

EXPORTACIÓN DE NITRÓGENO DE LA LECHUGA (*Lactuca sativa*) CON FERTILIZACIÓN NITROGENADA Y ESTRATEGIAS DE REPOSICIÓN DE AGUA

Nitrogen export of lettuce (*Lactuca sativa*) with nitrogen fertilization and water replenishment strategies

Raimundo Yldon Montaña García¹; Aquiles Arce Laura²

RESUMEN

La Asamblea General de las Naciones Unidas declaró al año 2014 como año internacional de la agricultura familiar, de la que forma parte la producción de hortalizas como la lechuga, el riego y la aplicación de nutrientes son factores que influyen en este cultivo, de los cuales aún no se determinó la exportación de nitrógeno. El objetivo del trabajo fue determinar la cantidad de exportación de nitrógeno de la lechuga cultivada con niveles de nitrógeno y estrategias de reposición de agua al suelo en el municipio Tiquipaya, departamento de Cochabamba. Se utilizó el diseño experimental de parcelas sub-subdivididas, los factores estudiados fueron: estrategias de reposición de agua al suelo (R1: reposición al 100% de DPM desde los 36 DDS hasta la cosecha, R2: reposición al 80% de DPM de los 36 hasta los 56 DDS, 100% de DPM de los 57 DDS hasta la cosecha, R3: reposición al 100% de DPM de 36 a 56 DDS, 80% de DPM de los 57 a 76 DDS y 100% de DPM de los 77 DDS hasta la cosecha y R4: reposición al 100% de DPM de 36 a 76 DDS y 80% de DPM de los 77 DDS hasta la cosecha), nitrógeno (0 y 100 kg ha⁻¹) y evaluaciones (36, 56, 76 y 90 DDS). Desde los 36 DDS hasta la cosecha, la evapotranspiración de cultivo fue 242.13 mm y la precipitación 36.50 mm; en el mismo periodo, con la estrategia R1, R2, R3 y R4 se aplicaron 174.33; 163.27; 162.94 y 161.93 mm de agua. Estadísticamente no hubo efecto de las estrategias de reposición de agua en los factores estudiados. Las aplicaciones de 0 y 100 kgN ha⁻¹ de 36 DDS hasta la cosecha, mostraron tendencia cúbica para exportación de nitrógeno; presentando mayor exportación de nitrógeno a los 90 DDS. La relación de exportación de nitrógeno con materia seca mostró tendencia lineal, al incrementar la materia seca incrementa la exportación de nitrógeno. Con la aplicación de 100 kgN ha⁻¹ hubo mayor rendimiento y exportación de nitrógeno.

Palabras clave: Exportación de nitrógeno, reposición de agua, déficit permitido de manejo, rendimiento.

ABSTRACT

The General Assembly of the United Nations declared 2014 as the international year of family farming, which is part of the production of vegetables such as lettuce, irrigation and the application of nutrients that influence this crop, of which the export of nitrogen was not determined. The objective of the work was to determine the amount of nitrogen export of the lettuce grown with nitrogen levels and strategies for replacing water in the soil in the Tiquipaya municipality, Cochabamba city. The experimental design of sub-subdivided plots was used, the factors studied were: water replacement strategies to the soil (R1: 100% replenishment of DPM from 36 DDS to harvest, R2: replenishment to 80% of DPM of the 36 up to 56 DDS, 100% DPM from 57 DDS to harvest, R3: 100% DPM replacement from 36 to 56 DDS, 80% DPM from 57 to 76 DDS and 100% from DPM of 77 DDS until harvest and R4: 100% replacement of DPM from 36 to 76 DDS and 80% of DPM of the 77 DDS until harvest), nitrogen (0 and 100 kg ha⁻¹) and evaluations (36, 56, 76 and 90 DDS). From the 36 DDS to the harvest, the crop evapotranspiration was 242.13 mm and the precipitation was 36.50 mm; in the same period, with strategy R1, R2, R3 and R4 174.33 were applied; 163.27; 162.94 and 161.93 mm of water. Statistically there was no effect of water replenishment strategies on the factors studied. Applications of 0 and 100 kgN ha⁻¹ of 36 DDS until harvest, the export trend for export of nitrogen; presenting the head of nitrogen export at 90 DDS. The export relationship of nitrogen with dry matter present commercial trend, increase dry matter by increasing the export of nitrogen. With the application of 100 kgN ha⁻¹ there was higher yield and export of nitrogen.

Keywords: Nitrogen export, water replenishment, management deficit, yield.

¹ Consultor en Agronomía y Proyectos, Bolivia. montanog1011@yahoo.es

² Consultor en Recursos Hídricos y Manejo de Cuencas, Bolivia.

INTRODUCCIÓN

La Asamblea General de las Naciones Unidas declaró al año 2014 como año internacional de la agricultura familiar, de la cual, forma parte la producción de hortalizas como la lechuga (*Lactuca sativa* L.). En Bolivia, durante el año agrícola 2014/2015, la lechuga fue la hortaliza de hoja más cultivada con una producción de 18980 t (INE, 2017). La producción de lechuga, es realizada por pequeños productores en condiciones de campo, ambiente protegido y a pequeña escala en hidroponía.

