

# **EFFECTOS DE LA FERTILIZACIÓN NITROGENADA EN EL CULTIVO DE LECHUGA (LACTUCA SATIVA) EN EL CANTÓN PEDRO CARBO, PROVINCIA DEL GUAYAS**

**EFFECTS OF NITROGEN FERTILIZATION ON LETTUCE (*Lactuca sativa*) CROP IN PEDRO CARBO CANTON, GUAYAS PROVINCE**

---

*Recibido: 28/01/2022 - Aceptado: 11/01/2023*

---

**Pablo Israel Vargas Guillén**

Master Universitario en Agricultura y Ganadería Ecológicas - Universidad Internacional de Andalucía

Docente de la Universidad Agraria del Ecuador

pvargas@uagraria.edu.ec  
<https://orcid.org/0000-0001-6815-0425>

---

**Bryan Alberto Alejandro Beltrán**

Ingeniero Agrónomo - Universidad Agraria del Ecuador

balejandro@uagraria.edu.ec

---

---

## **Paulo Humberto Centanaro Quiróz**

Doctor en Ciencias Agrarias - Universidad de Zulia

Docente de la Universidad Agraria del Ecuador

pcentanaro@uagraria.edu.ec

<https://orcid.org/0000-0001-7506-0444>

---

## **Luzmila María Valverde Medina**

Magíster en Investigación para el Desarrollo Educativo - Universidad  
Técnica Estatal de Quevedo

Docente de la Universidad Técnica "Luis Vargas Torres" de Esmeraldas

luzmila.valverde@utelvt.edu.ec

<https://orcid.org/0000-0002-8157-4211>

---

### **Cómo citar este artículo:**

Vargas, P., Alejandro, A., Centanaro, P., & Valverde, L. (Enero - Junio de 2022). Efectos de la fertilización nitrogenada en el cultivo de lechuga (*lactuca sativa*) en el cantón Pedro Carbo, provincia del Guayas. *Sathiri* (18)1, 144-157. <https://doi.org/10.32645/13906925.1196>



## Resumen

La fertilización nitrogenada en el cultivo de lechuga complementa el proceso de fertilización integral, coadyuvando a un crecimiento óptimo y auto-sostenido de la planta. El objetivo de este ensayo es optar por alternativas de fertilización nitrogenada que permitan incrementar el rendimiento de la planta, para lo cual se aplicaron diferentes técnicas y metodologías, las mismas que se evaluaron en su comportamiento agronómico, de acuerdo con las variables de estudio, contrastando éstos resultados con el análisis económico de los tratamientos en estudio mediante la relación beneficio/costo. En el desarrollo de la investigación se utilizó un diseño de bloques completamente al azar, evaluando tres tratamientos: Tratamiento 1(Urea), Tratamiento 2 (Micro-azot), Tratamiento 3 (Testigo Absoluto), replicado en cinco repeticiones formando un total de quince parcelas experimentales; cada parcela consta de nueve metros cuadrados, en ellas se evaluaron: altura de planta, días a la cosecha, diámetro y número de lechugas comerciales, peso de la lechuga (kg/parcelas), rendimiento kg/ha siendo esta la variable la más importante, donde se concluye que el mayor rendimiento, se obtuvo con la aplicación de una fertilización nitrogenada (Urea). La mejor relación beneficio/costo, resultó en el tratamiento T1 (Urea) con 1,50 %, obteniendo un beneficio neto de \$ 3523,05, concluyendo que el T1 (urea), se muestra como el experimento que mejores resultados obtuvo en la zona de estudio; sin embargo el T1 y T2, no presentan diferencias estadísticas significativas, en contraste con el T3; y a excepción de la variable "Días de cosecha", en el cual si se presentaron dichas divergencias, entre el T1 y T2.

**Palabras claves:** Fertilización, Lechuga, Nitrogenada, Rendimiento.

## Abstract

Nitrogen fertilization in lettuce cultivation complements the integral fertilization process, contributing to optimal and self-sustaining growth of the plant. The objective of this essay is to opt for nitrogenous fertilization alternatives that allow increasing the yield of the plant, for which different techniques and methodologies were applied, the same ones that were evaluated in their agronomic behavior, according to the study variables, contrasting these results with the economic analysis of the treatments under study through the Benefit-Cost relationship. In the development of the investigation, a completely randomized block design was used, evaluating three treatments: Treatment 1 (Urea), Treatment 2 (Micro-azot), Treatment 3 (Absolute Witness), replicated in five repetitions forming a total of fifteen experimental plots; each plot consists of nine square meters, in which the following were evaluated: plant height, days to harvest, diameter and number of commercial lettuces, lettuce weight (kg/plots), yield kg/ha, this being the most important variable, where it is concluded that the highest yield was obtained with the application of a nitrogenous fertilization (Urea). The best benefit/cost ratio resulted in treatment T1 (Urea) with 1.50 %, obtaining a net benefit of \$3523.05, concluding that T1 (urea) is shown as the experiment that obtained the best results in the study zone; however, T1 and T2 do not present significant statistical differences, in contrast to T3; and with the exception of the variable "Days of harvest", in which said divergences were presented, between T1 and T2.

