



Efecto del guano de isla en el rendimiento de dos variedades de Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd) en suelo degradado

Effect of island guano on the yield of two varieties of Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd) on degraded soil

R.C. Cosme De La Cruz^{1,2,*} ; A.F. Reynoso Zárate^{1,2} ; S. Sanabria Quispe²

¹ Dirección de Desarrollo Tecnológico Agrario, Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA), Av. La Molina 1981, Lima, Lima 15024, Perú.

² Programa Presupuestal "Reducción de la Degradación de los Suelos Agrarios", Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA), Av. La Molina 1981, Lima, Lima 15024, Perú.

RESUMEN

El objetivo del presente trabajo de investigación fue evaluar el efecto del Guano de las Islas en el rendimiento de dos variedades de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) en suelo en proceso de degradación y suelo de alta fertilidad natural, para ambas condiciones de suelo se empleó el diseño experimental de bloques completos al azar, con seis tratamientos y tres repeticiones, la dosis de abonamiento para cada tipo de suelo se homogenizó de acuerdo a los resultados de análisis de suelos. Se evaluaron siete variables (altura de la planta, longitud de panoja, diámetro de panoja, diámetro de tallo, diámetro de grano, peso de mil granos y granos por planta). Los resultados mostraron que la aplicación de guano de isla (2110 kg*ha⁻¹), 75% a la siembra y 25% al aporque (etapa de ramificación), en suelo en proceso de degradación, obtuvo los mayores valores, la variedad INIA-433, en cuanto a altura de planta (157 cm), peso de mil granos (2,39 g) y rendimiento (4 232,14 kg/ha), estos valores están muy por encima de los obtenidos por los tratamientos que no fueron fertilizados con guano de isla. Se concluye que el abono orgánico (guano de isla) influye positivamente en el rendimiento.

Palabras clave: Efecto; fertilidad; guano de islas; momentos; relación; quinua; rendimiento.

ABSTRACT

The objective of this research work was to evaluate the effect of the Guano of the Islands on the yield of two varieties of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd) in soil in the process of degradation and soil of high natural fertility, for both soil conditions the Experimental design of randomized complete blocks, with six treatments and three repetitions, the fertilization dose for each type of soil was homogenized according to the results of soil analysis. Seven variables were evaluated (plant height, panicle length, panicle diameter, stem diameter, grain diameter, weight of one thousand grains and grains per plant). The results showed that the application of island guano (2110 kg * ha⁻¹), 75% at sowing and 25% at aporque (branching stage), in soil in the process of degradation, obtained the highest values, the INIA variety -433, in terms of plant height (157 cm), weight of one thousand grains (2,39 g) and yield (4232,14 kg / ha), these values are well above those obtained by treatments that do not They were fertilized with island guano. It is concluded that organic fertilizer (island guano) positively influences yield.

Keywords: Effect; fertility; island guano; moments; relationship; quinoa; performance.

1. Introducción

La quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) es un cultivo nativo andino, originario del Andes Sudamericano (Graf *et al.*, 2015; Nuñez, 2015; Vidueiros *et al.*, 2015), fue domesticada hace aproximadamente más de 7 000 años (Bazile *et al.*, 2016) y en la última década adquirió importancia nutricional y

económica (Conde *et al.*, 2017; Garcia-Parra *et al.*, 2018), incrementando la demanda internacional (Orsag *et al.*, 2013), ocasionado que los agricultores cultiven en aéreas extensas destinadas tradicionalmente al pastoreo de llamas y ovejas (Flores, 2015). Esta expansión, causa problemas ambientales graves como erosión y pérdida de la capacidad productiva de sus suelos

(Risi et al., 2015); además, de la práctica del monocultivo, la disminución del tiempo de descanso del suelo y el cambio climático hicieron que la quinua sea muy susceptible y débil a las plagas y enfermedades; en consecuencia, disminuye el rendimiento de la producción (Risi et al., 2015).

La *Chenopodium quinoa* Willd no requiere grandes cantidades de agua (Ruiz et al., 2016), presenta tolerancia al estrés abiótico como la sequía, el frío y la alta salinidad (Golicz et al., 2019; Zou et al., 2017) se ha adaptado a un variado tipo de suelo (Bazile et al., 2016). Pero, en las fases fenológicas del cultivo tiene etapas críticas, donde requiere nutrientes, que deben ser cubiertos para el buen desarrollo de la planta (Conde et al., 2017). El mantenimiento de la productividad del suelo requiere integrar prácticas de nutrición vegetal y el mejoramiento del suelo, que permita un manejo adecuado de los nutrientes, para evitar su carencia o pérdidas por lixiviación, de la materia orgánica para potenciar la biodiversidad edáfica y optimar las variables edáficas ligadas a su conservación (Álvarez-Solís et al., 2010). El uso de abonos orgánicos aporta materia orgánica y nutrientes, lo cual favorece la fertilidad del suelo y nutrición de las plantas (Eghball et al., 2004), además de disminuir los costos y la dependencia de los fertilizantes químicos (Conde et al., 2017); sin embargo, su capacidad como fuente de nutrientes es baja, respecto a los fertilizantes. El contenido de N de las compostas es 1-3% y la tasa de mineralización del nitrógeno es cercana al 10% (Sikora y Enkiri, 2001), por lo cual solo una fracción del N y otros nutrientes están disponible el primer año después de su aplicación. Para satisfacer las necesidades nutricionales de los cultivos, se requieren altas cantidades de abonos orgánicos, su uso no es muy generalizado por el tiempo de respuesta sobre el suelo; normalmente es más lenta que los compuestos químicos (López-Martínez et al., 2001). Un enfoque alterno es la importancia del momento de aplicación, además de la dosis empleada puede también inducir un mejoramiento en la eficiencia de absorción (Campillo et al., 2007).