La lechuga es un alimento fresco e importante en la dieta de las personas, por ser fuente de minerales, compuestos antioxidantes (fenoles, vitaminas, carotenos y clorofilas), fibra y agua (Luna, 2012). El contenido nutricional de la variedad Crespa en 100 g de porción comestible presenta: 1.38 g de proteína, 81.1 µg de vitamina A, 11.0 mg de vitamina C, 42.6 mg de calcio, 34.0 mg de fósforo y 1.51 mg de hierro (INLASA, 2005).

La producción agrícola está en función del suelo, planta, clima y manejo (Bertsch, 1995). Entre los factores manejables está el riego y la aplicación de nutrientes; en los cuales, en el país se ha desarrollado trabajos de investigación en lechuga pero ninguno de ellos se determinó la exportación de nutrientes con respecto al manejo de agua. En los resultados de algunos trabajos se aprecia contenido de nitrógeno en tejido foliar (Gutiérrez, 1990); consumo de agua y rendimiento (Chipana y Serrano, 2007); rendimiento, número de hojas y altura planta (Valdez, 2008; Mamani, 2010).

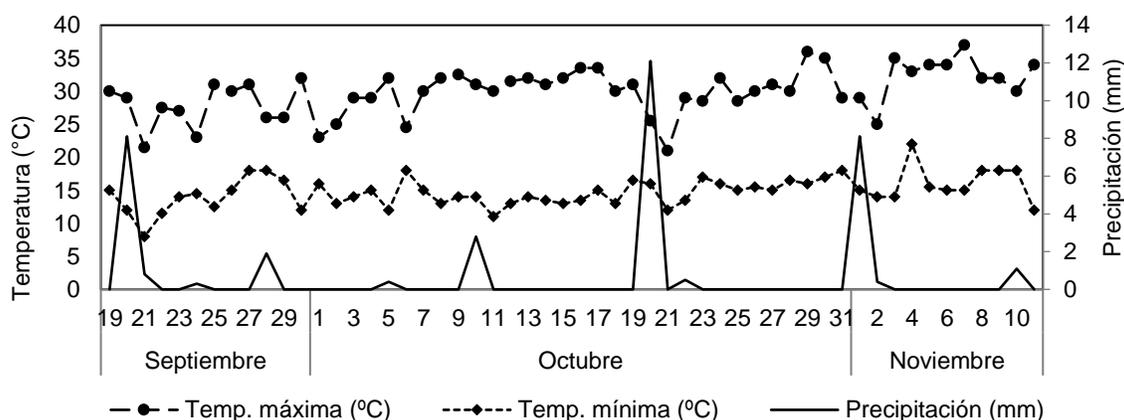
En los últimos años el efecto del cambio climático ha provocado alteraciones en el rendimiento agrícola por la presencia de eventos extremos como sequías, granizadas y heladas, entre otros, para seguir manteniendo los niveles de productividad afectados por la sequía es apremiante la búsqueda de alternativas de manejo más eficientes en el manejo del agua, como también, conocer su influencia en la exportación de nutrientes, como el nitrógeno, considerando que es requerido en cantidades elevadas por la lechuga.

En el manejo de la nutrición de la lechuga es importante conocer la cantidad de los nutrientes esenciales que se debe aplicar, para ello es necesario contar con un soporte sobre la disponibilidad de los mismos en el suelo, cuanto exporta el cultivo del suelo; lo cual sirve como insumo para la elaboración de recomendaciones de fertilización en condiciones de uso eficiente de agua. El objetivo de este trabajo fue determinar la cantidad de exportación de nitrógeno de la lechuga de la variedad Crespa cultivado bajo dos niveles de nitrógeno y cuatro estrategias de reposición de agua al suelo.

MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación de la zona de estudio

El trabajo se realizó del 19 de septiembre al 11 de noviembre del año 2014 en la localidad El Linde, municipio de Tiquipaya del departamento de Cochabamba, ubicado entre los paralelos 17° 21' 26" latitud sur y 66° 11' 29" de longitud oeste, a una altitud de 2585 m s.n.m. El clima de la región es templado (Plan de Desarrollo Integral de Tiquipaya, 2007-2011), la variación de la precipitación, temperatura máxima y mínima para el periodo de estudio se muestra en la Figura 1.



Fuente: Estación Meteorológica Sarco (SENAMHI, 2015).

Figura 1. Fluctuación de la precipitación, temperatura máxima y mínima desde el trasplante hasta la cosecha de lechuga.

Metodología

A una profundidad de 20 cm del suelo, las características físicas y químicas del suelo indican que la textura es franca, densidad aparente, 1.22 g cm⁻³, 22.2% de capacidad de campo, 12.15% de punto de marchitez permanente, pH de 7.3, conductividad eléctrica de 1.238 milimhos cm⁻¹, calcio, magnesio, sodio y potasio de 13.0, 5.5, 0.96 y 0.73 me 100g⁻¹ respectivamente, capacidad de intercambio catiónico de 16.4 me 100g⁻¹, 5.27% de materia orgánica, nitrógeno total de 0.224%, y fósforo de 11.3 ppm. Las características químicas del agua utilizada en la investigación fueron: pH de 6.5, conductividad eléctrica de 836.00 micromhos cm⁻¹, calcio, magnesio, sodio, potasio, carbonato (CO₃⁼), carbonato ácido (HCO₃⁼), cloruro (Cl⁻), sulfato (SO₄⁼), salinidad efectiva y salinidad potencial 4.50, 3.50, 2.00, 0.06, 0.00, 4.60, 3.50, 1.96, 5.46 y 4.48 me L⁻¹; relación de adsorción de sodio de 1.00, sodio soluble de 19.90%, índice de magnesio de 43.80%, sólidos disueltos y sólidos totales, 0.65 y 0.79 g L⁻¹.

