía de los agricultores de Ecuador, pero no hay suficientes información de fertilización de este cultivo. Se evaluó la respuesta de la arveja, var. INIAP 436 Liliana, a la fertilización fosfórica (FP) y fertilización nitrogenada (FN). La investigación se ejecutó entre Mayo y Sept. de 2014 en Ambuela, Perucho, Quito, Pichincha, Ecuador. Se aplicó P porque el análisis inicial de suelo reflejó niveles bajos de P. La siembra se realizó a 0.60 m entre surcos y 0.40 m entre postura (5 semillas postura⁻¹). Se utilizó un diseño de parcelas divididas en un arreglo de bloques completos al azar (cuatro replicas), donde cada parcela tuvo 6 surcos de 8 m de largo. Los niveles de FP (0 y 20 kg ha⁻¹) fueron la parcela principal y los de FN (0 a 150 kg ha⁻¹ con incrementos de 30 kg) las sub-parcelas. Se utilizó urea y roca fosfórica para los tratamientos, y una dosis de 30 kg K ha⁻¹ como muriato de K en toda el área experimental para prevenir deficiencias de K. Al inicio del llenado de vaina se evaluó la longitud de planta, número de vainas por planta, y porcentaje de plantas muertas. En la cosecha se recolectó el grano en 5 m lineales de los dos surcos centrales, y una muestra de 20 g de grano de las parcelas con 0, 90, y 150 kg N ha⁻¹ fue analizada para estimar el contenido de proteína. También se recolectaron muestras de suelo de estas parcelas para evaluar sus propiedades químicas. El efecto de los tratamientos se evaluó mediante ANDEVA con la opción PROC MIXED del programa SAS^{9.3}. La FP no tuvo efecto en ninguna de las variables evaluadas en el cultivo o en el suelo ($P > 10$). La FN no tuvo efecto en las propiedades del suelo al final del ciclo del cultivo ($P > 10$), pero resultó en más plantas muertas ($P < 0.01$) y menor producción ($P = 0.06$). La producción promedio de grano seco fue 100 kg ha⁻¹ mayor que el promedio nacional (410 vs. 310 kg ha⁻¹). A pesar de ello, la FN no afectó el contenido de proteína del grano, y la aplicación de 150 kg N ha⁻¹ redujo el 45% de la producción en comparación con

la no FN. Los resultados reflejan los daños que se puede causar al cultivo al fertilizar en condiciones de secano y la necesidad de tener un sistema de riego si se realiza este tipo de fertilización.

Palabras clave: Fertilización nitrogenada, Contenido de N.

Abreviaciones: FN, fertilización nitrogenada; FP, fertilización fosfórica; FK, fertilización potásica; MO, materia orgánica.

Abstract.- Pea (*Pisum sativum* L.) is important for nutrition and economy of farmers in Ecuador, but there is not enough data about fertilization of this crop. The response of pea, var. INIAP 436 Liliana, to the phosphoric fertilization (FP) and N fertilization (FN) was evaluated. Research was conducted between May and Sept. of 2014 in Ambuela, Perucho, Quito, Pichincha, Ecuador. Application of P was due to the low soil test P. Seeding was at 0.60 m between rows and 0.40 m between postures (5 seeds posture⁻¹). A split-plot design in a complete randomized arrangement (four replicates) was used, where each plot was composed by 6 rows of 8 m in length. The FP (0 and 20 kg ha⁻¹) was the main plot, and FN (0 to 150 kg ha⁻¹ with 30 kg increments) the sub-plot. Urea and phosphoric rock were used for treatments, and 30 kg K ha⁻¹ were applied to the study area to avoid K deficiencies with K muriate. At pot filling, plant length, number of pots per plant, and percentage of death plants were evaluated. During harvest, grain from the center of each plot (6 m²) was collected, and a 20 g sub-sample from plots receiving 0, 90, y 150 kg N ha⁻¹ was analyzed to estimate protein content. Soil samples from those plots were also collected to evaluate treatments effect on nutrient content. Treatments effects were evaluated with ANOVA by using the PROC MIXED procedure of SAS^{9.3}. The FP had not effect on any of the evaluated variables in soil or crop ($P > 10$). The FN did not change soil properties ($P > 10$), however it