2. Material y métodos

La presente investigación fue conducida en el distrito de Huando, provincia y departamento de Huancavelica, Perú; con localización geográfica de 12°33'35,04" S y 74°57'12,17" O, a 3 520 m.s.n.m. El periodo de evaluación de los tratamientos fue de diciembre del año 2016 a octubre del año 2017.

Previo a la instalación del experimento, se tomaron muestras de suelo en la profundidad de 0 a 15 cm, se realizó el análisis físico y químico del suelo de alta fertilidad y suelo degradado en el Laboratorio de análisis suelos, aguas, tejidos vegetales y fertilizantes, Facultad de Agronomía, Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú, y según el análisis químico y físico, el suelo degradado tenía: 8,39 de pH; 0,86; 0,04 y 15,7 % de materia orgánica, nitrógeno y carbonato de calcio, respectivamente; 4 y 259 ppm de P y K, respectivamente; 20,9; 2,4; 0,58; 0,09 y 24 meq/100g de Ca²⁺, Mg²⁺, K⁺, Na⁺ y CIC, respectivamente; Suelo Franco con 45, 32 y 23% de arena, limo y arcilla, respectivamente. Mientras que el suelo de alta fertilidad tenía: 8,06 de pH; 3,7; 0,16 y 10% de materia orgánica, nitrógeno y carbonato de calcio, respectivamente; 9,4 y 708 ppm de P y K, respectivamente; 24,7; 1,92; 1,52; 0,18 y 28,32 meq/100g de Ca²⁺, Mg²⁺, K⁺, Na⁺ y CIC, respectivamente; Suelo Franco Arcilloso con 39, 30 y 31% de arena, limo y arcilla, respectivamente. Se utilizó 14,82 y 3,93 sacos de guano de Isla/hectárea para el suelo degradado y de alta fertilidad respectivamente.

El cultivo de Quinua (*Chenopodium quinoa* Willd), variedad INIA 443 y Hualhuas, se realizó, bajo condiciones de suelo de alta fertilidad natural y suelo en proceso de degradación, en las mismas condiciones de producción local en cuanto a la época de siembra y labores culturales, el manejo agronómico se efectuó con la guía de manejo del cultivo de quinua del Instituto de Nacional de Investigación Agraria (INIA, 2012).

El diseño experimental utilizado fue de bloques completamente al azar, se evaluó seis tratamientos, con tres repeticiones; es decir, los mismos tratamientos y sus repeticiones se aplicaron para suelo en proceso de degradación y suelos de alta fertilidad natural. Los tratamientos fueron: T1 (INIA 433) y T2 (Hualhuas) sin aplicación de guano de isla, T3 (INIA 433) y T4 (Hualhuas) con aplicación de guano de isla al aporque, T5 (INIA 433) y T6 (Hualhuas) con aplicación de guano de isla a la siembra y al aporque. La unidad experimental estuvo conformada por siete surcos de cinco metros de largo, con 0,80 m de separación entre surcos, el área de la parcela neta evaluada fue de 28 m². La densidad de siembra fue en base a una hectárea (12 kg*ha⁻¹). Se utilizó como fuente de abonamiento el guano de isla (211 kg*ha⁻¹) y la dosis de N-P₂O₅-K₂O aplicado al cultivo fue de 211 – 211 - 42 kilos por hectárea para suelo en proceso de degradación y 200 – 200 – 40 kilos por hectárea para suelo de alta fertilidad

natural, la riqueza del guano de isla de $N-P_2O_5-K_2O$ se consideró 10 – 10 – 2 respectivamente. Para determinar el efecto de los tratamientos en el cultivo de quinua se evaluaron a la cosecha (180 días después de la siembra) las siguientes variables: altura de la planta (AP), se midió con una wincha, desde el cuello de la raíz hasta el ápice de la panoja principal; longitud de panoja (LP), desde la base hasta el ápice de la panoja principal; diámetro de panoja (DP), diámetro de tallo (DT) y diámetro de grano (DG). Para registrar el peso de mil granos (PMG) y granos por planta (PGP), no se consideró el perigonio, se empleó una balanza electrónica de 7 000 g x 1g. El rendimiento (RG), fue obtenido al pesar los granos cosechados, se llevó a $kg \cdot ha^{-1}$, asimismo se evaluó fertilidad del suelo en función del rendimiento. Los resultados obtenidos fueron sometidos al Análisis de Varianza para la comparación de medias y para las pruebas de comparación múltiple se utilizó la prueba de Tukey, ambas con un nivel de significancia del 5%. Los datos obtenidos del estudio fueron procesados mediante el software estadístico InfoStat.

3. Resultados y discusión

En la [Tabla 1](#) se presenta el análisis de varianza combinado para los tratamientos en suelo fértil y suelo degradado. En las variables altura de planta, longitud de panoja, diámetro de grano, peso de mil granos y peso de granos por planta, se encontraron diferencias altamente significativas ($p \leq 0,01$) para la interacción (suelo*tratamiento). Los resultados obtenidos indican cambios en el comportamiento de los tratamientos en suelo fértil y suelo degradado, se puede atribuir al efecto del uso de guano de islas, a la variación de las condiciones ambientales del suelo ([González et al., 2017](#)) y a la heterogeneidad del contenido de nutrientes presentes en el suelo al momento del establecimiento de los tratamientos ([Pérez et al., 2008](#)). La disponibilidad de nutrientes después de su aplicación está sujeta a las condiciones climáticas del suelo. La temperatura, influye en la disponibilidad, absorción y la asimilación de los nutrientes por la planta mientras la aireación y el movimiento del agua en el suelo, son afectados directamente por la estructura del suelo. Siendo el agua el principal componente que afecta la estructura del suelo por su solución, precipitación de minerales y su efecto en el crecimiento de las plantas como en llenado del grano de quinua ([Jensen et al., 2000](#)). La incorporación de material orgánico al suelo, mejora las condiciones físicas, químicas y biológicas del suelo ([Arrieché y Ruiz,](#)

2014). El guano de las islas aporta materia orgánica, que es utilizada como sustrato alimenticio de hongos y bacterias benéficas, es portador de flora microbiana benéfica que transforma las sustancias complejas a simples y con el proceso bioquímico de mineralización de la materia orgánica los productos orgánicos se transforman a productos inorgánicos, que es la forma disponible para las plantas los nutrientes ([MINAGRI, 2018](#)).

