

**Crecimiento de lechuga (*Lactuca sativa*) en respuesta a diferentes combinaciones de urea con enmiendas orgánicas (gallinaza y bovinaza) y asociación con maní forrajero (*Arachis pintoi*)**

**Growth of lettuce (*Lactuca sativa*) in response to different combinations of urea with organic amendments (chicken manure and bovine manure) and association with forage peanut (*Arachis pintoi*)**

**Miguel Angel Erazo-Chaguezac<sup>1</sup>, Juan Diego Munevar-Velandia<sup>1</sup>, Jaime Dario Posada-Rua<sup>1</sup>, Ramiro Ramírez-Pisco<sup>2</sup>**

**2022**

<sup>1</sup>Universidad Nacional de Colombia Sede Medellín Cra. 65 ## 59A - 110, Medellín, Antioquia Facultad de Ciencias Agrarias. Departamento de Ciencias Agronómicas. Laboratorio de Física de Suelos, Medellín, Colombia. e-mail: jmunevarv@unal.edu.co, jposadar@unal.edu.co, merazoc@unal.edu.co

<sup>2</sup>Universidad Nacional de Colombia Sede Medellín. Facultad de Ciencias. Escuela de Geociencias. Laboratorio de Física y conservación de Suelos. Medellín, Colombia. rramirez@unal.edu.co

**RESUMEN**

Los cultivos de lechuga demandan una gran cantidad de nitrógeno durante toda su etapa vegetativa, este nutriente está implicado en la síntesis de proteínas y generación de biomasa en las hojas. A nivel mundial la urea es el fertilizante nitrogenado más utilizado para los cultivos, aproximadamente 200 millones de toneladas de urea se producen al año, para el caso de la lechuga las dosis que se recomienda en un ciclo de cultivo oscila entre 120 y 150 kg de nitrógeno por hectárea. Actualmente, el mundo vive una crisis mundial por escasez de fertilizantes nitrogenados como la urea, por esta razón hay necesidad de encontrar nuevas fuentes de nitrógeno que complementen la demanda de los cultivos, entre las fuentes de nitrógeno se pueden utilizar la “gallinaza” y el estiércol de rumiantes o “bovinaza”; en la investigación se trabajó con estos dos materiales junto con la urea y un tratamiento asociado con una leguminosa fijadora de nitrógeno (*Arachis pintoi*), en un total de 13 tratamientos, 5 repeticiones dispuestos en bloques totalmente al azar bajo invernadero, cada tratamiento se fraccionó en diferentes concentraciones hasta llegar a la dosis de referencia de 120 kg de nitrógeno por hectárea. La mayor biomasa aérea se obtuvo con el tratamiento de gallinaza al 100%, con un promedio de 3.8 g/planta de masa seca y área foliar de 921.5 cm<sup>2</sup>/planta en promedio. La biomasa más baja se obtuvo con la aplicación de urea 100%, y con el aumento en la dosis de materia orgánica, bovinaza o gallinaza, las plantas incrementaron la biomasa. El contenido de potasio, fósforo y azufre foliar fueron mayores con la aplicación de gallinaza y bovinaza. Se evidencia que la materia orgánica es una fuente de nutrientes, que proporciona los requerimientos necesarios para el cultivo de lechuga.

**Palabras clave:** Biomasa, fertilización nitrogenada, materia orgánica, urea.

## ABSTRACT

Lettuce crops require a large amount of nitrogen throughout their vegetative stage; this nutrient is involved in protein synthesis and biomass generation in the leaves. Globally, urea is the most commonly used nitrogen fertilizer for crops, with approximately 200 million tons produced annually. For lettuce, the recommended dosage during a growing cycle ranges between 120 and 150 kg of nitrogen per hectare. Currently, the world is experiencing a global crisis due to a shortage of nitrogen fertilizers like urea, highlighting the need to find new nitrogen sources to meet crop demands. Among the sources of nitrogen, chicken manure and ruminant manure, or 'bovine manure,' can be used. This research focused on these two materials along with urea and a treatment associated with a nitrogen-fixing legume (*Arachis pintoii*), resulting in a total of 13 treatments with 5 replications arranged in completely randomized blocks under greenhouse conditions. Each treatment was fractionated into different concentrations until reaching the reference dosage of 120 kg of nitrogen per hectare. The highest aerial biomass was obtained with the treatment of 100% chicken manure, averaging 3.8 g/plant of dry mass and a leaf area of 921.5 cm<sup>2</sup>/plant. The lowest biomass was obtained with the application of 100% urea. With increasing doses of organic matter, whether from bovine or chicken manure, the plants increased their biomass. The leaf content of potassium, phosphorus, and sulfur was higher with the application of chicken manure and bovine manure. It is evident that organic matter is a source of nutrients that provides the necessary requirements for lettuce cultivation.

**Index words:** *Biomass, nitrogenous fertilizer, organic matter, urea.*

## INTRODUCCIÓN

En el cultivo de lechuga, el nitrógeno es fundamental para la obtención de altos rendimientos; Sylvestre y otros (2019) reportan que la dosis recomendada es de hasta 120 kg de nitrógeno por hectárea para este cultivo. Tal elemento es uno de los macronutrientes más limitantes en el periodo vegetativo ya que es esencial para el crecimiento de las plantas participando en la formación de aminoácidos necesarios para la síntesis de proteínas y enzimas, como parte de las moléculas de ADN y crítico para la producción de clorofila (Hauck y Schrader, 1984).