**Keywords:** Fertilization, Lettuce, Nitrogenated, Yield.

## Introducción

La lechuga es una planta herbácea anual y autógama. Posee una raíz pivotante que puede llegar hasta los 30 cm de profundidad, además posee numerosas raíces laterales de absorción, las cuales se desarrollan cerca de la superficie del suelo (Saavedra, 2017). El tallo es corto hasta el momento óptimo de la cosecha, sin embargo, una vez iniciada la etapa reproductiva se produce un alargamiento del mismo para dar lugar a la floración (Marhuenda y García, 2015). Las hojas tienen la característica de ser sésiles, distribuidas en forma de roseta densa alrededor del tallo. Dependiendo de la variedad, el desarrollo de la roseta puede continuar durante el desarrollo vegetativo, y formar una cabeza redondeada o elongada. Así mismo, tanto las hojas como el borde de los limbos y el color son determinadas por la variedad y cultivar (Jaramillo et al., 2016, citado por Velásquez, 2019).

La lechuga es una de las hortalizas de hoja de mayor consumo alrededor del mundo; es así que su producción se ve caracterizada por la incorporación de agroquímicos, y específicamente fertilizantes nitrogenados, cuyos resultados denotan un mejor crecimiento y desarrollo de la planta, siempre que se trabaje con dosis recomendadas; sin embargo, si no se realiza un suministro controlado y técnico, puede incurrir en problemas de contaminación de los recursos naturales, calidad de los productos e inclusive problemas fisiológicos como intoxicaciones, trastornos graves en animales y seres humanos, principalmente por la acumulación de Nitratos, derivados de la fertilización, en particular sintética.

La atmósfera terrestre tiene el 78 % de nitrógeno molecular ( $N_2$ ). Esta es una forma no disponible para los cultivos, por lo que el N se debe fijar a través de un proceso denominado Haber-Bosch, el cual sintetiza 170 millones de toneladas de amoníaco ( $NH_3$ ) al año. A partir de éste, se producen diversos fertilizantes nitrogenados de uso agrícola, los cuales en promedio tienen 33 % de eficiencia en la producción agrícola (Saynes – Santillán, 2021)

El nitrógeno es un macronutriente esencial para los organismos vegetales y su disponibilidad afecta el crecimiento y el desarrollo vegetal. En ambientes naturales y agrícolas, este nutriente se encuentra en bajas cantidades. Por estos motivos, la producción de cultivos vegetales con altos rendimientos está asociada a la incorporación de grandes concentraciones de fertilizantes nitrogenados al suelo. Sin embargo, los cultivos solo son capaces de utilizar entre el 40-50 % del nitrógeno aplicado, causando efectos negativos en el medio ambiente. El nitrógeno restante no utilizado por las plantas se pierde por diferentes mecanismos contaminando suelos y fuentes de agua (Vega, 2017)

En éste contexto es muy importante la nutrición en los cultivos, siendo una condicionante en la producción, por lo que su tratamiento debe ser integral, facultando el uso racional de los productos que proveen o viabilicen la obtención de nitrógeno en sus diversas formas, restringiendo así los excesos o limitaciones de fuentes nitrogenadas para evitar daños al ambiente, sociedad, y que tengan una carácter económico rentable, bajo un manejo responsable de éstos.

En los actuales momentos la principal fuente de nitrógeno por su fácil acceso y disponibilidad, es la Urea, caracterizado por su 46 % de nitrógeno, en su contenido; sin embargo, existen otras formas verosímiles que pueden mejorar la asimilación y absorción de nitrógeno en el suelo y planta de una forma sostenible, como es el uso de bio-estimulantes.

El nitrógeno (N) es un nutriente esencial que cumple funciones estructurales y metabólicas en todos los vegetales, siendo insustituible e imprescindible para que las plantas puedan completar su ciclo de vida. Es absorbido en altas cantidades por las plantas y, usualmente, su suministro es insuficiente en la mayoría de los suelos agrícolas, por lo que es considerado un macronutriente primario. En los tejidos vegetales el N forma parte integral de la molécula de clorofila y es constituyente de proteínas estructurales, funcionales (enzimas) y nucleoproteínas (ADN, ARN). Solo una pequeña proporción del N total de la planta se presenta en formas inorgánicas (Bonomelli, 2018).

La urea como fertilizante presenta la ventaja de proporcionar un alto contenido de nitrógeno (46 %), el cual es esencial en el metabolismo de la planta. La mayor desventaja que tiene, es la pérdida de nitrógeno (N) en forma de gas amoníaco (NH<sub>3</sub>) proveniente de su descomposición al ser aplicada al suelo. Para reducir las pérdidas por volatilización y mantener una disponibilidad adecuada de N en el suelo, diferentes estrategias de manejo agronómico han sido evaluadas. (Morales-Morales et al, 2019).

La denitrificación, volatilización y lixiviación, disminuyen la eficiencia del uso del nitrógeno que se adiciona, se estima que únicamente la mitad de N en forma de fertilizante aplicado a los cultivos es incorporada en la biomasa de éstos, mientras que la otra mitad se pierde en forma gaseosa a la atmósfera o se lixivia desde el suelo hacia cuerpos de agua (Galloway et al., 2003; Vivian et al., 2018). El N al pasar por otros ecosistemas terrestres, reduce la biodiversidad, contamina el aire, el agua y agrava el calentamiento global (Schlesinger, 2009; Baeta et al., 2016). Citado por (Morales – Morales, 2019).