No se observaron diferencias significativas ($p \leq 0,01$), en la [Tabla 1](#), para la interacción (suelo*tratamiento) en las variables rendimiento de grano y diámetro de panoja, ambos factores fueron independientes de los tratamientos y no son influenciados por el suelo fértil y suelo degradado. Sin embargo, [Guerrero et al. \(2018\)](#) indican que el rendimiento tiene relación con la fertilidad del suelo, las heladas, la época de siembra, la variedad sembrada, el abono utilizado, el control de plagas y enfermedades. [Orsag et al. \(2013\)](#) al evaluar la dinámica de la fertilidad de los suelos concluyen que los suelos del Altiplano Sur son de baja fertilidad natural y son susceptibles a la erosión eólica, principalmente si quedan descubiertos. [Puertas et al. \(2008\)](#), para lograr una producción sostenible del cultivo, recomiendan manejar la fertilidad del suelo con ayuda de diferentes prácticas agronómicas, mecánicas y biológicas combinadas que permitan mantener y mejorar la fertilidad del suelo, para contrarrestar los procesos de erosión, favorecer la presencia de poblaciones de organismos benéficos y controlar el surgimiento de vegetación espontánea.

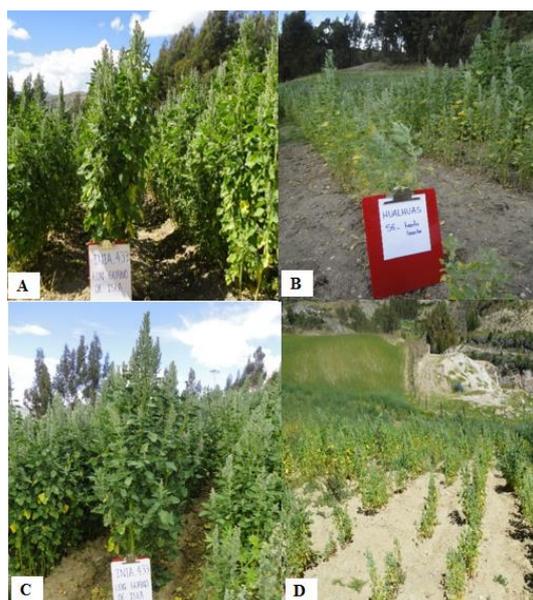


Figura 1. Suelo de alta fertilidad con guano de isla (A) sin Guano de Isla (B) y Suelo degradado con guano de isla (C), sin guano de isla (D).

Tabla 1

Análisis de varianza combinado para los tratamientos en suelo fértil y suelo degradado

F de V	GL	Cuadrados Medios													
		AP (cm)	LP (cm)	DP (cm)	DG (mm)	PMG (g)	PGP (g/pl)	RG (kg/ha)							
Suelo	1	57,32	ns	550,10	**	0,11	ns	0,018	**	0,082	*	11,20	ns	4444,40	ns
Blok*Suelo	4	366,73	**	160,27	**	9,31	**	0,018	**	0,340	**	86,81	**	482370,00	**
Tratamiento	5	6287,91	**	1364,91	**	48,36	**	0,039	**	0,389	**	1817,93	**	11092945,60	**
Suelo*Trat.	5	297,11	**	128,37	**	1,39	ns	0,016	**	0,141	**	57,52	**	86795,60	ns
Error	20	18,95		12,63		0,67		0,001		0,015		8,62		45004,30	
Total Corr.	35														
Promedio		117,27		40,90		7,47		2,07		2,23		26,41		2388,69	
CV (%)		3,71		8,69		10,99		1,52		5,50		11,12		8,88	
R ² Corregido		0,99		0,97		0,96		0,92		0,88		0,97		0,99	

* = $p \leq 0,05$; ** $p \leq 0,01$; ns = no significativo; AP = altura de planta; LP = longitud de panoja; DP = diámetro de panoja; DG = diámetro de grano; PMG = peso de mil granos; PGP = peso de granos por planta; RG = rendimiento de grano. CV = coeficiente de variación.

Tabla 2

Promedio de las variables altura de planta (AP), longitud de panoja (LP), diámetro de panoja (DP), diámetro de tallo (DT), diámetro de grano (DG), peso de mil granos (PMG) y rendimiento de grano (R)

Parcela de suelo fértil											
Variedad	Aplicación guano de isla	Suelo	T	AP (cm)	LP (cm)	DP (cm)	DT (cm)	DG (mm)	PMG (g)	RG (kg*ha ⁻¹)	
INIA 433	Sin aplicación	Fértil	T1	78,36	18,34	3,84	5,62	2,03	1,57	973,81	
HUALHUAS	Sin aplicación	Fértil	T2	84,76	27,97	4,31	6,57	2,03	1,99	709,52	
INIA 433	En el aporque	Fértil	T3	126,84	47,79	8,16	11,08	2,16	2,07	2609,52	
HUALHUAS	En el aporque	Fértil	T4	127,15	52,58	8,10	10,30	2,13	2,46	2808,33	
INIA 433	En la siembra y aporque	Fértil	T5	143,28	56,78	8,89	12,09	2,12	2,28	3772,62	
HUALHUAS	En la siembra y aporque	Fértil	T6	150,83	65,38	11,83	13,33	2,12	2,71	3391,67	
Parcela de suelo degradado											
INIA 433	Sin aplicación	Degradado	T1	90,85	27,18	4,84	6,32	1,91	2,16	766,67	
HUALHUAS	Sin aplicación	Degradado	T2	61,43	19,03	3,70	3,74	1,96	2,06	547,62	
INIA 433	En el aporque	Degradado	T3	118,68	37,18	7,45	9,19	1,98	2,28	2585,71	
HUALHUAS	En el aporque	Degradado	T4	118,73	34,73	7,81	8,70	2,13	2,39	2909,52	
INIA 433	En la siembra y aporque	Degradado	T5	157,00	51,90	10,05	13,22	2,09	2,39	4232,14	
HUALHUAS	En la siembra y aporque	Degradado	T6	149,39	51,91	10,64	12,53	2,24	2,37	3357,14	
HUALHUAS	En la siembra y aporque	Degradado	T6	149,39	51,91	10,64	12,53	2,24	2,37	3357,14	