La urea es uno de los fertilizantes nitrogenados de mayor uso en el sector agrícola (Prasad, 1998; Tan et al, 2012). Actualmente se producen cerca de 200 millones de toneladas para suplir su demanda alrededor del mundo ya que es una fuente importante para la obtención de altos rendimientos en la agricultura que tiene como reto garantizar la seguridad alimentaria de una población en constante crecimiento. Sin embargo, aproximadamente una cuarta parte de la urea aplicada a los suelos se pierde en el medio ambiente debido a su baja eficiencia (40% a 70%); esta baja eficiencia se produce por su rápida liberación en el suelo lo que puede conllevar a contaminación de las aguas subterráneas por lixiviación de nitratos (Beig et al, 2020). Zhang y otros (2010) mencionan que las pérdidas por lixiviación fluctúan entre un 6,7% y un 19%. Además se produce liberación de amoníaco a la atmósfera por volatilización, emisión de óxido nítrico e incrementando así los gases de efecto invernadero aunado a las pérdidas económicas

para los agricultores (Prasad, 1998; Witte, 2011; Beig et al, 2020). Aunado a todo esto, los precios de la urea han tenido un incremento de alrededor de un 214% desde enero del 2021 ya que algunos de los principales productores como China y Rusia han impuesto restricciones en la exportación de fertilizantes; primero impulsados por el alto costo de la energía como carbón y gas usado en su producción y segundo porque han puesto más interés en satisfacer su demanda interna; adicionalmente, Rusia y Ucrania se encuentran actualmente en un conflicto bélico lo que complica aún más el panorama para la obtención de urea ya que un gran porcentaje de este compuesto Colombia lo importa de estos dos países.

Un posible camino para suplir la nutrición vegetal y disminuir el uso y la dependencia de fertilizantes inorgánicos, es el uso de materia orgánica; su aplicación se ha demostrado que mejora la salud y calidad del suelo optimizando los ciclos biogeoquímicos de nutrientes (Dutta et al, 2010). En particular, los estiércoles de animales como la gallinaza y la bovinaza entre otros, han sido bien documentados en que ayudan a mejorar diferentes propiedades de los suelos como su estructura y fertilidad (DeJager et al, 2001; Palm et al, 2001). Los estiércoles son considerados como componentes claves para restablecer la productividad de suelos degradados ya que suple muchos nutrientes, aumenta el pH de suelos ácidos, aumenta los contenidos de materia orgánica lo que a su vez mejora las propiedades físicas y microbiológicas del suelo (Zingore et al, 2008). Investigaciones llevadas a cabo por Akande y Adediran (2004) han encontrado que la gallinaza incrementa los niveles de nitrógeno (N), fósforo (P), potasio (K), calcio (Ca), magnesio (Mg) y facilitan la toma de nutrientes por las plantas reduciendo así los costos por fertilizantes en diferentes sistemas productivos. El uso de estiércoles no solamente incrementa el N inorgánico en el suelo sino que también fomenta la mineralización del N haciéndolo disponible para las plantas (Ma, 1999; Abbasi et al, 2010).

En este contexto, el objetivo de este trabajo fue medir hasta qué punto se puede reemplazar el uso de urea por enmiendas orgánicas (gallinaza y bovinaza) para suplir los requerimientos de nitrógeno en plantas de lechuga.

## MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se llevó a cabo en las instalaciones de la Universidad Nacional de Colombia-Sede Medellín, con coordenadas geográficas de 6° 15' 43.88'' N, 75° 34' 37.09'' W. La localización se encuentra a una altitud de 1.495 msnm y con temperaturas máximas y mínimas de 28 y 15°C respectivamente. El experimento fue realizado bajo un ambiente protegido (invernadero del bloque 47A).

Se usó lechuga (*Lactuca sativa* L.) como planta indicadora, se necesitaron 65 plántulas de 35 días de plantadas con procedencia del municipio de Marinilla de la empresa Germioriente. El sustrato de siembra fue suelo proveniente del municipio de Santuario y se establecieron en macetas de 1 kg.

Textura				pH	%		cmol (+)/ kg						mg/kg					
A%	L%	Ar%	CTx		MO	CO	Al	Ca	Mg	K	CICE	CIC	P	Fe	Mn	Cu	Zn	B
49	30	21	F	5.1	6.57	3.81	1.3	0.09	0.06	0.02	1.47	21.24	23.67	38.53	1.53	9.08	0.28	0.36

**Tabla 1.** Análisis fisicoquímico del suelo usado como sustrato para las plantas de lechuga

Como fuente nitrogenada se usó urea comercial (46-00-00), gallinaza Nutrisuelo® procedente del municipio de Guarne, Antioquia y bovinaza proveniente de la Central Ganadera S. A. en el municipio de Medellín, Antioquia. Para el establecimiento de maní forrajero (*Arachis pintoi*) se extrajeron estolones de plantas cercanas a la ubicación del experimento.