En la investigación se utilizó lechuga de la variedad Crespa, la etapa de almacigo consistió en la siembra de la semilla en vasos individuales de un volumen de 90 cm³ con sustrato desinfectado con vapor de agua, el trasplante se realizó el 19 de septiembre de 2014 con plántulas entre tres a cuatro hojas. La preparación de suelo consistió en dos aradas con tractor agrícola y posteriormente de manera manual se extrajo raíces y rizomas de algunas malezas. El riego se realizó con agua de pozo y por planta según las estrategias de reposición de agua, la fertilización con nitrógeno fue con los niveles de 0 y 100 kg ha⁻¹ y fraccionados en dos oportunidades, el 50% a los 6 días después del trasplante y el saldo de 50% a los 24 días después del trasplante. La eliminación de malezas se realizó con el método mecánico usando la herramienta azadón, por única vez el 16 de octubre de 2014. En lo que respecta a insectos plaga, hubo presencia de pulgones (*Myzus sp*) que fueron controlados de manera natural por el predador posiblemente del genero *Hippodamia*.

El diseño experimental fue en parcelas sub-divididas con tres repeticiones, las parcelas principales fueron las estrategias de reposición de agua al suelo, las sub parcelas niveles de nitrógeno y las sub sub parcelas evaluaciones.

Las estrategias de reposición de agua fueron las siguientes:

R1: reposición de agua al 100% de déficit permitido de manejo (DPM) desde los 36 días después de la siembra (DDS) hasta la cosecha (90 DDS).

R2: reposición de agua al 80% de DPM de los 36 hasta los 56 DDS, 100% de DPM de los 57 DDS hasta la cosecha.

R3: reposición de agua al 100% de DPM de 36 a 56 DDS, 80% de DPM de los 57 a 76 DDS y 100% de DPM de los 77 DDS hasta la cosecha.

R4: reposición de agua al 100% de DPM de 36 a 76 DDS y 80% de DPM de los 77 DDS hasta la cosecha.

El déficit permitido de agua se halló a través de la Ecuación 1 (Serrano, s.f.).

$$DPM = ADT \cdot f \quad (1)$$

Dónde: ADT = agua disponible total (mm); f = Fracción o factor de agotamiento de agua del cultivo (%).

El ADT se calculó a través de la Ecuación 2:

$$ADT = (\theta_{cc} - \theta_{pmp}) \frac{\rho_{ap}}{\rho_w} Pr \quad (2)$$

Dónde: θ_{cc} = contenido gravimétrico de agua del suelo a capacidad de campo (%); θ_{pmp} = contenido gravimétrico de agua del suelo a punto de marchitez permanente (%); ρ_{ap} = densidad aparente (g cm⁻³); ρ_w = densidad de agua (g cm⁻³); Pr = profundidad radicular efectiva (cm)

La profundidad radicular en todos los tratamientos, inició con 9.12 cm, después del trasplante, se incrementó en 4.55 cm cada 10 días, llegando hasta los 31.89 cm al concluir el experimento. Se estudiaron dos niveles de nitrógeno: 0 kg ha⁻¹ de nitrógeno (N0) y 100 kg ha⁻¹ de nitrógeno (N100), utilizando como fuente de nitrógeno al fertilizante urea 46% N y se aplicó el 50% a los seis días después del trasplante y 50% a los 24 días después del trasplante.

La evaluación fue: i) a los 56 días después de la siembra (DDS), ii) 76 DDS y iii) 90 DDS. El monitoreo de humedad en el suelo fue cada cinco días, para ello en cada unidad experimental se tomó una muestra de 50 g de suelo, cuyo número de muestras fue en función de la profundidad del suelo y tiempo (Tabla 1), Las muestras se secaron por 24 horas a 105°C.

Tabla 1. Número de muestreos de suelo en función a profundidad de suelo y tiempo.

Tiempo (días)	Profundidad de suelo (cm)					
	9.12	13.67	18.23	22.78	27.34	31.89
0-10	4					
11-20		2				
21-30			2			
31-40				2		
41-50					2	
51-54						1

Las variables de respuesta fueron la exportación de nitrógeno y el rendimiento. Para la exportación de nitrógeno, se determinó la materia seca y contenido de nitrógeno en el Laboratorio de Suelos y Agua de la Facultad de Ciencias Agrícolas y Pecuarias de la Universidad Mayor de San Simón, para ello se muestreó en almaciguera 174 plántulas a los 36 DDS, luego 19, 5 y 4 plantas por unidad experimental a los 56, 76 y 90 DDS, posterior a su pesaje y debidamente embalados en bolsas plásticas de celofán con su respectiva identificación se enviaron al laboratorio mencionado. Las muestras se secaron a 65°C durante 48 horas, el contenido de nitrógeno se determinó por el método Kjeldahl, con los datos de contenido de nitrógeno y materia seca se calculó la exportación de

nitrógeno a los 36, 56, 76 y 90 DDS, para ello se adecuó la Ecuación 3, de Franco (2011):

$$NE = \frac{MS \cdot TN}{100} \quad (3)$$

Dónde: NE = nitrógeno exportado (g); MS = materia seca (g); TN = tenor de nitrógeno (%).