En los sistemas agrícolas convencionales los problemas generados por el uso excesivo de plaguicidas y fertilizantes y el cambio climático, entre otros, han obligado a la búsqueda de nuevas alternativas para la producción hortícola. (Velasco et al., 2016) citado por (Lara-Izaguirre, 2019).

El uso de tecnologías limpias para el medio, conservación y producción agrícola es una tendencia actual en Ecuador; se está tomando conciencia de la necesidad de utilizar los microorganismos como biofertilizantes ya que estos pueden ser de gran beneficio en esta actividad, mediante un manejo adecuado de la tecnología. El funcionamiento de un agroecosistema depende en gran medida de la actividad microbiana del suelo ya que no solo los ciclos biogeoquímicos de los nutrientes son realizados por microorganismos, sino que, además, los componentes del microbiota del suelo protagonizan diversas acciones que producen beneficios para las plantas con las que se asocian. Entre otras acciones, los microorganismos facilitan la captación de nutrientes, producen fitohormonas que favorecen el enraizamiento, protegen a la planta contra patógenos, incrementan la resistencia y/ o tolerancia de la planta a la sequía, salinidad, descomponen sustancias tóxicas en el ecosistema y mejoran la estructura del suelo (Uribe y Dzib, 2016).

Es conocido el efecto positivo que tiene la aplicación de ME sobre la estimulación del desarrollo de las raíces y de la mejora en la nutrición debido a una mejora en la adquisición de nutrientes. Es sabido que existen varios microorganismos que son responsable de la solubilización de nutrientes como P y K, otros son capaces de fijar el N<sub>2</sub> atmosférico convirtiéndoles en formas asimilables para las plantas. Asimismo, el incremento en profundidad y superficie del sistema radical permite una mejor adquisición del agua. (Aung et al., 2018). Citado por (Morocho y Leiva-Mora, 2019)

Uno de los aportes más importantes de los ME, a nivel de producción, es la fijación de Nitrógeno atmosférico.

Por fijación de nitrógeno se entiende la combinación de nitrógeno molecular o dinitrógeno con oxígeno o hidrógeno para dar óxidos o amonio que pueden incorporarse a la biosfera. La reducción de nitrógeno a amonio llevada a cabo por bacterias de vida libre o en simbiosis con algunas especies vegetales (leguminosas y algunas leñosas no leguminosas), se conoce como fijación biológica de nitrógeno (FBN). Dentro de este consorcio de microorganismos fijadores de nitrógenos encontramos a dos grandes grupos: el primero representados por bacterias simbióticas y el segundo por bacterias de vida libre. Las principales especies del género *Rhizobium*, bacterias simbióticas que producen nódulos en diferentes especies de leguminosas, se encuentran: *Rhizobium meliloti*, *Rhizobium fredii*, *Rhizobium leguminosarum*, *Rhizobium tropici*, *Rhizobium etli*, *Rhizobium galegae*, *Rhizobium loti*, *Rhizobium huakuii*, *Bradyrhizobium japonicum*, *Bradyrhizobium elkanii* y *Azorhizobium caulinodans* (García-Velázquez y Gallardo, 2017).

El ritmo de absorción del nitrógeno está relacionado con el de la producción de biomasa vegetal, acentuándose en la fase de formación del cogollo. Sin embargo, un exceso de este elemento puede provocar un retraso en el acogollado. Las lechugas cultivadas en invierno requieren una fertilización nitrogenada más alta (20-30 kg N/ha) que las cultivadas en primavera ya que la mineralización del nitrógeno orgánico del suelo resulta mucho más lenta (Pomares y Ramos 2010). El nitrógeno bajo su forma gaseosa (N<sub>2</sub>), constituye el 78 % de los componentes de la atmósfera, pero a diferencia de otros elementos, esta molécula no puede ser absorbida en el estado en el que se encuentra por las plantas. Es por este motivo que la incorporación de nitrógeno al suelo se realiza de forma natural por la acción de bacterias, mediante la fijación de nitrógeno atmosférico, principalmente de los Géneros *Rhizobium*, *Azotobacter* y *Cianobacterias*. Algunas de estas bacterias son de vida libre mientras otras forman asociaciones simbióticas con plantas; como es el caso de las bacterias del género *Rhizobium* con las plantas de la familia de las Leguminosas (Tarigo, Repetto y Acosta, 2004).

Las características del MICRO-AZOT hacen que se pueda sustituir el nitrógeno químico (Amoniaco, Urea, etc.) a un menor costo y sin ningún tipo de reducción en la producción, con la ventaja de trabajar tanto en condiciones anaerobias, como en condiciones aerobias. MICRO-AZOT permite la fijación de nitrógeno y además durante el curso de crecimiento del *Azotobacter* se solubilizan fosfatos, se secretan sustancias promotoras del crecimiento (auxinas, giberelinas,

citoquininas), vitaminas del grupo B y metabolitos con acción fungicida, los cuales benefician a la planta de una forma multidimensional. Se trata de un preparado acuoso elaborado a base de cepas aisladas y seleccionadas del género *Azotobacter* y *Clostridium* en distintas proporciones. Su método de producción permite obtener altas concentraciones de células lo que a su vez puede usarse en la agricultura con efectos altamente benéficos (EUROAGRO, 2019).