La prueba de significación de los promedios según Tukey ($p \leq 0,05$), mostró que, en suelo fértil y suelo degradado, hubo una respuesta similar del rendimiento de grano ante la aplicación de guano de islas (Figura 1 A-D) en diferentes momentos del cultivo (Figura 2). Delatorre et al. (2008) concluye que la fertilidad de los suelos del Altiplano es muy pobre, no contienen la cantidad de nutrientes necesarios para garantizar un buen rendimiento del cultivo. Además, conforme a Delatorre-Herrera et al. (2013), la baja fertilidad de los suelos del Altiplano y la poca seguridad de riego limitan la producción de quinua; por ello, se debe corregir la baja fertilidad del suelo con la aplicación de materia orgánica, fertilizantes nitrogenados y fosfatados para incrementar el rendimiento del cultivo en suelos pobres. En ese sentido Risi et al. (2015) evaluando el rendimiento del cultivo de quinua en repuesta a la aplicación de cinco abonos orgánicos (estiércol de vacuno, ovino, alpaca; cuy, humus de lombriz y un testigo

absoluto) y un testigo obtuvieron mayor rendimiento en los cultivos que fueron abonados.

La Tabla 2 muestra el promedio de cada variable evaluada (altura de planta, longitud de panoja, diámetro de panoja, diámetro de tallo, diámetro de grano, peso de mil granos y rendimiento de grano) y en la Figura 3 se presenta el análisis de regresión y correlación entre la altura de planta, longitud de panoja, diámetro de panoja, diámetro de grano, peso de mil granos y peso de granos por planta, que tuvieron una asociación clara y concisa ($p \leq 0,01$), con el rendimiento de grano en suelo fértil y suelo degradado. Los resultados obtenidos se pueden deber al uso de Guano de islas, abono natural de calidad, con nutrientes de fácil asimilación; existen diferentes calidades de guano: 12-11-02; 1,5-15-1,5; 10 - 10 - 2 y 9-11-02 N-P-K de guano rico, guano fosfatado, guano de islas común, respectivamente (Pando y Agilar, 2016).

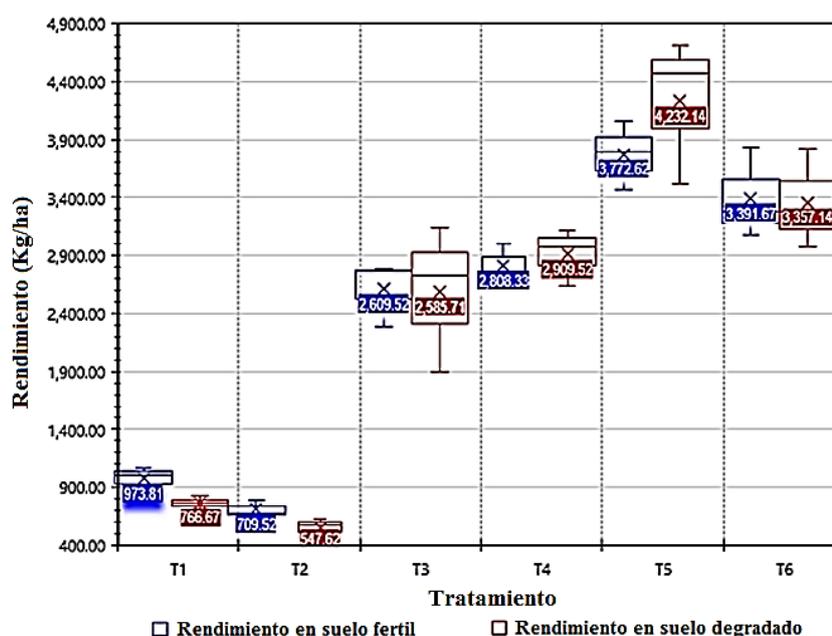


Figura 2. Rendimiento de grano en suelo fértil y degradado

En relación a la altura de planta, [Marca et al. \(2015\)](#) reportaron valores entre 126 a 165 cm de altura de planta en las variedades mejoradas (Salcedo, Kancolla, Blanca de Juli, Illpa INIA, Blanca de Junín, Negra Collana, Ecotipo Chullpi Blanco, Ecotipo Chocloito y Ecotipo Qoitu). [Inguilán y Pantoja \(2007\)](#) obtuvieron valores de entre 107,17 y 170,85 cm de altura en la quinua dulce en Córdoba (Argentina). [Gutiérrez y Roque \(2018\)](#) indican 1,71m de altura para las variedades INIA-433 Santa Ana y Amarilla Sakaka. En tanto [Chura et al. \(2019\)](#) determinaron que el cruce Pasankalla × Kancolla (93,39 cm) presentó la altura más alta, seguido de Salcedo INIA × Pandela Rosada (88,88 cm) y la altura más baja fue obtenida por la cruz Negra Collana × Kancolla (69,50 cm). La diferencia en los resultados se debe a la variedad de quinua ([Ramírez et al., 2016](#)) y al efecto del abono orgánico, al obtener resultados superiores al testigo. [Huamán et al. \(2017\)](#) reportaron mayor altura de planta (75,78 cm), longitud de panoja (40,11 cm) y rendimiento (3,01 t/ha) en comparación con el testigo (sin aplicación de abono orgánico y biol). [Mullo \(2011\)](#) obtuvo plantas de 148,5 cm de altura (con un testigo de 140,6 cm). Los mayores rendimientos de grano $4\,232\text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ (suelo degradado) y $3\,357\text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ (duelo fértil) fueron obtenidos en la variedad INIA 433 cuando la dosis de fertilización se fraccionó en 75% a la siembra y 25% al aporque ([Figura 2](#)), mientras que el menor rendimiento fue obtenido en el tratamiento T2 con $547,62\text{ kg/ha}$ (en suelo degradado) y $709,52\text{ kg/ha}$ (en suelo fértil). La fertilización tuvo un impacto positivo en el crecimiento y el