Para la evaluación del rendimiento (kg ha^{-1}) se muestrearon seis plantas por unidad experimental (Porto, 2006), luego se pesó en una balanza digital.

La evapotranspiración del cultivo (ET_c) es igual a la evapotranspiración de referencia (ET_o) multiplicada por coeficiente de cultivo (K_c) (Allen et al., 2006). La ET_o se determinó mediante la ecuación de FAO Penman-Monteith, se recurrió a información de las estaciones meteorológicas Sarco y La Violeta que fueron los más próximos al sitio del experimento. Los valores de K_c utilizados para la etapa de desarrollo del cultivo fue 0.85 y para mediados de cultivo fue 1.00 (Adaptado de Lima (2007) que cita a Marouelli et al. (1996) y Allen et al. (2006). Para la determinación del balance hídrico se utilizó la Ecuación 4, propuesta por Arce (2013).

$$S_{(i+1)} = P_{(i)} + S_{(i)} \left(1 - \frac{ET_{c(i)}}{ADT} \right) \text{ y } ETR_{(i)} = \frac{ET_{c(i)} * S_{(i)}}{ADT} \quad (4)$$

Dónde: $ETR_{(i)}$ = evapotranspiración real en condiciones no estándar en el periodo i (mm); $ET_{c(i)}$ = evapotranspiración de cultivo en el periodo i (mm); $S_{(i)}$ = contenido de humedad del suelo en el estado i (mm); $S_{(i+1)}$ = contenido de humedad del suelo en el estado $(i+1)$ (mm); $P_{(i)}$ = precipitación o riego en el periodo i (mm).

Los datos obtenidos fueron sometidos al análisis de varianza ($p \leq 0.05$). La comparación de medias de rendimiento y exportación de nitrógeno se realizó con la prueba de Tukey al 5%. Los efectos de evaluaciones y nitrógeno fueron evaluados mediante análisis de regresión y las Figuras fueron realizadas en las planillas de cálculo del Excel 2007.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En condiciones de campo, entre los 36 DDS hasta la cosecha a los 90 DDS, la ET_c fue 242.13 mm y la precipitación de 36.50 mm. La ET_c osciló entre 2.44 a 6.32 mm (Figura 2), al respecto Allen et al. (2006) señalan que los factores influyentes en la evapotranspiración son el clima, características del cultivo, manejo y el medio de desarrollo. Hubo 11 días con lluvia y solo tres de ellas fueron por encima de la ET_c , lo que significa que aproximadamente 45 días requirió riego el cultivo de lechuga con respecto a los 54 días, periodo correspondiente desde el trasplante hasta la cosecha.

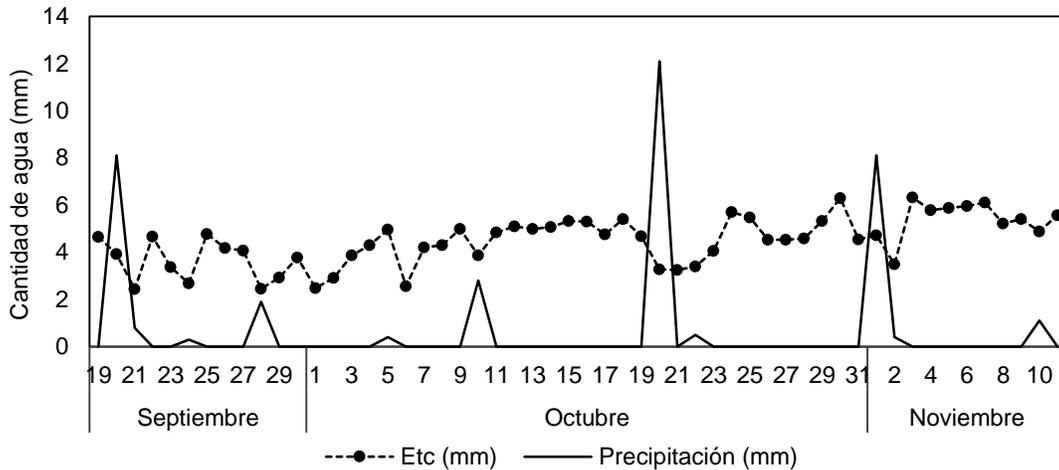


Figura 2. Fluctuación de la ETc y precipitación desde el trasplante hasta la cosecha de lechuga.