resulted in more death plants ($P < 0.01$) and lower yield ($P = 0.06$). Average grain yield was 100 kg ha^{-1} greater than the national average ($410 \text{ vs. } 310 \text{ kg ha}^{-1}$). Nevertheless, the FN did not change the protein content, and application of 150 kg N ha^{-1} resulted in 45% yield decrease compared to no FN. Results reflected the damage that fertilizers can cause to crops when having lack of soil moisture, and the need for implementing an irrigation system.

Key-words: N fertilization, N content.

Abbreviations: FN, nitrogen fertilization; FP, phosphoric fertilization; FK, potassium fertilization; MO, organic matter.

I. INTRODUCCIÓN

La arveja (*Pisum sativum* L.) es un cultivo de importancia en la alimentación y economía de las familias campesinas de la región Sierra del Ecuador. En Ecuador se siembran 5800 ha año^{-1} de arveja, de los cuales el 70% se cosecha en fresco (en vaina), y el resto en grano seco [13]. La producción se concentra en áreas de 2000 a 3300 msnm, con rendimientos promedio de 930 kg ha^{-1} cuando se cosecha en fresco y de 310 kg ha^{-1} cuando se cosecha en seco, en especial en las provincias de Cañar, Carchi, Chimborazo, Imbabura, y Loja que abarcan el 70% del total de producción nacional [13].

A pesar de ser un cultivo con una demanda alta de N porque por cada 1000 kg ha^{-1} de grano producido se requieren entre 40 y 50 kg de N [7], la mayoría de agricultores del país no realiza una fertilización nitrogenada (FN) a la arveja, pues se considera que este cultivo puede formar nódulos con el *Rhizobium* sp. para facilitar la fijación biológica de N [4], y que por ello no se necesitan aplicaciones de este elemento. Con respecto a la fertilización fosfórica (FP), se considera que muchos suelos de origen volcánico de la región Sierra tienen altos niveles de P, y por ello tampoco se necesitan aplicaciones de este elemento, aunque altos niveles de MO pueden limitar su disponibilidad. El INIAP, sin embargo, recomienda la aplicación de 10 y 50 kg ha^{-1} de N y P_2O_5 , respectivamente, aplicados a la siembra en especial en suelos con niveles óptimos y altos de K [10]. Esto se debe a que en suelos con altos contenidos de MO, el N y el P no están completamente disponibles para la planta, siendo necesaria la aplicación de estos elementos para evitar deficiencias en los cultivos. También se recomienda aplicar 10 kg ha^{-1} de S y/o de Mg si el cultivo muestra síntomas de deficiencia de estos elementos [10]. En otros casos se prioriza la aplicación de MO sobre el uso de abonos químicos como una medida para mantener la salud y la fertilidad del suelo, y a la vez proporcionar algunos elementos a las plantas [1]. Sin embargo, al usar MO es difícil identificar la cantidad exacta de elementos que se aplica y el tiempo en que estos estarán disponibles para el cultivo.

En Ecuador también existen dos problemas en relación a la fertilización de cultivos como la arveja: 1) las recomendaciones de fertilización se hacen con base en resultados de

investigaciones pequeñas que luego se extrapolan para regiones mayores sin considerar de forma técnica las diferencias agroclimáticas, y 2) el mal manejo de fertilizantes por parte de los agricultores, en especial los que aportan N. Esto resulta en bajos niveles de producción, uso ineficiente de fertilizantes, y problemas de contaminación ambiental por el mal uso de estos. Por ello, el objetivo de esta investigación fue evaluar la respuesta de la arveja, var. INIAP 436 Liliana, a la FN y FP.