rendimiento ([Papastylianou et al., 2014](#)), siendo influenciado por la aplicación de las diferentes dosis nitrógeno ([Caballero et al., 2015](#)), fósforo y potasio ([Barrera et al., 2007](#)). Asimismo, varios investigadores reportaron que la altura de la planta de quinua aumenta con el aumento del nivel de nitrógeno, ello se debe principalmente al papel del nitrógeno en la actividad metabólica que contribuye al aumento en la cantidad de metabolitos y consecuentemente conducen al alargamiento de los entrenudos y aumenta la altura de la planta por la creciente tasa de nitrógeno ([Jacobsen et al., 1994](#); [Erley et al., 2005](#)). En concordancia con [Tilahun et al. \(2008\)](#) realizar dos aplicaciones de nitrógeno en siembra y macollamiento, en el cultivo de trigo, incrementa el rendimiento productivo. Mientras que, [Nel y Dijkhuis \(1990\)](#) concluyen que la aplicación temprana de nitrógeno (siembra y seis hojas), crea un mayor potencial de rendimiento que el nitrógeno fraccionado en cuatro etapas (siembra, embuche, espigamiento y anthesis). [Zafar y Muhammad \(2007\)](#), reportaron que la sincronización entre la aplicación de nitrógeno y la demanda del nutriente por el cultivo, especialmente en áreas con altas precipitaciones dónde la lixiviación de nitratos es común, mejoró el rendimiento de grano. Estas diferencias pueden explicarse por la respuesta al manejo del nitrógeno, determinado principalmente por la dosis de aplicación, momento de aplicación, fuente y forma de aplicación, además de las condiciones del suelo, clima y manejo del riego ([Zebarth y Rosen, 2007](#)).

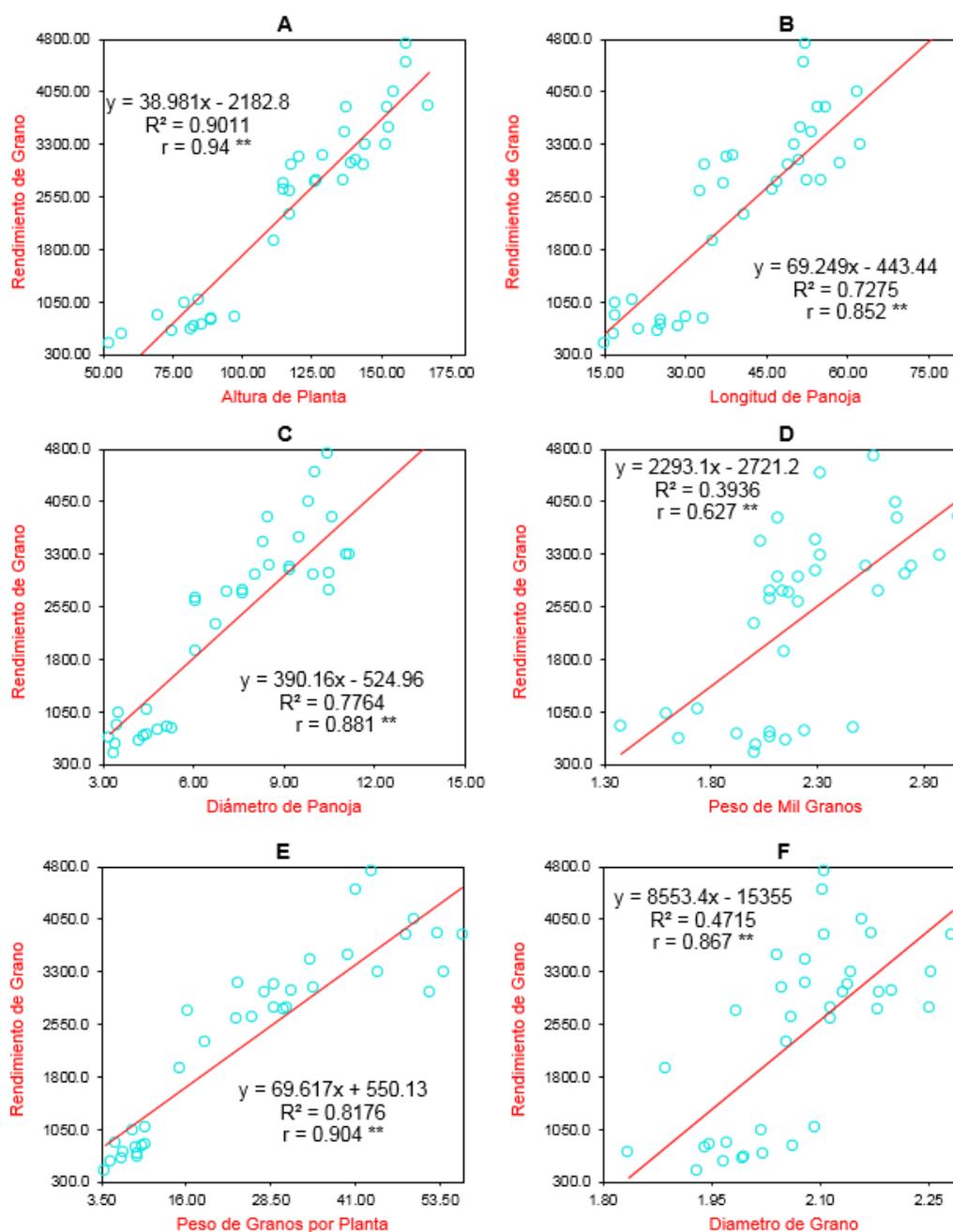


Figura 3. Relaciones entre rendimiento de grano y altura de planta (A) y longitud de panoja (B) y diámetro de panoja (C) y peso de mil granos (D) y peso de granos por planta (E) y diámetro de grano (F) para suelo de alta fertilidad natural y suelo degradado ($p \leq 0,01$)