La aplicación de estrategias de reposición de agua al suelo influyó en la ETR, donde R1 presentó mayor ETR (176.43 mm) en comparación a R2 (168.56 mm), R3 (169.70 mm) y R4 (169.61 mm) (Figura 3). La mayor ETR con R1 se debe posiblemente a la mayor aplicación de agua a la planta con dicha estrategia. Asimismo se aprecia diferencia muy notoria entre la ETR y la precipitación, lo cual justifica la reposición de agua al suelo en el periodo en la que se realizó la investigación.

reposición de agua al suelo del 80% del déficit de manejo permitido en tanto que para R1 fue del 100% del déficit de manejo permitido. La cantidad de agua aplicada más el aporte por la precipitación en las cuatro estrategias de reposición de agua se encuentran próximos al tratamiento con mayor lámina de riego (139.7 mm) más el aporte de la precipitación (63.4 mm) en un estudio de riego deficitario realizado en condiciones de campo en el cultivar Bohemia por Kuslu et al. (2008).

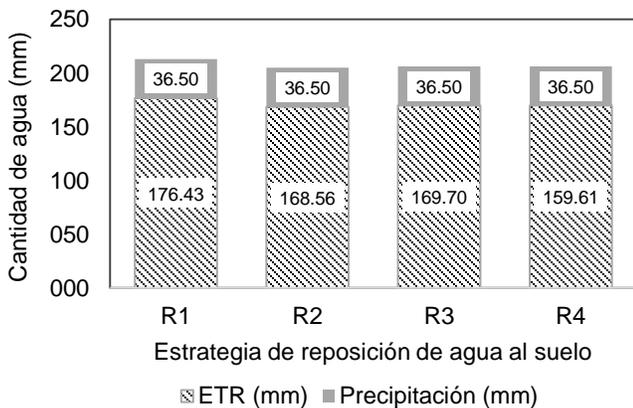


Figura 3. Balance entre evapotranspiración real y precipitación a la cosecha del cultivo de lechuga.

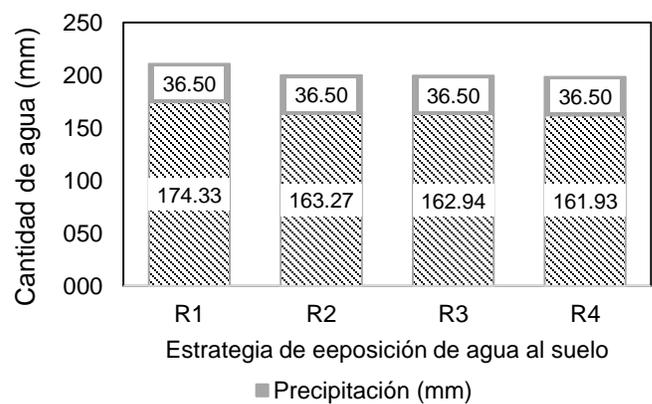


Figura 4. Cantidad de agua aplicada y precipitación para el periodo de trasplante a cosecha.

La aplicación de estrategias de reposición de agua al suelo presentó diferencias, el volumen de agua más alto correspondió a R1 (174.33 mm) con incrementos de 6.32, 6.53 y 7.11% con respecto a R2, R3 y R4 (Figura 4). Las cuatro estrategias de reposición de agua tuvieron el aporte adicional de agua debido a la precipitación de 36.5 mm sucedida durante el periodo de trasplante hasta la cosecha. La menor cantidad de agua aplicada con R2, R3 y R4 se explica por la

La aplicación de estrategias de reposición de agua, estadísticamente no influyó en la exportación de nitrógeno (Tabla 2 y Figura 5), el mecanismo de movilidad de nitrógeno desde el sitio en el que se encuentra hasta el contacto con las raíces, es el flujo de masas (Bersch, 1995), el agua participa en el transporte de iones, solutos orgánicos, inorgánicos, hormonas y vitaminas (Vieira et al., 2010). Este resultado

probablemente se debe a la escasa diferencia entre las láminas de riego en algunos periodos del cultivo aplicados según el delineamiento de las cuatro estrategias de reposición de agua al suelo.

Tabla 2. Análisis de varianza para la exportación de nitrógeno.

Fuente de variación	Exportación de nitrógeno (cuadrados medios)
Repetición	180.29
Estrategia de reposición de agua (R)	10.10 (ns)
Error (a)	43.84
Nitrógeno (N)	632.85 (**)
R•N	1.36 (ns)
Error (b)	2.69
Evaluación (E)	4432.09 (**)
R•E	5.72 (ns)
N•E	233.53 (**)
R•N•E	21.47 (ns)
Error (c)	19.07
C.V.	a) 47.27, b) 11.71, c) 31.18

C.V. = coeficiente de variación (%); ns = no significativo; ** = altamente significativo.

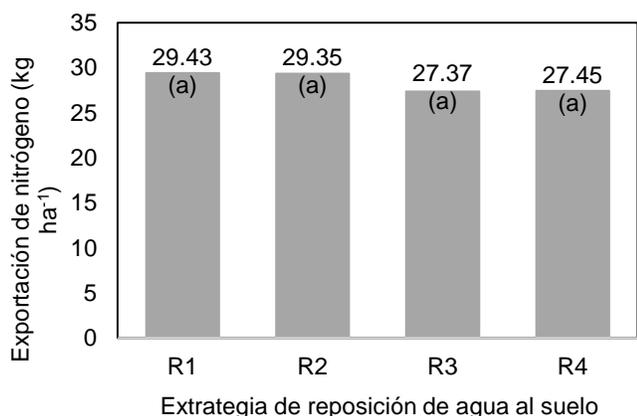


Figura 5. Efecto de estrategias de reposición de agua al suelo en exportación de nitrógeno en lechuga.