Es necesario por cuanto, mejorar las condiciones de manejo de la fertilización nitrogenada, sobre todo enfocado en la incorporación y aplicación de agentes orgánicos, que coadyuven a la optimización en el uso de los recursos con fines productivos y de sostenibilidad.

Por lo anterior, incrementar la eficiencia del uso de N reducirá costos de producción, incrementará la rentabilidad del sistema de producción y disminuirá los daños ambientales a suelo, agua y aire, pero también tendrá impacto favorable en la salud humana y la economía de la sociedad, en particular la de aquellos que viven en zonas agrícolas (Saynes – Santillán, 2021)

## Materiales y métodos

La investigación se fundamentó en el enfoque cualitativo, que tiene relación con la investigación en campo, tomando y evaluando datos en el área designada, para ello, es necesario emplear diseños estadísticos experimentales, logrando con seguridad la relación causa- efecto.

Este trabajo experimental se lo realizó en el recinto San Pedro de Villao, perteneciente al cantón Pedro Carbo, Provincia del Guayas; delimitado en la zona de vida “Bosque muy seco – Tropical, en el piso altitudinal Premontano”.

El número de plantas por hectárea es de 111 111, de lo cual se tiene un total de 1980 plantas en todas las parcelas, sujeta de análisis.

En este experimento se realizaron aplicaciones de dos productos de acuerdo a los tratamientos propuestos, a continuación, detallamos las dosis para cada tratamiento y parcela experimental:

**Tabla 1**

Descripción de los tratamientos

No.	Ingredientes	Dosis	Frecuencia de aplicación
1	Urea	0,22kg/9,9m <sup>2</sup>	30 – 60 días
2	Micro-azot	0,99cc/9,9m <sup>2</sup>	30 – 60 días
3	Testigo	0	0

**Variable independiente:** fertilizantes nitrogenados.

**Variable dependiente:** la respuesta agronómica y productiva del cultivo de lechuga:

Altura de planta (cm), 30, 60 días: se tomó la medición de 10 plantas del área útil de las parcelas en cada tratamiento, a los cuarenta días después del trasplante. Esta medición se la hizo con una regla graduada en centímetros y se estimó desde la parte basal, hasta el ápice de las hojas.

**Tiempo de cosecha (días):** se cuantificó los días transcurridos a la cosecha, desde el momento de la siembra, trasplante, y después hasta el día de la cosecha.

**Diámetro de la lechuga (cm):** se midió el diámetro de 10 plantas tomadas del área útil de cada tratamiento y repetición, ésta labor se la realizó después de la cosecha, con una cinta métrica.

**Numero de lechuga comercial (Ha):** el número de lechuga comercial, se determinó después de la cosecha, donde se seleccionó las lechugas enteras, sanas, libres de insectos, sin indicios de deshidratación, con un peso superior a los 250 g.

**Peso de la lechuga (Kg/planta):** se tomaron las plantas evaluadas del área útil de cada parcela y tratamiento experimental y se pesó expresando los resultados en kilogramos.

**Rendimiento (kg/Ha):** se pesó el fruto del área útil de cada tratamiento, expresados en kg para después representarlos en toneladas por hectárea.

**Análisis económico:** para el análisis económico se tomó en cuenta los costos variables y fijos, a partir de lo cual, adicionalmente se obtuvo la relación beneficio costo, de los tratamientos; con la fórmula:

$$R = \frac{B/C}{T.Egreso} \text{ B.Neto}$$

Diseño experimental: para este experimento se utilizó el diseño de bloques completos al azar (DBCA), con 3 tratamientos y 5 repeticiones, y para el proceso de evaluación de las variables se aplicó la prueba de Tukey al 5 % de probabilidad.

**Tabla 2**

Esquema del análisis de varianza (ADEVA)

F de V.	Fórmula	Desarrollo	Grados de Libertad	
Tratamiento	$(t - 1)$	$(3 - 1)$	2	
Repeticiones	$(r - 1)$	$(5 - 1)$	4	
Error Experimental	$(t - 1)$	$(r - 1)$	$(3 - 1)(5 - 1)$	8
Total	$Tr - 1$	$3 * 5 - 1$	14	

## Resultados y discusión

**Altura de planta.** De acuerdo a los promedios de la altura de planta que se muestran en la Tabla 3, los tratamientos expresan diferencias significativas en los tratamientos T1, T2 con respecto al T3; por lo que uno de ellos tienen efectos disímiles en el cultivo de lechuga, estos valores presentan tres rangos de distribución donde se determina las diferencias estadísticas, no obstante, se puede evidenciar que los tratamientos revelan diferentes promedios, encontrando en el T1 (Urea 0,22 kg/9,9 m<sup>2</sup>), el mayor valor numérico con 7,9 cm, mientras que la menor ponderación lo ostenta el T3 (Testigo Absoluto) con un valor de 4,6 cm. Los promedios de esta variable presentan coeficiente de variación de 13,7 % respectivamente.