El menor rendimiento del T5 en suelo fértil en comparación con el suelo degradado (Tabla 1) se pudo deber al efecto depresivo de los niveles altos de nutrientes (Mendoza et al., 2016) o porque la aplicación de elevadas dosis de fertilizantes nitrogenados se refleja en plantas grandes y vigorosas, más no necesariamente es reflejada en una alta productividad y calidad de semilla (García et al. 2017). El exceso de fertilización altera el desarrollo de la planta disminuyendo su longitud en 42,75 cm (Basantes, 2015). El mayor

incremento de nitrógeno en el suelo, vuelve el pH del suelo más ácido afectando el desarrollo vegetativo de la planta. Los resultados obtenidos no concuerdan con el reporte de Borda (2013) sobre la mejor dosis de guano de isla (1 250 kg/ha) para obtener el mayor rendimiento productivo (2 067 kg/ha en la variedad CV.'Pasankalla'). Mientras que, los resultados obtenidos en el T1 (766,62 kg/ha en suelo degradado y 973,81 kg/ha en suelo fértil) son inferiores al rendimiento reportado por Salazar (2018), para la variedad

INIA – 431 (1 036 kg/ha), contrario al rendimiento obtenido en los tratamientos T3, T4, T5 y T6 en suelo degradado y suelo fértil; la diferencia se puede deber al lugar de la ejecución del experimento y al tipo de fertilización utilizado. [Huahuachampi \(2015\)](#) y [Huamán et al. \(2017\)](#) concluyeron que el uso de abono orgánico en el cultivo de quinua incrementa su rendimiento. [CARE \(2018\)](#) reportó que el uso del guano de islas triplica el rendimiento del cultivo de quinua a diferencia de las parcelas que no son abonadas, llegando a un rendimiento de 3 931 y 3 556 kg/ha para la variedad Blanca Junín y Pasankalla respectivamente.

4. Conclusiones

Con los resultados obtenidos en el presente estudio y bajo las condiciones planteadas, se concluye que, la altura de planta, longitud de panoja, diámetro de grano, peso de mil granos y peso de granos por planta es influenciada de manera positiva por la aplicación de guano de isla (2110 kg*ha⁻¹), 75% a la siembra y 25% al aporque (etapa de ramificación) independiente del tipo de suelo (degradado o fértil). A pesar de no haber efecto significativo para las variables rendimiento de grano y diámetro de panoja para la interacción suelo tratamiento, la variedad INIA 433 presentó el mayor rendimiento de grano (kg*ha⁻¹) en comparación a la variedad Hualhuas. Se recomienda realizar estudios considerando diferentes dosis de guano de isla y bajo diferentes condiciones edafoclimáticas de la sierra.

Agradecimientos

Esta investigación fue financiada a través de los Fondos Consursables del Programa Nacional de Innovación Agraria y el Banco Interamericano de Desarrollo, con el proyecto 118_PI "Análisis del Metagenoma Bacteriano de la Rizósfera de Quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) Bajo Condiciones de Suelo de Alta Fertilidad Natural y Suelo Degradado, en Comunidades Campesinas del Distrito de Huando, Huancavelica, Perú".

ORCID

R.C. Cosme  <https://orcid.org/0000-0002-5774-9325>

A.F. Reynoso  <https://orcid.org/0000-0003-3343-2371>

S. Sanabria  <https://orcid.org/0000-0001-5329-1778>

Referencias bibliográficas

Álvarez-Solis, D.; Gómez-Velasco, D.; León-Martínez, S.; Gutiérrez-Miceli, A. 2010. Manejo integrado de fertilizantes y abonos orgánicos en el cultivo de maíz. *Revista Agrociencia* 44: 575-586.

Arieche, I.; Ruiz, M. 2014. Efecto de la fertilización orgánica con NPK sobre la materia orgánica y el rendimiento del maíz en suelos degradados. *Revista Observador del conocimiento* 2(1): 203-212.

Barrera, L.; Avia, L.; Ñustez, E. 2007. Efecto del nivel de fósforo y potasio sobre el rendimiento de papa criolla en el departamento de Nariño. *Revista latinoamericana de papa* 14(1): 51-60.

Basantes, E. 2015. Empleo de técnicas isotópicas en investigación agrícola, absorción y recuperación de fertilizantes en cultivos. *Revista Ciencia* 17(1): 137-145.

Bazile, D.; Pulvento, C.; Verniau, A.; Al-Nusairi, M.S.; Ba, D.; Breidy, J.; Hassan, L.; Mohammed, M.I.; Mambetov, O.; Otambekova, M.; Sepahvand, N.A.; Shams, A.; Souici, D.; Miri, K.; Padulosi, S. 2016. Worldwide evaluation of quinoa: preliminary results from post international year of quinoa FAO project in nine countries. *Frontier Plants Science* 7: 1-18.

Borda, M. 2013. Producción de quinua orgánica (*Chenopodium quinoa* Willd) cv. 'Pasankalla' para exportación con diferentes dosis de guano de isla combinado con biol, en valle Interandino. Tesis Ingeniero Agrónomo, Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, Arequipa, Perú. 97 pp.

Caballero, A.; Maceda, W.; Miranda, R.; Bosque, H. 2015. Rendimiento y contenido de proteína de la quinua (*Chenopodium quinoa* Willd), en cinco fases fenológicas, bajo cuatro niveles de incorporación de estiércol. *Revista de Investigación e Innovación Agropecuaria y de Recursos Naturales* 2(1): 67-75.