II. MATERIALES Y MÉTODOS

A. Localización del sitio experimental

La investigación se realizó en la Comunidad Ambuela, Parroquia Perucho, Cantón Quito, Pichincha, Ecuador ($0^{\circ}06'54''\text{N}$; $78^{\circ}24'08''\text{O}$), entre Mayo y Sept. de 2014, que es el periodo en el que usualmente los agricultores siembran arveja. Los datos climáticos recopilados por la Estación Meteorológica de Perucho (a 4 km del sitio experimental) y que es monitoreada por Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI), muestran precipitaciones considerables al inicio del ciclo de cultivo, pero la floración y madurez del grano se dan en periodos relativamente secos (Fig. 1). Ambuela está ubicada a 2300 msnm, se caracteriza por tener un clima templado seco, con una t° media de 18°C y una precipitación anual de 600 mm. La mayoría de las precipitaciones ocurren entre Oct. y Mayo, siendo el resto del año un periodo con escasas lluvias.

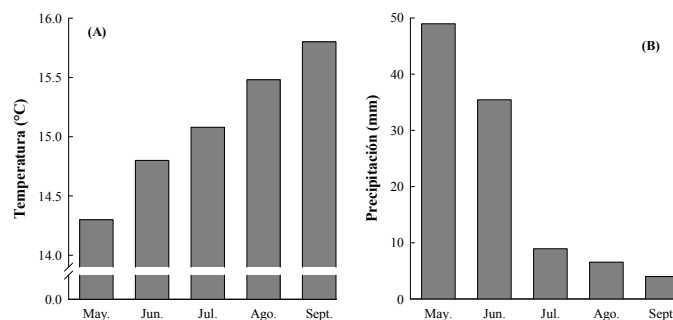


Fig. 1. Promedio de datos históricos de (A) temperatura y (B) precipitación en los últimos 15 años en Perucho, Pichincha, Ecuador.

B. Manejo del cultivo

Para esta investigación se seleccionó la var. INIAP 436 Liliana, al ser esta una de las variedades que más se cultiva en la zona. El cultivo se estableció en un terreno que estaba en descanso y que no tenía incidencias considerables de hierba o maleza, por lo que su preparación fue suficiente con dos pases de arado y uno de rastra. Los surcos se hicieron de forma manual a una distancia de 0.60 m. La siembra se realizó con espeque el 26 de Mayo de 2014, depositando 5 semillas por postura a una

distancia de 0.40 m entre postura (210000 plantas ha⁻¹). Los tratamientos de fertilización se aplicaron el 20 de Junio de 2014, para lo que se colocó el fertilizante a ≈ 0.10 m de las plantas, y luego se cubrió durante el aporque. La cosecha se realizó el 14 de Sept. de 2014. El control de malezas fue manual, y no se aplicaron herbicidas o insecticidas durante esta investigación.

C. Diseño experimental y aplicación de tratamientos

Se usó un diseño de parcelas divididas en un arreglo de bloques completos al azar con cuatro repeticiones. Cada parcela tuvo 6 surcos de 8 m de largo (48 parcelas en total). Los tratamientos incluyeron dos niveles de FP (0 y 20 kg ha⁻¹) como la parcela principal, y seis de FN (0, 30, 60, 90, 120, y 150 kg ha⁻¹) como la sub-parcela. Se incluyó la FP por el bajo nivel de P que se identificó en el análisis inicial del suelo. Se usó urea y roca fosfórica como fertilizantes para los tratamientos, y se hizo una aplicación de 30 kg K ha⁻¹ con muriato de K a toda el área experimental para prevenir deficiencias de K a pesar de los niveles altos de este elemento en el suelo.