**Tabla 2.** Composición química de la gallinaza y la bovinaza

Gallinaza		Bovinaza	
Nitrogeno total (N)	1.85%	Nitrogeno total (N)	2.00%
Fosforo total (P)	4.02%	Fosforo total (P)	1.00%
Carbono organico oxidable	15.96%	Carbono organico oxidable	26.00%
Relacion C/N	31.23	Relacion C/N	12
Potasio soluble en agua	1.15%	Calcio (CaO)	5.00%
Cenizas	17.15%	Magnesio (MgO)	0.70%
Humedad máxima	30%	Humedad máxima	32.00%
pH	8.95	pH	6
CIC	31.85 meq/100g	CIC	52 meq/100g
conductividad eléctrica	4.50 dS/m		

### Diseño experimental

El esquema de aleatorización consiste en un diseño de bloques completamente al azar, con 13 tratamientos y 5 repeticiones.

**Tabla 3.** Tratamientos aplicados. U: Urea B: Bovinaza G: Gallinaza

Los números después de cada letra corresponden al porcentajes de nitrógeno, el 100% corresponde al equivalente a 120 kg N/ha.

Tratamiento	Denominación	Correspondencia
T1	U100G0B0	U 100% G0 B0
T2	U80G20	U 80% G20%
T3	U60G40	U 60% G40%
T4	U40G60	U40% G60%
T5	U20G80	U 20% G 80%
T6	U0G100	U0 G 100%
T7	U80B20	U80% B20%
T8	U60B40	U60% B40%
T9	U40B60	U40% B60%
T10	U20B80	U20% B80%
T11	U0B100	U0 B100%
T12	MF	Mani Forrajero
T13	U0G0B0	U0 G0 B0 (sin aplicación)

## Evaluación del desarrollo de las plantas

A cada unidad experimental se le midió: número de hojas, temperatura de la hoja, humedad del suelo, contenido de clorofila. Se realizaron las mediciones a los 19, 26, 33, 40, 47 días después del trasplante. La cosecha se realizó transcurridos 50 días, a las plantas se les midió el área foliar, la biomasa radical y la biomasa de las hojas de cada unidad experimental y finalmente se realizó un análisis foliar para determinar el contenido de nitrógeno N.



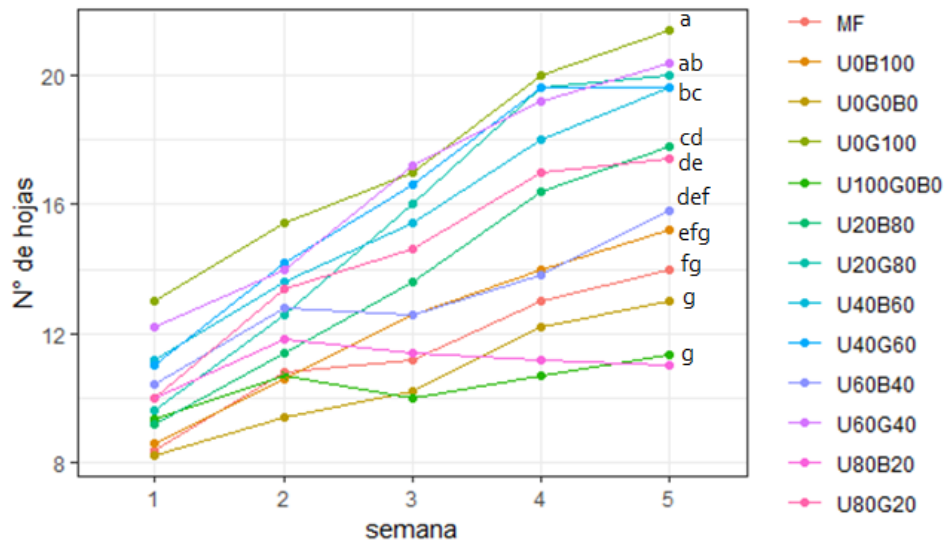
**Figura 1.** (A). Montaje del experimento. (B). Plantas sembradas. (C). Establecimiento de los tratamientos. (D). Crecimiento de las plantas de lechuga.