En las cuatro estrategias de riego aplicados al suelo hubo mayor exportación de nitrógeno con N100 respecto a N0 a los 56, 76 y 90 días después de la siembra (Tabla 3), esto se debe a una mayor concentración de nitrógeno en la solución del suelo que permitió mayor absorción por la planta de lechuga.

A los 90 días después de la siembra, la mayor exportación de nitrógeno correspondió a R2-N100 y R3-N100 con 37.42 y 34.87 kg ha⁻¹. Rincón et al. (2002) obtuvieron incremento notorio de nitrógeno absorbido al incrementar la dosis de aplicación de nitrógeno hasta 100 kg ha⁻¹; sin embargo, la cantidad de exportación de nitrógeno fue superior al obtenido en la investigación por cuanto usaron el cultivar Coolguard de ciclo de 80 días a partir del trasplante.

Tabla 3. Estrategias de reposición de agua al suelo y niveles de nitrógeno en exportación de nitrógeno en lechuga (kg ha⁻¹) desde el trasplante hasta la cosecha.

Estrategia de riego	Nitrógeno	Días después de la siembra			
		36	56	76	90
R1	N0		1.13	9.56	26.18
	N100		1.44	18.50	32.68
R2	N0		1.33	10.45	21.27
	N100	0.12*	1.72	12.68	37.42
R3	N0		1.33	9.53	19.87
	N100		1.48	11.55	34.87
R4	N0		1.13	9.75	20.97
	N100		1.60	15.77	33.92

*Dato correspondiente en el momento del trasplante.

La aplicación de 100 kgN ha⁻¹ (N100) y 0 kgN ha⁻¹ (N0) desde los 36 hasta los 90 días después de la siembra (DDS) se ajustaron a modelos de tendencia polinomial cúbica (Figura 6); en la cual, la exportación de nitrógeno fue similar y mínima con aplicación de N0 y N100 hasta los 56 DDS, luego fue incrementando de manera notoria hasta los 90 DDS (cosecha), en este periodo la exportación de nitrógeno fue gradualmente superior para la aplicación de N100 con respecto N0.

Los trabajos de investigación de Doerge (s.f) y Rincón et al. (2002) presentan resultados sin el ajuste de datos, el primer autor se aproxima a los resultados del trabajo de investigación (regresión no lineal) y del segundo correspondió a tendencia lineal, pero las cantidades totales de nitrógeno exportados son superiores a los alcanzados en la investigación, ello se debe probablemente a que utilizaron otras variedades de lechuga (Waldmann's Green y Coolguard) y el periodo de trasplante a cosecha fue de 120 y 80 días respectivamente; mientras que en la investigación el periodo de trasplante a la cosecha fue de 54 días.

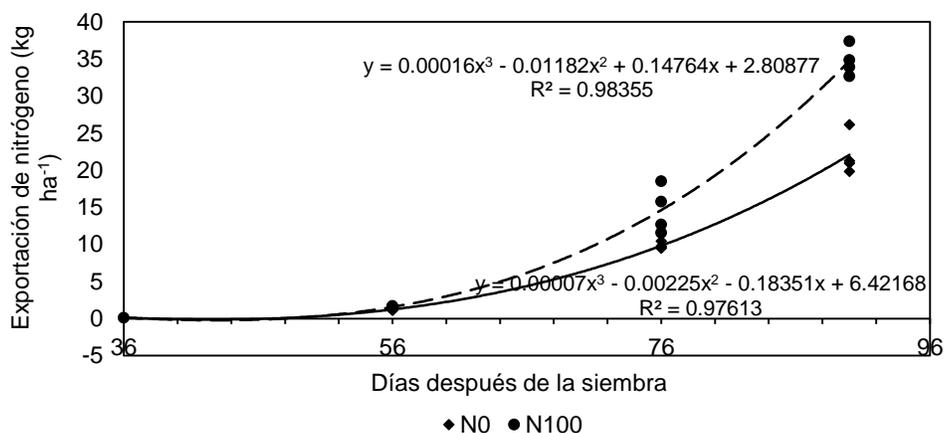


Figura 6. Efecto de los niveles de nitrógeno en la exportación de nitrógeno en el cultivo de lechuga a partir de los 36 DDS hasta la cosecha.

La exportación de nitrógeno en lechuga tendió a incrementarse en forma lineal a medida que se incrementó la materia seca (Figura 7). La relación de mayor exportación de nitrógeno a mayor peso seco se atribuye a que la planta de lechuga a medida que crece necesita sintetizar mayor cantidad de moléculas y estructuras físicas que en su composición presenta nitrógeno. Al respecto, Bonilla (2013) indica que en la planta, el nitrógeno se encuentra en compuestos de elevado peso molecular (proteínas y ácidos nucleicos), en forma de nitrógeno orgánico soluble (aminoácidos, amidas, aminos) y nitrógeno inorgánico (principalmente iones nitrato y amonio).