**Tabla 3**

Altura de planta (cm)

TRATAMIENTO	Descripción de los tratamientos	Promedios	Rangos
<b>T1 (Urea)</b>	Urea 0,22 kg/9,9 m <sup>2</sup> 7,9 a		
<b>T2 (Micro-azot)</b>	Micro-azot 0,99 cc/9,9 m <sup>2</sup> 7,2 a		
<b>T3 (Testigo)</b>	Testigo absoluto 4,6 b		

CV: 13,7 %

**Días a la cosecha.** Según se observa, los promedios de los días a la cosecha de la Tabla 4, los tratamientos muestran diferencias significativas entre el T1 y T2 – T3; estos valores presentan dos rangos de distribución, así mismo se puede afirmar que los tratamientos muestran diferentes promedios, donde el T1 (Urea 0,22 kg/9,9 m<sup>2</sup>) exhibe el menor número de días 98,4; mientras que el mayor número de días lo presenta el T3 (Testigo Absoluto) con un valor de 102 días. Los promedios de esta variable presentan coeficiente de variación de 1,0 % respectivamente.

**Tabla 4**

Días a la cosecha

TRATAMIENTO	Descripción de los tratamientos	Promedio	Rangos
<b>T1 (Urea)</b>	Urea 0,22 kg/9,9 m <sup>2</sup> 98,4 a		
<b>T2 (Micro-azot)</b>	Micro-azot 0,99 cc/9,9 m <sup>2</sup> 97,6 b		
<b>T3 (Testigo)</b>	Testigo absoluto 102,8 b		

CV: 1 %

**Diámetro de la lechuga (cm).** Los promedios del diámetro de la lechuga, que se muestran en la Tabla 5, revelan una diferencia significativa, por lo que dos de ellos T1 y T2, tienen efectos diferentes en el cultivo de lechuga en relación con el T3; se puede evidenciar que los tratamientos exponen diferentes promedios, donde el T1 (Urea 0,22 kg/9,9 m<sup>2</sup>) muestra el mayor diámetro de la lechuga, 48 cm, mientras que el menor diámetro lo presenta el T3 (Testigo Absoluto) con un valor de 35,7 cm. Los promedios de esta variable presentan un coeficiente de variación de 3,4 % respectivamente.

**Tabla 5**

Diámetro de la lechuga (cm)

TRATAMIENTO	Descripción de los tratamientos	Promedio	Rangos
<b>T1 (Urea)</b>	Urea 0,22 kg/9,9 m <sup>2</sup> 48,0 a		
<b>T2 (Micro-azot)</b>	Micro-azot 0,99 cc/9,9 m <sup>2</sup> 47,4 a		
<b>T3 (Testigo)</b>	Testigo absoluto 35,7 b		

CV: 3,4 %

**Número de la lechuga comercial.** Según se puede observar los promedios del número de lechuga comercial, expuesto en la Tabla 6; los tratamientos muestran diferencias significativas, por lo que uno de los tratamientos T1 y T2 tienen efectos diferentes, versus el T3, se determina por tanto las diferencias estadísticas, teniendo así al T1 (Urea 0,22 kg/9,9 m<sup>2</sup>) con mayor número comercial con 31,6 lechugas, mientras que más bajo lo presenta el T3 (Testigo Absoluto) con 7,8 lechugas. Los promedios de esta variable presentan coeficiente de variación de 12,3 % respectivamente.

**Tabla 6**

Número de lechuga comercial (Ha)

TRATAMIENTO	Descripción de los tratamientos	Promedio	Rangos
<b>T1 (Urea)</b>	Urea 0,22 kg/9,9 m <sup>2</sup>	31,6	a
<b>T2 (Micro-azot)</b>	Micro-azot 0,99 cc/9,9 m <sup>2</sup>	30,6	a
<b>T3 (Testigo)</b>	Testigo absoluto	7,8	b

**CV: 12,3%**

**Peso de la lechuga (kg/planta).** En la Tabla 7, se expone los promedios del peso de la lechuga, cuyos datos determinaron diferencias significativas en el tratamiento T1 y T2, en relación con el T3; estos valores presentan dos rangos de distribución con variados promedios, por lo que el T1 (Urea 0,22 kg/9,9 m<sup>2</sup>) muestra el mayor peso de lechuga con un valor numérico de 6,9 kg; mientras que el menor peso de lechuga lo presenta el T3 (Testigo Absoluto) con un valor de 3,1 kg. Los promedios en esta variable presentan un coeficiente de variación de 12,9 % respectivamente

**Tabla 7**

Peso de la lechuga (kg/planta)

TRATAMIENTO	Descripción de los tratamientos	Promedio	Rangos
<b>T1 (Urea)</b>	Urea 0,22 kg/9,9 m <sup>2</sup>	6,9	a
<b>T2 (Micro-azot)</b>	Micro-azot 0,99 cc/9,9 m <sup>2</sup>	5,8	a
<b>T3 (Testigo)</b>	Testigo absoluto	3,1	b

**CV: 12,9 %**

**Rendimiento (kg/ha).** Según se observa en la Tabla 8, referente al rendimiento kg/ha, los tratamientos T1 y T2, en comparación con el T3, muestran diferencias significativas, estos valores presentan dos rangos de distribución donde se determina las diferencias estadísticas, no obstante, se puede evidenciar que los tratamientos revelan diferentes promedios, donde el T1 (Urea 0,22 kg/9,9 m<sup>2</sup>) presenta el mayor rendimiento con 11740,1 kg/ha, mientras que el menor presenta el T3 (Testigo Absoluto) con un rendimiento de 5838,7 kg. Los promedios de esta variable presentan un coeficiente de variación de 6,7 % respectivamente.