D. Muestreo de suelos

A fin de conocer la disponibilidad de los principales macro-elementos del suelo se realizó un muestreo previo al establecimiento del cultivo. Para ello se recolectaron de forma aleatoria 20 sub-muestras de toda el área experimental. En la cosecha se hizo otro muestreo en las parcelas con 0, 90, y 150 kg N ha⁻¹ para evaluar los efectos de los tratamientos en la disponibilidad de los principales macro-elementos del suelo. En este caso se recolectaron 4 sub-muestras de cada parcela (2 en el surco de siembra y 2 en el espacio entre surcos). Tanto en al inicio como durante la cosecha, el muestreo se realizó a 0.20 m de profundidad, y en cada caso las sub-muestras se mezclaron para obtener una muestra homogénea y representativa, la cual fue utilizada para el análisis. El suelo se analizó para evaluar su textura mediante el método del hidrómetro de Bouyoucos [2], y los demás parámetros se analizaron siguiendo los procedimientos del laboratorio de suelos de AGROCALIDAD. El pH fue evaluado con el potenciómetro, la MO y el N se evaluaron mediante titulación con el método volumétrico, el P se evaluó mediante colorimetría, y el K, Ca, y Mg fueron extraídos mediante el método de Olsen modificado y analizados con el equipo de Absorción Atómica [3].

E. Variables evaluadas

Las variables agronómicas que se evaluaron incluyeron la longitud de planta, porcentaje de plantas muertas, y número de vainas por planta. Esta evaluación se realizó el 18 de Julio de 2014 (al inicio del llenado de vaina). Para evaluar la longitud de planta y el número de vainas por planta se seleccionaron de forma aleatoria 10 plantas de los dos surcos centrales de cada parcela. Para evaluar el porcentaje de plantas muertas se contó el número de plantas muertas y plantas vivas en los dos surcos centrales de cada parcela y se expresó en porcentaje.

La producción se evaluó recolectando todas las vainas en 5 m de los dos surcos centrales de cada parcela (6 m² en total). Las vainas fueron desgranadas de forma manual y el grano fue secado a t° ambiente hasta alcanzar una humedad promedio de 10%. El grano fue pesado y luego expresado en kg ha⁻¹. Una muestra de grano de 20 g de las parcelas que recibieron 0, 90, y 150 kg N ha⁻¹ se utilizó para analizar el contenido total de N mediante el método Micro-Kjeldahl, y el resultado fue multiplicado por 6.25 para estimar el contenido de proteína [8].

F. Análisis estadístico

Las diferencias entre los tratamientos fueron evaluadas con un análisis de varianza (ANDEVA). Los ANDEVA se realizaron con el procedimiento PROC MIXED del programa estadístico SAS^{9.3} [15], para lo cual la FP y FN fueron considerados factores fijos, mientras que los bloques fueron considerados aleatorios. Las diferencias entre los tratamientos fueron determinadas con la opción DIFF en PROC MIXED, y fueron consideradas significativas con un $P \leq 0.10$, según el procedimiento “Fisher Protected Least Significant Difference (FLSD)”.

III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A. Análisis de suelo

El análisis inicial indicó un suelo con textura liviana propensa a la lixiviación de elementos y contenidos bajos de MO y N (Tabla 1), lo cual puede resultar en poca retención de elementos cuando hay altas precipitaciones. El pH fue neutro y se considera óptimo para producir arveja. En cambio, el contenido de elementos minerales reflejó concentraciones bajas de P; mientras que el K, Ca, y Mg estuvieron en niveles altos.

Tabla 1. Análisis de suelo previo al establecimiento de la arveja. Ambuela, Perucho, Quito, Pichincha, Ecuador. 2014.

pH _(1:1)	MO [†]	N	K	Ca	Mg	P
	--- % ---		--- cmol kg ⁻¹ ---			mg kg ⁻¹
6.5	2.0	0.1	0.5	6.3	1.2	7.0

[†] Materia orgánica.