Campillo, R.R.; Jobet, F.C.; Undurraga, D.P. 2007. Optimización de la fertilización nitrogenada para trigo de alto potencial de rendimiento en andisoles de la región de la araucanía, Chile. *Chile. Agric. Téc.* 67(3): 281-291.

CARE. 2018. Manual de Nutrición y Fertilización de la Quinua. Disponible en: <http://www.care.org.pe/wp-content/uploads/2015/06/Manual-de-Fertilizacion-de-LaQuinua.pdf>.

Chura, E.; Mujica, A.; Haussmann, Smith, K.; Flores, S.; Flores, A.L. 2019. Caracterización agronómica de la progenie de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) De cruces simples 5 autofertilizados cercanos y distantes. *Revista Ciencia e Investigación Agraria* 46(2): 154-165.

Conde, K.; Huaycho, H.; Cruz, D. 2017. Aplicación de solución de humus de lombriz en dos variedades de Quinua (*Chenopodium Quinoa* Willd.), en la estación experimental de Patacamaya-La Paz. *Revista de Investigación e Innovación Agropecuaria y de Recursos Naturales* 4(1): 74-81.

Delatorre, J.; Sánchez, M.; Challapa, E. 2008. Manejo cultural de la quinua. E cultivo de la quinua. *Revista de Agricultura del Desierto* (4): 23-31.

Delatorre-Herrera, J.; Sánchez, M.; Delfino, I.; Oliva, M.I. 2013. La quinua (*Chenopodium quinoa* Willd), un tesoro andino para el mundo. *Revista IDESA* 31(2): 111-114.

Erlay G.S., Kaul H.P., Kruse M., Aufhammer W. 2005. Yield and nitrogen utilization efficiency of the pseudocereals amaranth, quinoa, and buckwheat under differing nitrogen fertilization. *Europ. J. Agronomy* 22: 95-100.

Eghball, B.; Ginting, D.; Gilley, J.E. 2004. Efectos residuales de las aplicaciones de estiércol y compost en la producción de maíz y las propiedades del suelo. *Agron. J.* 96: 442-447.

Flores, A. 2015. Barbecho tradicional y resiliencia de los suelos arenosos. *Revista Leisa* 31(31): 22-25.

García, M.; García, M.; Melo, J.; Oyola, D. 2017. Respuesta agronómica de la quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) variedad dulce de Soracá a la fertilización en Ventaquemada-Boyacá. *Revista Cultura científica* 15: 66-77.

García-Parra, J.; García-Molano, F.; Carvajal-Rodríguez, D. 2018. Evaluación del efecto de la fertilización química y orgánica en la composición bromatológica de semillas de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) en Boyacá-Colombia. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental* 9(2): 99-107.

Golicz, A.A.; Steinfert, U.; Arya, H.; Bhalla, P. 2019. Analysis of the quinoa genome reveals conservation and divergence of the flowering pathways. *Journal Funct Integr Genomics* 20: 1-14.

González, J.; Buedo, S.; Bruno, M.; Prado, F. 2017. Quantifying cardinal temperatures in quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd) cultivars. *Lilloa* 54(2): 179-194.

Guerrero, P.; Hurtado-Salazar, A.; Ceballos-Aguirre, N. 2018. Estudio técnico y económico de cuatro variedades de quinua en la