**Tabla 8**

Rendimiento Kilogramo por hectárea

TRATAMIENTO	Descripción de los tratamientos	Promedio	Rangos
<b>T1 (Urea)</b>	Urea 0,22 kg/9,9 m <sup>2</sup>	11740,1	a
<b>T2 (Micro-azot)</b>	Micro-azot 0,99 cc/9,9 m <sup>2</sup>	10807,2	a
<b>T3 (Testigo)</b>	Testigo absoluto	5838,7	b

**CV: 6,7 %**

**Análisis económico mediante la relación beneficio/costo.** Para determinar el mejor efecto de los tratamientos en estudio, se realizó el análisis económico a través de la relación beneficio costo para una hectárea de producción de lechuga, presentando el T1 (Urea) como el mejor rendimiento, alcanzando un beneficio neto de \$ 3523,05 y una relación beneficio costo de 1,50; 1,29 para el tratamiento T2 y 0,26 para el T3.

**Tabla 9**  
Relación beneficio /costo

COMPONENTES	ANÁLISIS ECONÓMICO		
	TRATAMIENTOS		
	T1	T2	T3
<b>Rendimiento Kg/Ha</b>	11740,1	10807,24	5838,74
<b>Precio (\$/Kg)</b>	0,50	0,50	0,50
<b>Total Ingresos/Egresos</b>	5.870,05	5.403,62	2.919,37
<b>Costo Fijo (\$/Ha)</b>	2.272,00	2.272,00	2.272,00
<b>Costo por tratamiento (\$/Ha)</b>	75	85	50
<b>Total Egresos (\$/Ha)</b>	2.347,00	2.357,00	2.322,00
<b>Beneficio Neto (\$/Ha)</b>	3.523,05	3.046,62	597,37
<b>Relación Beneficio / Costo</b>	1,50	1,29	0,26

**Nota:** la venta de lechuga tuvo un valor de 0,50 centavos por 1 kg, y el costo de producción es de 2272,0 sin los tratamientos.

## Discusión

Para la incorporación de nutrientes al medio de cultivo, de forma oportuna, en proporciones adecuadas, y ajustada al medio; es necesario realizar un análisis integral del suelo y la planta; para de ésta manera optimizar los recursos y viabilizar la eficiencia en las prácticas agrícolas; como lo expresa Capetillo – Burela (2021), para conocer la cantidad y disponibilidad de macro y micro nutrimentos para las plantas que tienen las capas u horizontes de los suelos, es necesario que se realice un análisis químico de suelos, ya que éste constituye una de las técnicas más utilizadas para la recomendación de dosis de fertilización, sin considerar que es una fuente de información vital para el manejo de suelos. Se ha demostrado que dichos análisis constituyen una guía para el uso racional de los fertilizantes; sin embargo, no debe olvidarse que en la producción de cultivos interviene un conjunto de factores de gran importancia como: clima, variedades, control fitosanitario, manejo y otras, que podrían limitar el desarrollo adecuado de una planta si no se encuentra en el grado óptimo requerido.

Según los resultados mostrados en el ensayo, el comportamiento agronómico tuvo un efecto positivo en dos de los tratamientos, las variables de estudio demuestran que existieron diferencias estadísticas significativas en un grupo de tratamientos, no obstante, el tratamiento que mejor efecto tuvo es el T1 (Urea), seguido sin mucha diferencia con el T2 (Micro-azot), como fuente nitrogenada aplicada en el cultivo, obteniendo buenos resultados; coincidiendo con Cepeda, (2011), quien manifiesta que la aplicación de los fertilizantes nitrogenados son eficiente para la producción vegetal, permite dar resistencia a las plantas ante el ataque de plagas y enfermedades, lo cual permite asegurar una buena producción.

El rendimiento de 11740,1 Kg/ha, mostrado por el tratamiento T1 (Urea), contrasta el efecto del nitrógeno y su particular aporte en procesos fotosintéticos y en general crecimiento y desarrollo de la planta; como lo menciona, Espinoza (2012), el nitrógeno es, por excelencia, el nutriente esencial para el crecimiento óptimo de los vegetales. Cumple un rol fundamental en la síntesis de clorofila y forma parte de las moléculas involucradas en la fotosíntesis. Además, es constituyente de las vitaminas, proteínas y sistemas energéticos del vegetal, acelera la división celular y la elongación de las raíces, mejora la absorción de fósforo y es responsable directo del desarrollo foliar.