A pesar de que las precipitaciones fueron escasas durante el ciclo del cultivo, el análisis de suelo al final del ciclo de cultivo no mostró un efecto de la FP o la FN en las propiedades evaluadas ($P > 0.10$) (Tabla 2). La falta de un efecto significativo de la FP en la disponibilidad de P pudo deberse a la poca solubilidad de la roca fosfórica, y a la formación de fosfatos de Ca debido a la alta disponibilidad de este elemento en el análisis inicial del suelo [6]. Se esperaba que la FN resultase en la acidificación del suelo por la liberación de iones H⁺ durante la nitrificación de la urea [5], y una acumulación de N residual por efecto de la FN [16]. Sin embargo, estos resultados no se observaron quizá porque parte de la urea pudo haberse

volatilizado por las condiciones de sequía del suelo y pH casi neutro que pudo favorecer esa volatilización. Además, los resultados indicaron cierta interacción de FP × FN ($P < 0.10$) en la disponibilidad de Ca y Mg; pero las diferencias surgidas por esa interacción son bastante bajas y pudieron deberse a la variabilidad espacial del suelo. Es posible que evaluaciones en el largo plazo permitan verificar de mejor forma estos resultados.

Tabla 2. Análisis de suelo durante la cosecha del cultivo de arveja como resultado de la fertilización nitrogenada y fosfórica. Ambuela, Perucho, Quito, Pichincha, Ecuador. 2014.

Dosis de N	pH	MO [†]	N	K	Ca	Mg	P
kg ha ⁻¹		--- % ---	---	---	cmol kg ⁻¹ ---	---	mg kg ⁻¹
0	6.3	3.2	0.2	0.5	6.6	1.2	3.5
90	6.2	3.1	0.2	0.5	6.4	1.2	3.5
150	6.3	3.1	0.2	0.6	6.4	1.1	3.5
Promedio	6.3	3.1	0.2	0.5	6.5	1.2	3.5
Fuente	----- P > F [‡] -----						
P	0.99	0.36	0.61	0.94	0.16	0.34	0.99
N	0.23	0.76	0.84	0.21	0.20	0.91	0.99
P × N	0.19	0.05	0.03	0.83	0.04	0.08	0.99

[†] Materia orgánica.

[‡] Los valores de $P \leq 0.10$ son significativos.

B. Longitud de plantas, porcentaje de plantas muertas, y número de vainas por planta

A pesar de que los bajos niveles de P en el suelo, no hubo una respuesta a la FP en las variables agronómicas ni una interacción con la FN ($P > 0.10$) (Tabla 3). Esto pudo deberse a que la falta de humedad limitó la solubilidad de la roca fosfórica y el transporte del P en el sistema suelo-planta. La FN, en cambio, tuvo un efecto negativo en la salud de las plantas ($P < 0.01$), lo que ocasionó que hubiera más plantas muertas con mayor FN. Esto significa que, a pesar de que la urea se colocó a 0.10 m de la planta y se cubrió durante el aporque, la falta de humedad y el grado de salinidad de este fertilizante pudo haber resultado en un daño severo que propició la necrosis de toda la planta.

Tabla 3. Variables agronómicas evaluadas en la arveja. Ambuela, Perucho, Quito, Pichincha, Ecuador. 2014.

Dosis de N	Longitud de planta	Plantas muertas	Vainas por planta
kg ha ⁻¹	cm	%	
0	88.2	0 e [†]	12.1
30	87.5	4 d	12.0
60	93.0	9 c	13.1
90	89.8	14 b	11.8
120	93.8	16 b	12.3
150	88.2	29 a	11.3
Promedio	90.1	12	12.0
Fuente	----- P > F [‡] -----		
P	0.84	0.49	0.70
N	0.27	<0.01	0.79
P × N	0.59	0.97	0.22

[†] Valores en una columna y con la misma letra no son diferentes.

[‡] Los valores de $P \leq 0.10$ son significativos.