## Resultados y discusión

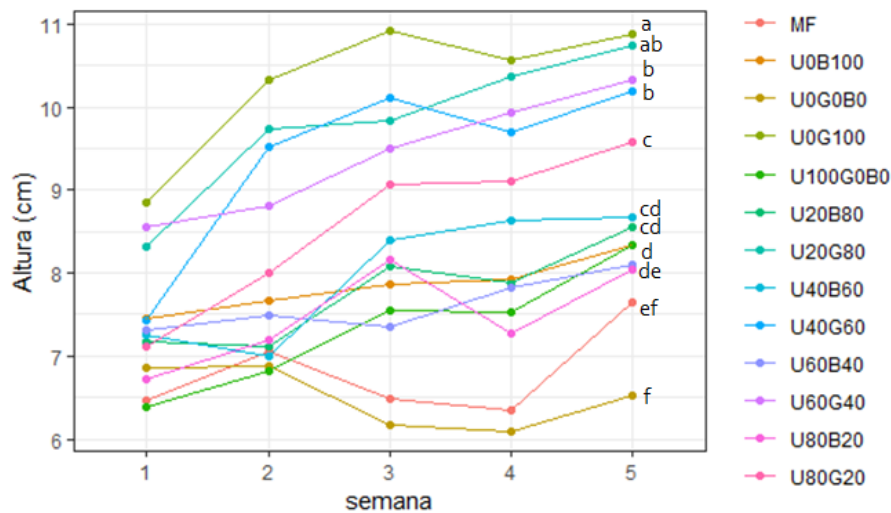
### Crecimiento

Los resultados indican un crecimiento mayor en los tratamientos con contenidos de materia orgánica. Especialmente, U0G100, puesto que el promedio fue mayor a lo largo del ciclo del cultivo en variables como altura y número de hojas, con valores promedio entre repeticiones de 10.3 y 17.36 respectivamente (Tabla 4). esto coincide con la investigación desarrollada por Olaniyi (2008) en la que se encontró que el promedio de número de hojas fue mayor en los tratamientos con gallinaza en comparación con la urea comercial después de ocho semanas luego del trasplante. Los tratamientos de gallinaza presentaron diferencias significativas con el resto de los tratamientos, en mayor magnitud, con las plantas donde no se aplicó ningún tratamiento, la asociación con maní forrajero y en los tratamientos con urea 100% (U100B0G0) (Tabla 4). Sin embargo, en las variables como índice de clorofila y humedad, el aumento de biomasa no fue proporcional. Puesto que, para la variable índice de clorofila los mayores valores fueron de U40G60 y U60G40, con valores de 10.83 y 10.44 respectivamente, diferencias muy significativas con U100 G0B0, MF y U0G0B0. Respecto a la humedad del suelo los resultados indican que fue inversamente proporcional a la acumulación de biomasa seca y se basa en la relación lineal que existe entre la producción de biomasa y la transpiración vegetal (Ben-Gal et al., 2003), así, las plantas con mayor biomasa como las del tratamiento U0G100 presentan a su vez una mayor transpiración y por ende menor humedad en el suelo (figura 5). Los promedios de altura y número de hojas aumentan a medida que se aplicaba más materia orgánica o gallinaza. El número de hojas (Figura 2) a lo largo del ciclo una dinámica

creciente, con promedios más altos en el tratamiento con G100, a medida que se aplicaba menos gallinaza en los tratamientos se disminuyó el crecimiento de las plantas. Algo similar ocurrió con la altura (figura 3), donde los promedios fueron mayores a medida que se incrementa el contenido de materia orgánica, primero con bovinaza y más altos con gallinaza.



**Figura.2** Número de hojas durante las 5 semanas de crecimiento, en cada tratamiento, las letras distintas indica diferencias significativas.



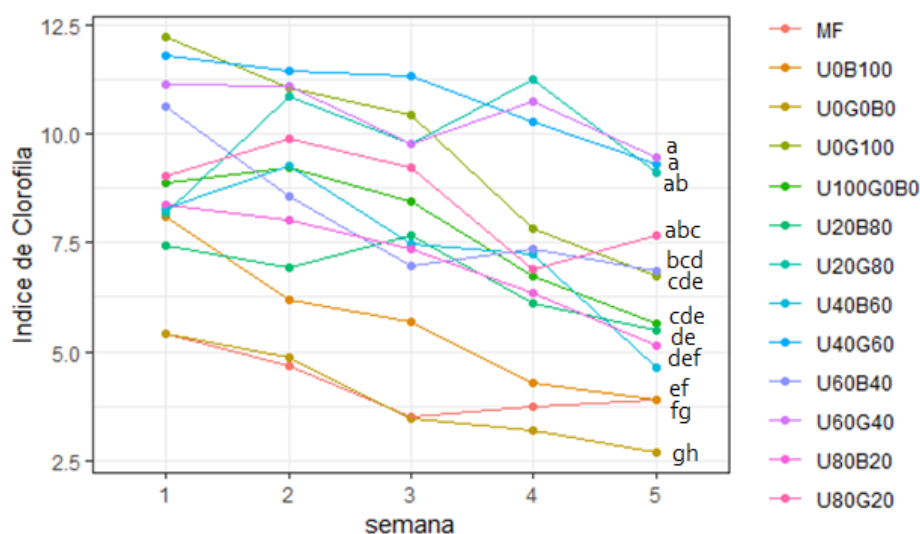
**Figura. 3** Altura de la planta durante las semanas de crecimiento del cultivo, para cada tratamiento, letras diferentes indica diferencias significativas.

**Tabla 4.** Crecimiento de las plantas de lechuga en los distintos tratamientos

Tratamientos	Variables de Crecimiento			
	Numero de hojas	Altura	IC	Humedad suelo
		cm		%
U0 G100	17.36 a	10.3 a	9.65 abc	20.39 e
U20 G80	15.56 bc	9.79 ab	9.82 ab	22.48 de
U40 G60	16.2 ab	9.39 b	10.83 a	22.34 de
U60 G40	16.6 ab	9.41 b	10.44 a	25.79 cd
U80 G20	14.48 cd	8.57 c	8.54 bcd	26.37 cd
U0 B100	12.2 efg	7.89 cd	5.62 fg	30.58 ab
U20 B80	13.68 de	7.76 d	6.73 ef	29.68 abc
U40 B60	15.56 bc	7.99 cd	7.38 de	27.84 abc
U60 B40	13.08 def	7.61 d	8.07 cde	27.98 abc
U80 B20	11.08 g	7.47 de	7.05 def	27.03 bc
MF	11.48 fg	6.79 ef	4.24gh	31.88 a
U0B0G0	10.6 g	6.50 f	3.92 h	27.55 bc
U100 G0B0	10.4 g	6.50 f	7.78 cde	31.24 ab

†Letras distintas en la misma columna indican diferencias significativas según la prueba de Tukey ( $P \leq 0.05$ ), IC= índice de clorofila, H= humedad del suelo.