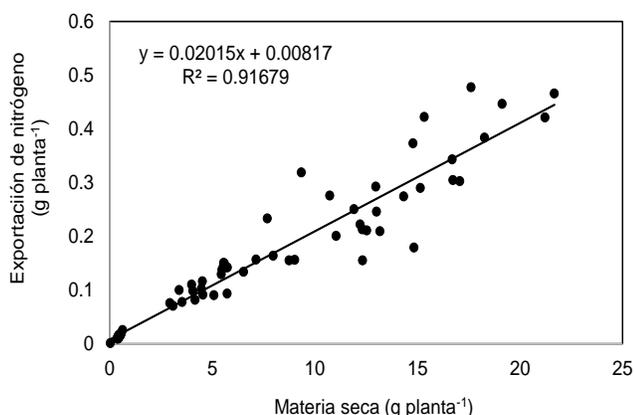


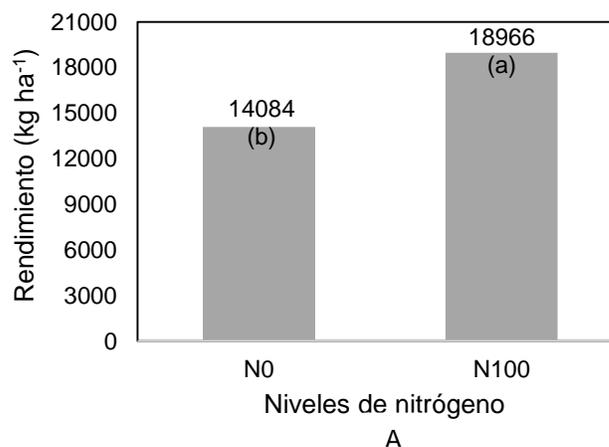
Figura 7. Relación entre peso seco y exportación de nitrógeno en el cultivo de lechuga variedad Crespa.

La aplicación de nitrógeno presentó diferencia estadística en rendimiento, así como en exportación de nitrógeno (Tabla 4). Según la prueba de Tuckey ($p \leq 0.05$), el nivel de nitrógeno N100 mostró mayor rendimiento y exportación de nitrógeno en comparación a los valores de N0 (Figura 8). El

rendimiento obtenido en la investigación con los niveles N0 (14084 kg ha⁻¹) y N100 (18966 kg ha⁻¹) fueron superiores a la media nacional de 6842 kg ha⁻¹ correspondiente a la campaña agrícola 2014-2015 (INE, 2017), esto se debe al manejo que se realizó al cultivo. La exportación de nitrógeno para los niveles N0 y N100 fue inferior al valor mencionado por Faquin y Andrade (2004) de 41.4 kg ha⁻¹ para un rendimiento de 25 t ha⁻¹.

Tabla 4. Análisis de varianza para rendimiento y exportación de nitrógeno.

Fuentes de variación	Cuadrado medios	
	Rendimiento	Exportación de nitrógeno
Repetición	59357147.50	229.63
Estrategia de reposición de agua (R)	6190639.00 (ns)	11.54 (ns)
Error (a)	13923044.00	63.63
Nitrógeno (N)	143014235.8 (**)	1018.56 (**)
R•N	1056465.3 (ns)	29.10 (ns)
Error (b)	4192524.80	12.10
C.V.	a) 22.58, b) 12.39	a) 28.33, b) 12.33



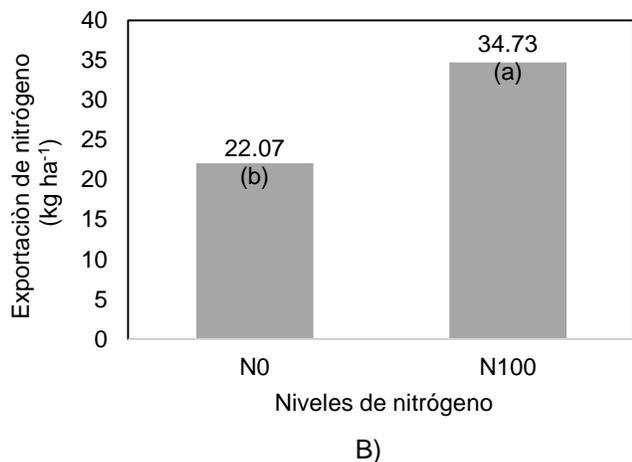


Figura 8. Efecto de niveles de nitrógeno en rendimiento (A) y exportación de nitrógeno (B) en lechuga. Las letras (a) y (b) sobre las barras indican diferencias estadísticas entre sí ($p \leq 0.05$) según la prueba de Tukey.

CONCLUSIONES

No tuvo efecto la aplicación de estrategias de reposición de agua al suelo ni sus interacciones con nitrógeno y evaluaciones en exportación de nitrógeno y rendimiento.

Con la aplicación de las estrategias de reposición de agua al suelo R2, R3 y R4 hubo un ahorro de agua de 11.02, 11.40 y 12.40 mm con respecto a R1 (reposición de agua al 100% de Déficit Permitido de Manejo-DPM desde el trasplante hasta la cosecha).

Con aplicación de 100 kgN ha⁻¹ hubo mayor exportación de nitrógeno y rendimiento. La evaluación desde 36 a 90 DDS, tanto para 100 kgN ha⁻¹ como para 0 kgN ha⁻¹ presentó tendencia polinómica cúbica para exportación de nitrógeno.