C. Producción

La producción promedio de grano seco fue de 410 kg ha⁻¹ a pesar del verano intenso del 2014. Esta producción superó en 100 kg ha⁻¹ el promedio de la producción nacional que es de 310 kg ha⁻¹ [13]. La FP no cambió el nivel de producción ($P = 0.84$) (Tabla 4), lo que refleja la falta de humedad en el suelo para facilitar la solubilidad de la roca fosfórica y el transporte de P en el sistema suelo-planta. En cambio, la producción disminuyó a medida que aumentó la FN (Tabla 4, Fig. 2). De hecho, la aplicación de 150 kg N ha⁻¹ redujo un 45% de la producción en comparación con el tratamiento sin FN. Esto puede deberse a que la aplicación de urea resultó en plantas muertas por posibles daños a la raíz causados por la falta de humedad para solubilizar el fertilizante y el índice de salinidad de este. La aplicación de riego podría ser una alternativa para mejorar la respuesta del cultivo a la fertilización, pues la dilución del fertilizante resulta en menores daños al sistema radicular de la planta [9]. También se sabe que, un estrés de sequía resulta en menor nodulación del cultivo, y esto se refleja en una menor producción [12].

Tabla 4. Análisis de varianza (ANDEVA) para evaluar la producción de grano y el contenido de proteína en la arveja como resultado de la fertilización nitrogenada y fosfórica. Ambuela, Perucho, Quito, Pichincha, Ecuador. 2014.

Fuente	Producción de grano	Contenido de proteína [†]
	----- P > F [‡] -----	
Fósforo (P)	0.84	0.33
Nitrógeno (N)	0.07	0.16
P × N	0.93	0.87

[†] Este análisis se hizo solo para las parcelas con 0, 90, y 150 kg N ha⁻¹.

[‡] Los valores de $P \leq 0.10$ son significativos.

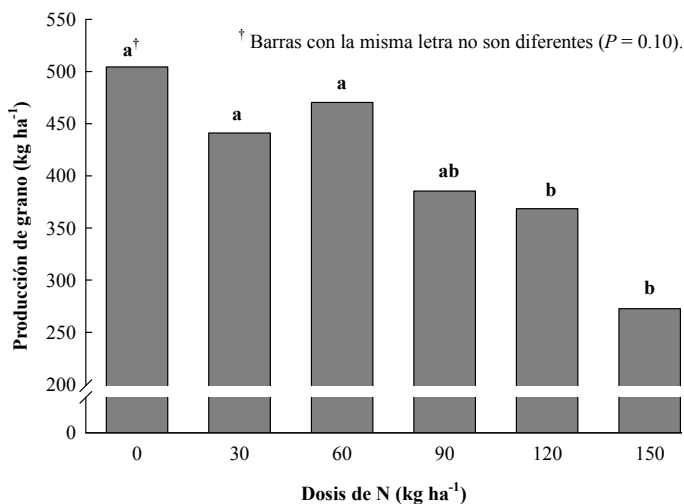


Fig. 2. Producción del cultivo de arveja con seis niveles de fertilización nitrogenada. Ambuela, Perucho, Quito, Pichincha, Ecuador. 2014.

D. Contenido de proteína en el grano

La FP y la FN no tuvieron un efecto en el contenido de proteína en el grano de arveja (Tabla 4, Fig. 3). La var. INIAP 436 Liliانا tiene en promedio 25.5% de proteína [10]. Sin embargo, en esta investigación los valores fueron menores ya que en promedio se obtuvo 21.7% de proteína. Esto corrobora que la falta de humedad en el suelo pudo resultar en menor flujo de masa y por consiguiente, menor absorción y acumulación de N en la biomasa de la planta. Dependiendo de la var. de arveja y el manejo del cultivo, el contenido de proteína en el grano por lo general es superior al 17% [11], y con una buena fertilización se pueden alcanzar valores del 23% [14].