El índice de concentración de clorofila (ICC) disminuyó a lo largo del ciclo, los promedios fueron más altos en la semana uno (figura 4), y se observó que el ICC más alto fue el del tratamiento de gallinaza 100% y en la medida que aumentó la proporción de urea en el tratamiento se disminuyó el ICC, siendo mayores con la adición de gallinaza que con la bovinaza. Cuando en la fertilización no hay adición de materia orgánica, el nitrógeno inorgánico disminuye paulatinamente en consecuencia la planta no lo puede extraer y se refleja en el ICC que es más bajo con urea, el N es removilizado desde las hojas viejas a brotes nuevos y es posible que se vea reducido el ICC.



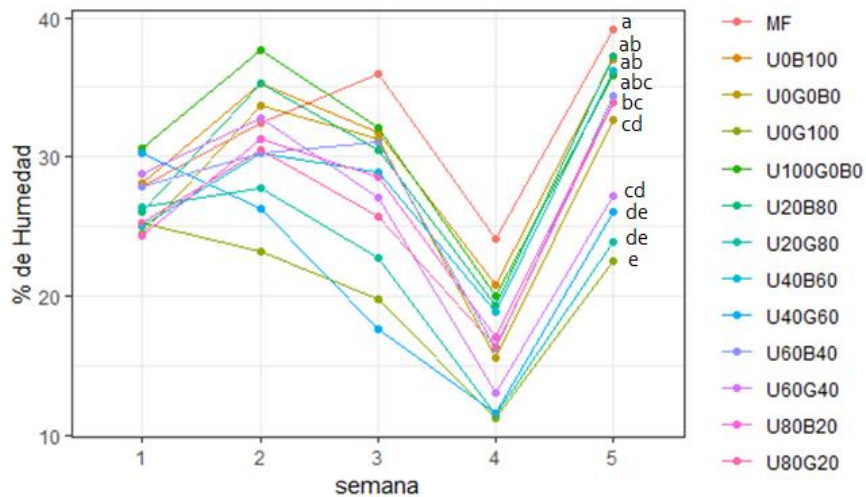
**Figura 4.** Índice de clorofila durante el ciclo de crecimiento, letras distintas indican diferencias significativas.

Sin embargo con los resultados del análisis foliar no se halló correlación directa entre la concentración de N y el ICC.

Los tratamientos con gallinaza, mostraron mayores niveles de potasio, inclusive con la proporción más baja de gallinaza (G20%) el potasio foliar de 0,89 fue similar al de bovinaza100% (0,91) y mayores al resto de tratamientos (Tabla 5). Es importante resaltar que la biomasa fue mayor correlativamente con los contenidos de potasio. De este modo se corrobora que la materia orgánica (gallinaza y bovinaza) es una fuente importante de nutrientes y dentro de ellos el más destacado es el potasio, pero también es notable que el fósforo y el azufre fueron altos (Tabla 5) con la adición de estos abonos, en este sentido Grassi et al., (2015) sugiere que la materia orgánica puede proporcionar los nutrientes necesarios para obtener buenos rendimientos en la lechuga. Hernández et al., (2010) menciona que el vermicompost con 25 semanas de procesado aplicado a 18,5 Ton/ha en plantaciones de lechuga puede proporcionar nutrición para que el cultivo crezca adecuadamente, mencionando que las plantas en las primeras 4 semanas tienen crecimientos superiores a las aplicaciones de fertilizantes minerales, algo muy similar a lo ocurrido con la U0G100 (figuras 2 y 3), esto podría ser posible por la presencia de promotores de crecimiento en la materia orgánica, tales como las auxinas y gibelinas (Nogales et al., 2005).

**Tabla 5.** Composición foliar de la lechuga con los diferentes tratamientos.

Tratamientos	%						Mg/kg				
	N	Ca	Mg	K	P	S	Fe	Mn	Cu	Zn	B
U100G0B0	3,85	0,88	0,26	0,48	0,13	0,11	2860,9	235,59	13,09	65,49	89,64
U80G20	2,83	0,75	0,25	0,89	0,13	0,14	2164,16	133,97	10,74	44,53	50,58
U60G40	2,33	0,59	0,2	1,15	0,15	0,13	766,32	103,97	7,65	38,39	45,49
U40G60	1,49	0,54	0,17	1,37	0,14	0,12	1182,56	97,45	7,37	35,91	26,8
U20G80	1,82	0,59	0,19	1,97	0,16	0,13	1121,02	107,25	8,98	37,06	32,73
U0G100	1,5	0,55	0,17	2,23	0,18	0,12	906,91	111,48	7,33	37,68	45,97
U80B20	3,64	0,65	0,23	0,5	0,18	0,11	1534,42	163,23	9,78	66,69	60,16
U60B40	2,48	0,63	0,26	0,43	0,11	0,11	3025,34	206,09	16,74	63,47	51,67
U40B60	1,81	0,57	0,23	0,43	0,14	0,1	928,56	168,64	9,01	56,17	45,48
U20B80	1,47	0,56	0,23	0,57	0,16	0,1	980,17	177,84	6,6	51,22	37,22
U0B100	0,98	0,52	0,19	0,91	0,19	0,07	880,58	147,78	6,8	42,21	39,8
MF	1,04	0,46	0,2	0,67	0,2	0,07	896,89	159,43	5,8	47,45	34,45
U0G0B0	0,97	0,47	0,2	0,52	0,18	0,07	1179,9	148,58	6,76	48,48	53,37



**Figura 5.** Porcentaje de humedad durante el ciclo de cultivo, letras distintas indican diferencias significativas entre tratamientos.