El rendimiento de 11740 Kg/ha, representa un valor superior al promedio nacional, ubicado en 7213 Kg/ha; y proyectado de una producción de 16546 Toneladas, proveniente de una superficie de 2294 hectáreas, para el año 2020, según se observa en las tablas consolidadas de "Producción/Rendimiento de lechuga y achicoria Ecuador", expuesto por el sitio web (FAOSTAT), de la base de datos estadísticos corporativos de la Organización para la Agricultura y la Alimentación (FAO, 2022)

En lo que respecta al análisis económico el tratamiento que mejor rentabilidad económica lo obtuvo el T1 (urea) obteniendo una relación de beneficio/costo de 1,50, con una aplicación de 222 Kg/ha, presentando un rendimiento superior en comparación con los demás, debido a la aplicación de una dosis adecuada de nitrógeno, coincidiendo con, Solís, Concepción y Carles (2016), quienes exponen en su manual de costos de producción y coeficientes agropecuarios, alcanzar una rentabilidad de 1.47, con una aplicación de cinco quintales de abono nitrogenado, y un manejo complementario para el cultivo de lechuga; así mismo Chávez, (2014), indica que en el cultivo de la lechuga es necesario suministrar varias dosis de nitrógeno para obtener una buena rentabilidad económica.

En relación al potencial presentado por la urea en la experimentación y su fraccionamiento, es notable frente a los demás tratamientos, facultando el principio de los componentes para mejorar las características agronómicas del cultivo, lo cual presenta una divergencia con lo que señalan Pino y Añez (1997), quienes encontraron que el fraccionamiento de urea no produjo efecto sobre el rendimiento ni sobre la conformación de las cabezas en lechuga.

Tal como lo mencionan, Reyes y Soler (2013), los resultados obtenidos del aporte de urea en el presente trabajo, incrementaron significativamente el contenido total de Nitrógeno en las plantas de lechuga, lo cual es corroborado por los autores.

## Conclusiones

La fuente de nitrógeno sintético en estudio presentó un nivel mayor de significancia en comparación con el biofertilizante, en el comportamiento agronómico de la lechuga, en el cual, el T1 (Urea), tuvo mejor respuesta en todas las variables de estudio; sin embargo entre el tratamiento T1 y T2, no presentaron diferencias estadísticas significativas, a excepción de la variable "Días de cosecha", en el cual si se existió. Por lo que se denota y refleja en las tablas tabuladas, en los valores en los cuales no se observan diferencias significativas entre T1 y T2, la incompatibilidad ponderada no es muy amplia.

El mayor rendimiento se obtuvo con la aplicación de una fertilización nitrogenada (Urea - Nitrógeno al 46 %), con una aplicación a razón de 222 Kg/ ha, para lo que se refleja un uso de 0,22 kg/9,9 m<sup>2</sup>, alcanzando un rendimiento de 11740,1 kg/ha. La relación beneficio/costo con mejor ponderación, la obtuvo el tratamiento T1 (Urea) con 1,50, dejando un beneficio neto de \$ 3523,05, concluyendo que este es el mejor tratamiento obtenido en este ensayo con respecto a la zona de estudio.

La urea es uno de los fertilizantes químicos con mayor uso y aplicación en la agricultura convencional, generando excelentes rendimientos, siempre que se aplique en proporciones adecuadas; sin embargo un exceso puede repercutir en problemas de contaminación. El Micro-azot, como solución que contiene Azotobacter y Clostridium, es un estimulante que promueve la fijación de Nitrógeno, y otros elementos, de forma natural, lo que se muestra en los resultados y es un excelente postulado natural frente a la aplicación de urea.