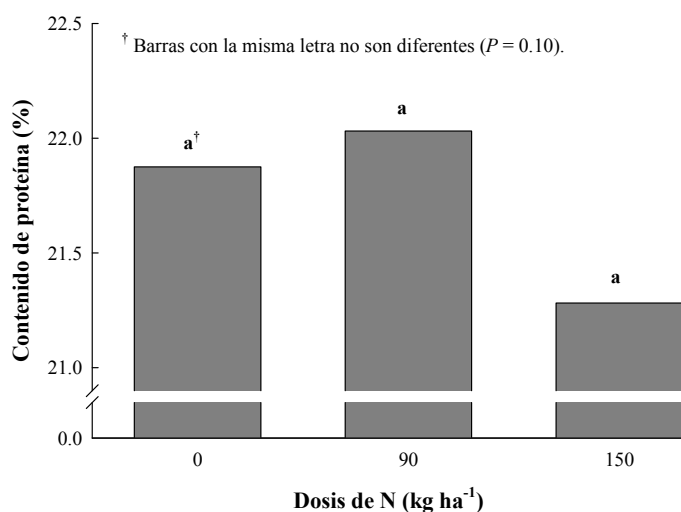


Fig. 3. Contenido de proteína en el grano de arveja con tres niveles de fertilización nitrogenada. Ambuela, Perucho, Quito, Pichincha, Ecuador. 2014.

IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La FP y FN no cambiaron el pH del suelo ni el contenido de N en el corto plazo de esta investigación; sin embargo, evaluaciones en el largo plazo son necesarias para corroborar este resultado. A pesar de los niveles bajos de P en el suelo, la FP no afectó las variables agronómicas evaluadas ni el contenido proteico en el grano, pero la FN resultó en un mayor porcentaje de plantas muertas. Estos resultados reflejan la falta de humedad en el suelo, la cual es necesaria para facilitar la solubilidad de los fertilizantes y el transporte de elementos en el sistema suelo-planta. Los daños causados por la FN en las plantas resultaron en un mayor cantidad de plantas muertas y en menor producción a medida que aumentó la FN, alcanzando un 45% de pérdida con la aplicación de 150 kg N ha⁻¹; sin embargo, la producción promedio de esta investigación fue 100 kg ha⁻¹ mayor a la

producción promedio que se reporta a nivel nacional (410 vs. 310 kg ha⁻¹, respectivamente).

V. AGRADECIMIENTOS

Se expresa un especial agradecimiento al Proyecto PROMETEO de la Secretaría de Educación Superior, Ciencia, Tecnología e Innovación – SENESCYT, de la República del Ecuador, por el patrocinio de esta investigación. Este agradecimiento se extiende a la Asociación de Agricultores de la Comunidad Ambuela por su apoyo en el establecimiento de este trabajo y la recolección de datos. También se agradece al Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura, y Pesca – MAGAP por coordinar las actividades con los agricultores mediante su programa de Innovación Agropecuaria, el cual ejecuta la Dirección Agropecuaria de Pichincha. Para finalizar, se agradece a la Universidad de las Fuerzas Armadas – ESPE, por apoyar con la logística para la ejecución de esta investigación.