- Región Andina Central Colombiana. Revista Luna Azul 46: 167-180.
- Gutiérrez, F.; Roque, D. 2018. Adaptación y rendimiento de ocho variedades de quinua (*Chenopodium quinoa* W.) en condiciones de Yanahuasca-Pasco. Tesis de Ingeniero Agrónomo, Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión, Yanahuasca, Pasco. 114 pp.
- Graf, B.; Rojo, L.; Delatorre, J.; Poulev, A.; Calfio, C.; Raskin, I. 2015. Fitoecdisteroides y glucósidos flavonoides entre las fuentes chilenas y comerciales de *Chenopodium quinoa*: variación y correlación con las características fisicoquímicas. Revista de la Ciencia de la Alimentación y la Agricultura 96(2): 633-643.
- Huamán, E.; Vásquez, E.; Salas, R.; Gheraldinne, L. 2017. Efecto de los abonos orgánicos y dosis de un biofertilizante en el rendimiento de quinua (*Chenopodium quinoa*), en Chachapoyas, Amazonas. Revista de investigación agroproducción sustentable 1(1): 63-69.
- Huahuachampi, Y. 2015. Dos niveles de guano de isla en el rendimiento de tres variedades de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.), bajo manejo orgánico en el distrito de Chiguata, región Arequipa. Tesis de Ingeniero Agrónomo. Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, Arequipa, Perú. 118 pp.
- Inguilán, J.; Pantoja, C. 2007. Evaluación y selección de 16 selecciones promisorias de quinua dulce (*Chenopodium quinoa* Willd.) en el municipio de Córdoba, departamento de Nariño. Tesis de Grado, Universidad de Nariño, Nariño, Colombia. 87pp.
- INIA-[Instituto de Nacional de Investigación Agraria]. 2012. Manejo del Cultivo de quinua. Disponible en: <http://repositorio.inia.gov.pe/bitstream/inia/190/1/HD-5-2012-Quinoa.pdf>
- Jacobsen, S.E.; Jorgensen, I.; Stolen, O. 1994. Cultivation of quinoa (*Chenopodium quinoa*) under temperate climatic conditions in Denmark. J Agric Sci 122: 47-52.
- Jensen, C.R.; Jacobsen, S.E.; Andersen, M.N.; Núñez, N.; Andersen, S.D.; Rasmussen, L.; Mogensen, V.O. 2000. Leaf exchange and water relations Characteristics of field quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) during soil drying. Eur. J. Agron 13: 11-25.
- López-Martínez, J.D.; Díaz-Estrada, A.; Martínez-Rubín, E.; Valdez-Cepeda, R. 2001. Abonos orgánicos y su efecto en propiedades físicas y químicas del suelo y rendimiento en maíz. Revista Terra Latinoamericana 19: 293-299.
- Marca, S.; Espinoza, P.; Poblete, A.; 2015. Multiplicación de Semilla de Variedades y Ecosistemas de Quinua en Valle de Majes-Arequipa. Revistas de Investigaciones Altoandinas 17(3):355-368.
- Mendoza, E.; Olivas, D.; Mejía, C.; García, J. 2016. Fertilización nitrogenada en el rendimiento de dos variedades de quinua. Revista Infinitum 6(1): 11-15.
- MINAGRI. 2018. Resolución directoral ejecutiva N° 124 -2018-MINAGRI-DVDIAR-AGRO RURAL-DE. Disponible en: <https://www.agrorural.gov.pe/wp-content/uploads/transparencia/documentos/rde/RDE-124-2018-AG-AGRORURAL-DE.PDF>
- Mullo, A. 2011. Respuesta del cultivo de quinua a tres tipos de abonos orgánicos con tres niveles de aplicación, bajo el sistema de labranza. Tesis de Grado. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Riobamba, Ecuador. 98 pp.
- Nel, A.A.; Dijkhuis, J. F. 1990. El efecto de la velocidad de siembra, el tiempo de aplicación de nitrógeno y la frecuencia de riego en el crecimiento del trigo, el rendimiento y el uso del agua en Sudáfrica. J. Planta de suelo 7(3): 163-166.
- Núñez, N. 2015. La quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) Alternativa de seguridad alimentaria para zonas desérticas. Revista Ciencia & Desarrollo 19: 19-24.
- Orsag, C.; León, L.; Pacosaca, O.; Castro, E. 2013. Evaluación de la fertilidad de los suelos para la producción sostenible de quinua. Revista Tinkazos, número 33: 89-112.
- Pando, L.; Aguilar, E. 2016. Guía de cultivo de la quinua. Disponible en <http://www.fao.org/3/a-i5374s.pdf>.
- Papastylianou, P.; Kakabouki, I.; Tsiplakou, E.; Travlos, I.; Bilalis, D.; Hela, D.; Chachalis, D.; Anogiatis, G.; Zervas, G. 2014. Effect of Fertilization on Yield and Quality of Biomass of Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) and Green Amaranth (*Amaranthus retrofractus* L.). Bulletin UASVM Horticulture 71(2): 288-292.
- Pérez, A., Céspedes, C.; Núñez, P. 2008. Caracterización físico-química y biológica de enmiendas orgánicas aplicadas en la producción de cultivos en República Dominicana. J. Soil Sc. Plant Nutr. 8(4): 10-29.
- Puertas, F.; Arévalo, E.; Zúñiga, L.; Alegre, J.; Loli, O.; Soplin, H.; Baligar, V. 2008. Establecimiento de cultivos de cobertura y extracción total de nutrientes en un suelo de trópico húmedo en la Amazonía peruana. Ecología Aplicada 7(1,2): 23-28.
- Ramírez, C.; Romero, G.; Gómez, J. 2016. Respuesta morfoagronómica y calidad en proteína de tres accesiones de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) en la sabana norte de Bogotá. Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica 19(2): 325-332.
- Risi, J.; Rojas, W.; Pacheco, M. 2015. Producción y mercado de la quinua en Bolivia. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura - IICA. La Paz, Bolivia. 308 pp.
- Ruiz, K.B.; Biondi, S.; Martínez, E.A.; Orsini, F.; Antognoni, F.; Jacobsen, S.E. 2016. Quinoa: un modelo de cultivo para comprender los mecanismos de tolerancia a la sal en halófitas. Plant Biosystems 150: 357-371.
- Salazar, T. 2018. Caracterización agromorfológica de 10 variedades de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) y su relación con el rendimiento, bajo condiciones de campo en la costa central. Título Profesional de Ingeniero Agroforestal, Universidad Científica del Sur, Lima, Perú. 107 pp.
- Sikora, L.J.; Enkiri, N.K. 2001. Absorción de fertilizante nitrogenado en suelos modificados con compost. Planta y suelo 235: 65-73.
- Tilahun, G.; Feyissa, T.; Kedir, N.; Genene, G.; Habtamu, S.; Ashinie, B. y Abdo. W. 2008. Recomendaciones de prácticas de gestión de la producción. En: Kedir, N.; Tilahun, G.; Allo, A. (Eds.). Quince años de logros. Instituto de Investigación Agrícola de Oromia, Centro de Investigación Agrícola de Sinana, Bale Robe, Etiopía. 259: 39-46.
- Vidueiros, M.; Curti, R.N.; Dyner, L.M.; Binaghi, M.J.; Peterson, J.; Bertero, H.D.; Pallaro, N. 2015. Diversity and interrelationships in nutritional traits in cultivated quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) from Northwest Argentina. Journal of Cereal Science 62: 87-93.
- Zafar, J.; Muhammad, F. C. 2007. Efectos del suelo y la aplicación foliar de diferentes concentraciones de NPK y la aplicación foliar de (NH₄)₂SO₄ sobre los atributos de crecimiento y rendimiento en trigo (*Triticum aestivum* L.). Pak. J. Pl. Sci. 13(2): 119-128.
- Zebarth, B. J.; Rosen, C. J. 2007. Perspectiva de investigación sobre el desarrollo de BMP de nitrógeno para la papa. Amer. J. Potato Res. 84: 3-18.
- Zou, C.; Chen, A.; Xiao, L.; Muller, H.M.; Ache, P.; Haberer, G.; Zhang, H. 2017. Un ensamblaje genómico de quinua de alta calidad proporciona información sobre la base molecular de la tolerancia a la salinidad basada en la vejiga salina y el valor nutricional excepcional. Cell research 27(11): 1327-134.