La relación entre materia seca y exportación de nitrógeno tuvo una tendencia lineal, con incremento de exportación de nitrógeno a medida que incrementa la materia seca de la parte que se cosecha de la planta de lechuga.

BIBLIOGRAFÍA

Allen, G., Pereira, L., Raes, D., Smith, M. 2006. Evapotranspiración del cultivo; guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos. Roma: FAO. 298 p.

Arce, A. 2013. Necesidades de riego y balance hídrico (diapositivas). Facultad de Agronomía, Universidad Mayor de San Andrés. 15 diapositivas, color.

Bertsch, F. 1995. La fertilidad de los suelos y su manejo. Asociación Costarricense de la Ciencia de Suelo, San José, Costa Rica. 157 p.

Bonilla, I. 2013. Introducción a la nutrición mineral de las plantas; los elementos minerales. Fundamentos de fisiología vegetal. Madrid, España. pp. 106-107.

Chipana, R., Serrano, G. 2007. Riego subsuperficial en lechuga (*Lactuca sativa*) y nabo (*Brasica napus*) en las zonas bajas del altiplano Boliviano: Consumo de agua. México: Red Iberoamérica de Riegos del Programa CYTED, v. 14, n. 3, 169-175.

Doerge, A., Pritchard, H., McCreary, W. s.f. Nitrogen management in drip Irrigated leaf Lettuce, spinach and greens crops. Disponible en: <http://arizona.openrepository.com/arizona/bitstream/10150/214500/1/370093-032-061.pdf>. Consultado el 22 diciembre 2017.

Faquin, V., Andrade, A. 2004. Nutricao mineral e diagnose do estado nutricional das hortaliças. UFLA, FAEPE, s.l. pp. 16-20.

Franco, A. 2011. Marcha de absorção e acumulo de nutrientes na cultura de sorgo. Dissertacao apresentada para obtenção de mestre; Minas Gerais, Brasil: Universidad Estadual de Montes Claros. 74 p.

Gutiérrez, R. 1990. Aplicación fraccionada de nitrógeno y gallinaza en el cultivo de lechuga (*Lactuca sativa*). Revista de Agricultura, v. 47, n. 16, 31-36.

INE (Instituto Nacional de Estadística). 2017. Bolivia. Disponible en: <https://www.ine.gob.bo/index.php/estadisticas-por-actividad-economica/industria-manufacturera-y-comercio-4>. Consultado el 15 de mayo 2018.

INLASA. 2005. Tabla boliviana de composición de alimentos. Ministerio de Salud y Deportes. La Paz, Bolivia. pp 21-22.

Kuslu, Y., Dursun, A., Sahin, U., Kiziloglu, F., Turan, M. 2008. Effect of déficit irrigation on curly lettuce grown under semiarid conditions. Spanish Journal of Agricultura Research, v. 6, n. 4, 714-719.

Lima, E. 2007. Avaliação do desempenho da cultura da alface (*Lactuca sativa*) cultivada em sistema organico de produção, sob diferentes lâminas de irrigação e coberturas do solo. Dissertação submetida como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Ciências. Rio de Janeiro, Brasil. Universidad Federal Rural do Rio de Janeiro. 77 p.

Luna, R. 2012. Influencia de los factores pre y postcosecha en la calidad de la lechuga IV gama. Tesis de doctorado. Universidad de Murcia, Facultad de Veterinaria. pp. 13-14.

Mamani, E. 2010. Evaluación del efecto del humus del lombriz en el cultivo organopónico de la lechuga (*Lactuca sativa* L.). Tesis de licenciatura. La Paz, Bolivia. Universidad Mayor de San Andrés, Facultad de Agronomía. 80 p.

Plan de Desarrollo Integral de Tiquipaya 2007/2011. s.f. Descripción general del municipio de Tiquipaya y diagnóstico socioeconómico e institucional. 391 p.

Porto, M. 2006. Produção, estado nutricional e acumulo de nitrato em plantas de alface submetidas a abução nitrogenada e organica. Dissertacao para obtencao do titulo de Mestre en Agronomia. Paraiba, Brasil. Universidad Federal da Paraiba. 65 p.

Rincón, L., Pérez, A., Pellicer, C., Sáez, J., Abadía, A. 2002. Influencia de la fertilización nitrogenada en la absorción de nitrógeno y acumulación de nitratos en la lechuga iceberg. Prod. Prot. Veg., v. 17, n. 2, 303-318.

Serrano, G. s.f. Ingeniería del riego y drenaje. La Paz, Bolivia. 133 p.

SENAMHI (Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología). 2015. Bolivia. Disponible en: www.senamhi.gob.bo. Consultado 3 febrero 2016.

Valdez, M. 2008. Efecto de fertirrigación en el comportamiento agronómico de tres variedades de lechuga (*Lactuca sativa* L.) bajo ambiente atemperado en la localidad de Viacha. Tesis de licenciatura. La Paz, Bolivia. Universidad Mayor de San Andrés, Facultad de Agronomía. 75 p.

Vieira, L., Souza, G., Santos, A., Silva, S. 2010. Manual de fisiología vegetal. EDUFMA. pp. 22-23.

Artículo recibido en: 15 de marzo 2018

Aceptado en: 4 de junio 2018