REFERENCIAS

- [1] Arias, J.H., y G.J. Moncayo (director). 2008. Análisis de comportamiento de dos variedades de arveja (*Pisum sativum* L.), tipo decumbente, bajo dos métodos de siembra y tres tipos de fertilización orgánica complementaria, en la parroquia Puenbo, Cantón Quito. Tesis de pregrado. Escuela de Ciencias Agrícolas y Ambientales. Pontificia Univ. Católica. Ibarra, Ecuador. 168 p.
- [2] Bouyoucos, G.J. 1962. Hydrometer method improved for making particle size analysis of soils. *Agron. J.* 54:464-465.
- [3] Carrera, G. 2008. Avances de los resultados de la estandarización metodológica en la red de laboratorios de análisis de suelos del Ecuador (RELASE). XI Congreso Ecuatoriano de las Ciencias del Suelo. 29 – 31 de Oct. Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias – INIAP. Depto. de Manejo de suelos, aguas, y plantas. Quito, Ecuador. 6 p.
- [4] Casa, B.F. y C. Iza (director). 2014. Evaluación de la fijación de nitrógeno de cepas de *Rhizobium* spp. en invernadero, para arveja (*Pisum sativum*), chocho (*Lupinus mutabilis*), fréjol (*Phaseolus vulgaris*), haba (*Vicia faba*) y vicia (*Vicia* sp.), Catuglagua-Pichincha. Tesis de pregrado. Facultad de Ciencias Agrícolas. Univ. Central. Quito, Ecuador. 208 p.
- [5] Chien, S.H., M.M. Gearhart, y D.J. Collamer. Acidez generada por los fertilizantes nitrogenados: Nueva evaluación de los requerimientos de cal. *Informaciones Agronómicas* Nro. 41. International Plant Nutrition Institute – IPNI. 2 p.

- [6] Delgado, A., and J. Torrent. 2000. Phosphorus forms and desorption patterns in heavily fertilized calcareous and limed acid soils. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 64:2031–2037.
- [7] Ferraris, G.N., L.A. Couretot, y G. Magnone. 2012. Nutrición del cultivo de arveja. Área de Desarrollo Rural INTA EEA Pergamino. Proyecto Regional Agrícola CRBAN. Disponible en: <http://www.pregonagropecuario.com/cat.php?txt=3467> (Consultado el 13 de Mayo de 2014). Córdoba, Argentina.
- [8] García, E., e I. Fernández. s.f. Determinación de proteínas de un alimento por el método Kjeldahl: Valoración con un ácido fuerte. Univ. Politécnica de Valencia. Depto. de Tecnología de Alimentos. Valencia, España. 6 p.
- [9] Gardner, B.R., and R.L. Roth. 1984. Applying nitrogen in irrigation waters. pp. 493-506. *In*: R.D. Hauck (ed.) Nitrogen in crop production. American Society of Agronomy, Crop Science Society of America, and Soil Science Society of America, Madison, WI.
- [10] Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias – INIAP. 2010. Nueva variedad de arveja para la provincia Bolívar INIAP 436 Liliana. Programa Nacional de Leguminosas y Granos Andinos. Boletín No. 381. Est. Exp. Santa Catalina. Quito, Ecuador. 4 p.
- [11] Klebesadel, L.J. 1969. Chemical composition and yield of oats and peas separated from a forage mixture at successive stages of growth. Crops Research Division, ARS, USDA, and the Univ. Alaska Agr. Exp. Sta. Alaska Agr. Exp. Sta. J. Paper No. J-101.
- [12] Liu, Y., L. Wu, C.A. Watson, J.A. Baddeley, X. Pan, and L. Zhang. 2013. Modeling biological dinitrogen fixation of field pea with a process-based simulation model. *Agron. J.* 105:670–678.
- [13] Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca – MAGAP. 2014. Superficie, producción, rendimiento, y ventas de arveja a nivel nacional y provincial. Disponible en: <http://sinagap.agricultura.gob.ec/arveja-tierna-2/file/3518-serie-historica-2000-2012> (Consultado el 28 d Mar. de 2015). Quito, Ecuador.
- [14] Prieto, G. 2013. Claves para el manejo nutricional de arveja. Simposio Fertilidad: Nutrición de cultivos para la intensificación productiva sustentable. International Plant Nutrition Institute – IPNI. Argentina. 35 p.
- [15] SAS Institute. 2009. SAS System for Windows Release 9.3.1. SAS Inst., Cary, NC.
- [16] Sainju, U.M. 2013. Tillage, cropping sequence, and nitrogen fertilization influence dryland soil nitrogen. *Agron. J.* 105:1253–1263.