### Biomasa

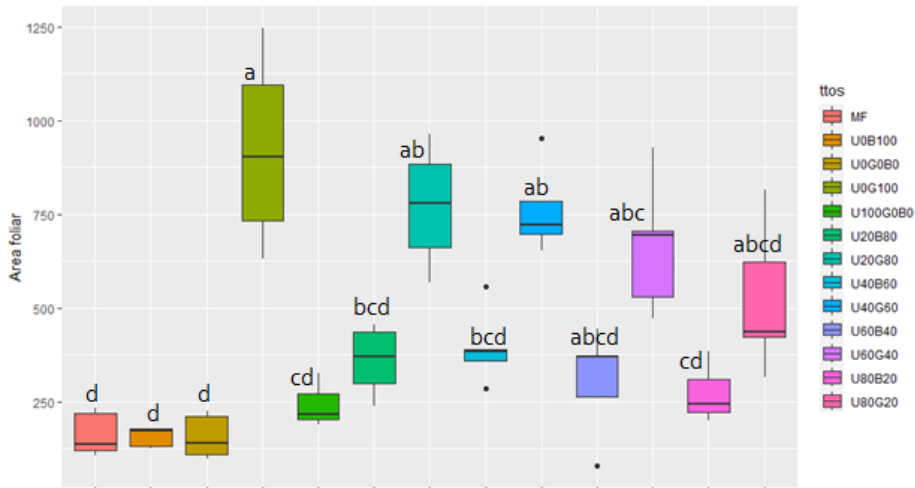
La acumulación de biomasa presentó comportamiento similar a las otras variables de crecimiento, el tratamiento con mayor masa seca área fue U0G100, con un promedio de 3.87 g/planta y área foliar de 921.56 cm<sup>2</sup>/ planta, las diferencias fueron muy significativas con U100G0B0, MF y U0G0B0 (Tabla 6), con una misma tendencia donde a mayor contenido de materia orgánica o gallinaza la biomasa aumentaba; esto concuerda con los resultados obtenidos por Hamdar & Rubeiz (2000) en los que se evidencia que la mayor acumulación de materia seca aérea y rendimiento fueron mayores en los tratamientos en los que se usó gallinaza como fertilizante en comparación con el fertilizante químico. Así mismo, la biomasa de las hojas aumenta y los mejores resultados los mostró el tratamiento 100% de gallinaza (figura 6), lo mismo sucede con la biomasa radical (figura 7) y área foliar (figura 5) donde el peso y el área incrementa con el aumento de la cantidad de gallinaza en cada tratamiento con una tendencia clara. Estos resultados concuerdan con lo expuesto por Jin et al., (2022), donde utiliza diferentes tratamientos de materia orgánica a concentraciones de 6 y 9 Ton/ha en combinación con 30% de fertilización mineral para cada uno y lo contrasta con fertilización mineral al 100%. Las diferencias fueron significativas entre la aplicación de materia orgánica y la fertilización mineral, los valores estimados de rendimiento de los tratamientos con materia orgánica fueron de 40000 kg/ha aproximadamente, y con la fertilización mineral al 100% se produjo alrededor de 32000 kg/ha aproximadamente. Por otro lado, Hernandez et al., (2016), reportan que los mejores rendimientos en lechuga se lograron con aplicaciones de estiércol de oveja a 25 ton/ha.

**Tabla 6.** Biomasa de las plantas de lechuga a los 50 días después del trasplante

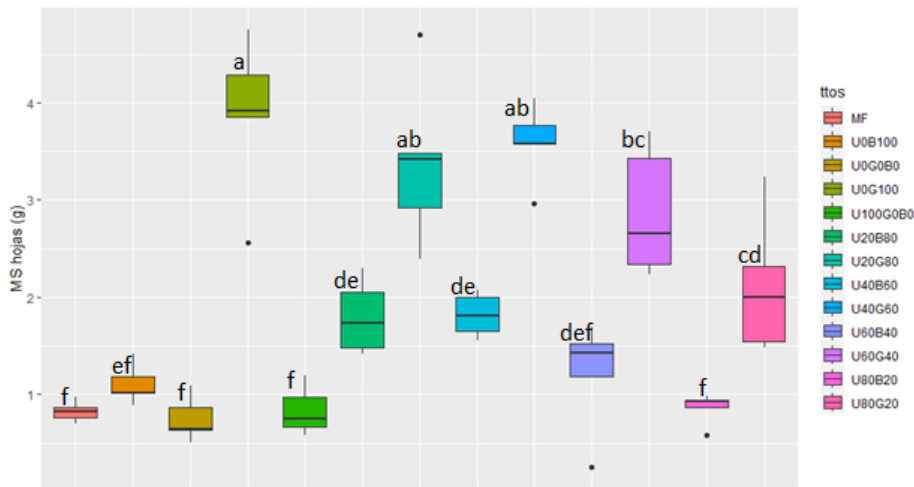
Tratamientos	Variables de biomasa		
	Area Foliar	Biomasa Aerea	Biomasa de raiz
	cm <sup>2</sup>	g	g
U0G100	921.56 a	3.87 a	1.98 a
U20G80	771.09 ab	3.38 ab	1.82 a
U40G60	761.98 ab	3.58 ab	1.52 ab
U60G40	665.34 abc	2.87 bc	1.20 bc
U80G20	522.41 abcd	2.11 cd	0.92 cd
U0B100	157.03 d	1.10 ef	0.69 cde
U20B80	359.53 bcd	1.79 de	0.74 cde
U40B60	395.17 bcd	1.81 de	0.65 de
U60B40	569.58 abcd	1.21 def	0.55 de
U80B20	271.96 cd	0.86 f	0.49 de
MF	162.78 d	0.82 f	0.42 de
U0B0G0	156.29 d	0.748 f	0.32 e
U100G0B0	243.48 cd	0.84 f	0.30 e

† Letras distintas en las mismas columnas indican diferencias significativas según la prueba de Tukey ( $P \leq 0.05$ ).