## Referencias

- Aung, K., Jiang, Y. y He, S. Y. (2018). The role of water in plant in plant microbe Interaction. *The Plant Journal*, 93: 771-780
- Baeta, S. A.; Kumar, F. N.; Stone, L. F. and Baeta, T. P. (2016). Effect of irrigation and nitrogen fertilization on the agronomic traits and yield of irrigated rice. *Rev. Ceres, Vicoso*. 63(5):724-731.
- Bonomelli, C; Artacho, P; Maraboli, A. (2018). Factores fisiológicos a considerar en la fertilización nitrogenada del cerezo. *Red Agrícola. Informe general*. Pp1-5. Santiago.
- Capetillo – Burela, A; Zetima – Lezama, R; Reynolds – Chávez, M; Ortega – Jiménez, E; López – Collado, C; Matilde – Hernández, C (2021). Clasificación de suelos de riego cultivados con pasto Taiwán (*Pennisetum purpureum*) en Piedras Negras, Veracruz. In: Saynes-Santillán V., Fernández-Luqueño F., Ortiz-Monasterio-Rosas J. I. (Eds.). *Uso Eficiente de Nitrógeno en la Agricultura*. México. pp. 43 – 47.
- Espinoza, J (2012). *La urea y su comercialización en Chile*. Informe. Oficina de Estudios y Políticas Agrarias. Ministerio de Agricultura. Gobierno de Chile.
- FAOSTAT (2022). El sitio web de la base de datos estadísticos corporativos de la Organización para la Agricultura y la Alimentación. Cultivo y productos de ganadería. Producción/Rendimiento de lechuga y achicoria Ecuador. Consultado en línea y disponible en: <https://www.fao.org/faostat/es/#data/QCL/visualize>
- EUROAGRO. (2019). Micro-azot. Bio fertilizante / fijador de Nitrógeno. Cuenca. Obtenido de <http://https://studylib.es/doc/5577453/azotobacter-es-una-bacteria-cuya-principal-caracter%C3%ADstica...>
- García-Velázquez, L. y Gallardo, A. (2017). El ciclo global del nitrógeno. Una visión para el ecólogo terrestre. *Revista Ecosistemas*, 26 (1): 4-6.
- Galloway, J. N.; Aber, J. D.; Erisman, J. W.; Seitzinger, S. P.; Howarth, R. W.; Cowling, E. B. and Cosby, B. J. (2003). The nitrogen cascade. *BioSci*. 53(4):341-356
- Jaramillo, J; Aguilar, P; Tamayo, P. (2016) Modelo tecnológico para el cultivo de lechuga bajo buenas prácticas agrícolas en el oriente antioqueño. Recuperado de <https://es.scribd.com/document/352080037/MANUAL-DEL-CULTIVO-DE-LALECHUGA>
- Lara – Izaguirre, Y; Rojas – Velásquez, A; romero – Méndez, M; Ramírez – Tobías, H; Cruz – Crespo, E; Alcalá – Jáuregui, J; Loredó – Ostí, C (2019). Crecimiento y acumulación de NO<sub>3</sub> - en lechuga hidropónica con relaciones nitrato/amonio en dos estaciones de cultivo. *Rev. Fitotec. Mex*. Vol. 42 (1): 21 – 29. ISSN 0187-7380. México DF.
- Marhuenda, J; García, J; (2015). Lechuga en Maroto, J y Baixauli, C (Eds.), *Cultivos Hortícolas al aire libre* (p. 239-270). Recuperado de <https://es.scribd.com/document/359988473/Cultivos-Hortícolas-Al-Aire-Libre-2>
- Morales – Morales, E; Rubí – Arriaga, M; López – Sandoval, J; Martínez – Campos, A; Morales – Rosales, E. (2019). Urea (NBPT) una alternativa en la fertilización nitrogenada de cultivos anuales. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*.
- Morocho, M y Mora-Leiva, M. (2019). Microorganismos eficientes, propiedades funcionales y aplicaciones agrícolas. *Revista Centro Agrícola*. ISSN 0253-5785. Santa Clara

- Pino, H. y Añez, B. (1997). Forma y tiempo de aplicación de nitrógeno en la producción de lechuga. *Rev. Forest. Venezolana* 41(1):87-88.
- Reyes, A, y Soler, L. (2013). Efecto de la fertilización nitrogenada y de la materia orgánica en el cultivo de lechuga (*Lactuca sativa* l.) c.v. whithe boston improved. y las propiedades del suelo en condiciones de tapo – Huaribamba. Tesis de pregrado. Recuperado: <http://repositorio.unh.edu.pe/handle/UNH/154>.
- Saavedra, G. (2017). Manual de producción de lechuga, Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA). Santiago de Chile, Chile.
- Saynes – Santillán, V; Fernández – Luqueño, F; Ortiz – Monasterio Rosas J. I (2021). Uso Eficiente de Nitrógeno en la Agricultura. (Eds.). CINVESTAT. México. Pp 205. ISBN. 978-607-9023-64-5
- Schlesinger, H. W. (2009). On the fate of anthropogenic nitrogen. *PNAS*. 106(1):203-208.
- Solís, P; Concepción, J; Carles, L; (2016): banco de Desarrollo Agropecuario. Manual de costos de producción y coeficientes pecuarios. Panamá. pp.60.
- Tarigo, Repetto y Acosta (2004) Evaluación agronómica de biofertilizantes en la producción de Lechuga (*Lactuca Sativa*) a campo. Tesis de pregrado. Ingeniería agronómica. Universidad de la República de Uruguay. Montevideo. Recuperado de <http://biblioteca.fagro.edu.uy/iah/textostesis/2004/3171tar1.pdf>
- Uribe, G., Dzib, R., (2016). Micorriza arbuscular (*Glomus intraradices*), *Azospirillum brasilense* y *Brassinosteroides* en la producción de maíz en el suelo luvisol. *Agric Téc*, 32(1). Recuperado de la página web: [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0568-25172006000100007](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0568-25172006000100007)
- Vega, A (2017). El efecto del nitrógeno en las enfermedades de las plantas. Informe. Universidad de Chile. Departamento de Ciencias Vegetales. Santiago. Pp. 33-35.
- Velasco J., G. Aguirre y N. Ortuño (2016) Humus líquido y microorganismos para favorecer la producción de lechuga (*Lactuca sativa* var. Crespa) en cultivo de hidroponía. *Journal of the Selva Andina Biosphere* 4:71-83.
- Velásquez, S. (2019). "Densidad de siembra en la producción de lechuga (*Lactuca sativa* l.) Cv. Angelina bajo condiciones de la Molina". Tesis de grado. UNALM. Lima.
- Vivian, Z.; Larsona, J. A.; Yinb, X.; Savoyc, H. J.; McClureb, A. M.; Essingtonc, M. E. and Boyera, Ch. N. (2018). Profitability of enhanced efficiency urea fertilizers in no-tillage corn production. *Agron. J. Abs. - Crop Econ. Prod. Manag.* 110(4):1439-1446.