Como se mencionó previamente, la materia orgánica puede proporcionar nutrientes importantes para los cultivos, además de aportar beneficios para los microorganismos del suelo y la física del suelo, químicamente se ha demostrado que tiene un potencial importante, y físicamente ayuda con la estructura del suelo y la formación de agregados, además de incrementar la capacidad de retención de agua, tal como se evidenció en este trabajo, al incrementar la proporción de gallinaza elevó el contenido de humedad hasta 25% y comportamiento similar con bovinaza pero con mayor nivel de humedad hasta 30% y con la cobertura de maní forrajero la humedad fue mayor de 31%, de tal manera que la implementación de materia orgánica en la agricultura hace que el campo y los cultivos se puedan llevar de una manera sostenible tanto ambiental como económicamente, así como lo menciona Rose et al., (2014), los fertilizantes nitrogenados se pueden reemplazar hasta el 52% sin llegar a tener pérdidas en rendimiento y económicas.

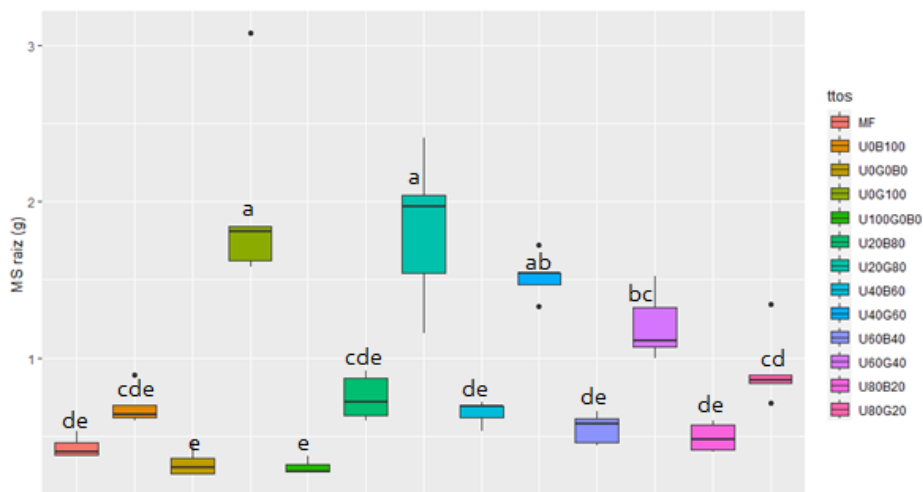


**Figura.5** Área foliar de las plantas de lechuga para cada tratamiento, letras distintas indican diferencias significativas.

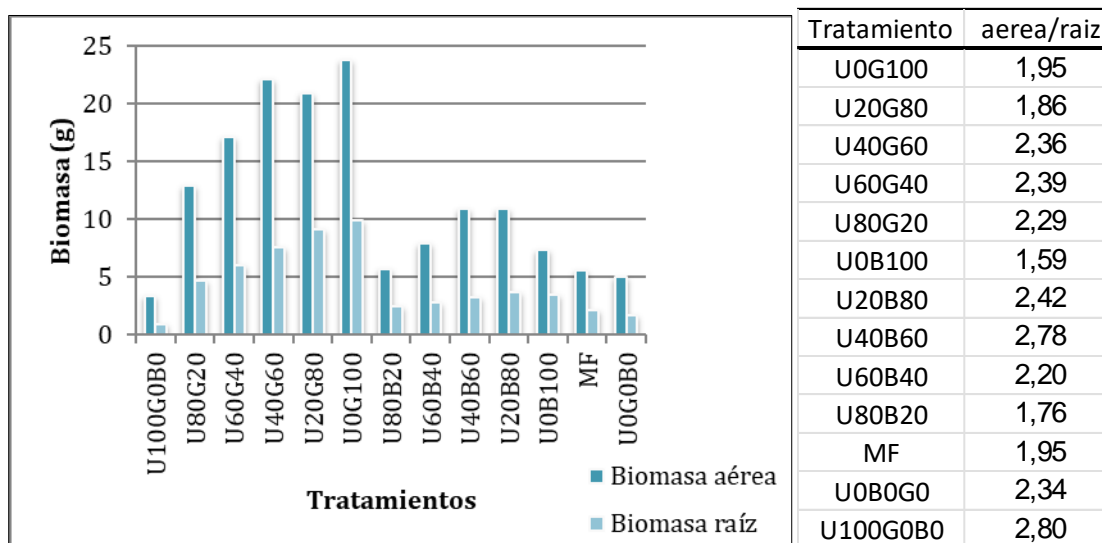


**Figura. 6.** Biomasa de hojas de lechuga, letras distintas indican diferencias significativas





**Figura. 7.** Biomasa de raíz de las plantas de lechuga, letras distintas indican diferencias significativas



**Figura. 9** Relación biomasa aérea y biomasa de raíz.

La relación biomasa aérea/ biomasa raíz es más baja para los tratamientos de gallinaza y bovinaza al 100% (Figura 9), que podrían estar relacionadas con bajos niveles de nitrógeno, que puede conllevar a un vigoroso desarrollo de la raíz (López *et al.*, 2023). En este sentido el valor más alto de la relación biomasa aérea/raíz del tratamiento Urea100% se relaciona con el más alto contenido de N (3,85%) en la planta, que proviene de la alta disponibilidad de N en el suelo. En cambio los valores bajos de la relación biomasa aérea/raíz (G100%; B100% y MF) se corresponden con los valores más altos de fósforo (0,18% 0,19 y 0,20% respectivamente) en la planta y bajos contenidos de N (1,5% 0,98 y 1,04% respectivamente) (Tabla 5).

Las plantas de mayor desarrollo aéreo fueron las que tenían mayores proporciones de urea en la fertilización, siendo un poco mas alta la relación biomasa aérea/raíz en las plantas de los tratamientos combinados con bovinaza que con gallinaza. Es notable que la combinación de urea40% + bovinaza 60% mostró una relación biomasa aérea/raíz similar a la de urea100%.



**100% Urea**

**20% urea-  
80%gallinaza**

**100% gallinaza**

*Mayor materia orgánica = mayor  
biomasa y crecimiento*

### **Conclusiones**

Se evidenció que el número de hojas, el área foliar, la altura y la biomasa de las lechugas fue la mayor con el tratamiento gallinaza 100%, y que respecto al testigo la biomasa se incrementó 5 veces.

La menor biomasa se obtuvo con el tratamiento urea100% y se incrementó en la medida que se adicionó bovinaza, y con gallinaza el resultado fue máximo.

El contenido de nitrógeno foliar, fueron los más altos (<3,6%) con los tratamientos de urea 100% y urea80%+ bovinaza20%, y a medida que en el tratamiento se disminuye la proporción de urea directamente se disminuye el N foliar.

El contenido de potasio foliar se incrementó en la medida en que la proporción de gallinaza, aumentaba en el tratamiento, llegando a valores de 2,23 % en el tratamiento de 100% gallinaza. Y el nivel más bajo de 0,89% de K fue mayor que en el resto de tratamientos, así se vió el aporte de potasio que ofrece la gallinaza.

El contenido de fósforo y azufre foliar es mayor en los tratamientos con bovinaza y gallinaza, lo que evidencia que la materia orgánica es una fuente importante de nutrientes, entre ellos el potasio, fósforo, el azufre y el nitrógeno.

#### LITERATURA CITADA

Abbasi, M.K., Khaliq, A., Shafiq, M., Kazmi, M., Ali, I (2010). Comparative effectiveness of urea N, poultry manure and their combination in changing soil properties and maize productivity under rainfed conditions in Northeast Pakistan. *Experimental Agriculture*, 46(02), 211-230. Doi: 10.1017/S0014479709991050.

Akande, M. O. and Adediran, J. A. (2004). Effects of terralyt plus fertilizer on growth nutrients uptake and dry matter yield of two vegetable crops. *Moor Journal of Agriculture Research* 5: 12–107

Beig, B., Niazi, M. B. K., Jahan, Z., Hussain, A., Zia, M. H., & Mehran, M. T. (2020). Coating materials for slow release of nitrogen from urea fertilizer: a review. *Journal of Plant Nutrition*, 43(10), 1510–1533. doi:10.1080/01904167.2020.1744647

De Jager, A., Onduru, D., van Wijk, M. S., Vlaming, J., & Gachini, G. N. (2001). Assessing sustainability of low-external-input farm management systems with the nutrient monitoring approach: a case study in Kenya. *Agricultural Systems*, 69(1-2), 99–118. doi:10.1016/s0308-521x(01)00020-8

Dutta, S., Pal, R., Chakraborty, A., & Chakrabarti, K. (2003). Influence of integrated plant nutrient supply system on soil quality restoration in a red and laterite soil: Einfluss integrierter pflanzennährstoffversorgung auf die wiederherstellung der bodenqualität von rotem und laterit boden. *Archives of Agronomy and Soil Science*, 49(6), 631–637. doi:10.1080/03650340310001599722

Grassi, F., Mastroilli, M., Mininni, C. et al. Posidonia residues can be used as organic mulch and soil amendment for lettuce and tomato production. *Agron. Sustain. Dev.* 35, 679–689 (2015). <https://doi.org/10.1007/s13593-014-0268-8>

Hamdar, B. C., & Rubeiz, I. G. (2000). Organic farming: Economic efficiency approach of applying layer litter rates to greenhouse grown strawberries and lettuce. *Small Fruits Review*, 1(1), 3-14.

Hauck, R. D., & Schrader, L. E. (1984). *Function and Transformations of Nitrogen in Higher Plants*. ACSESS Publications. doi:10.2134/1990.nitrogenincroproduction.c3

Hernández, A., Castillo, H., Ojeda, D., Arras, A., López, J., & Sánchez, E. (2010). Effect of vermicompost and compost on lettuce production. *Chilean journal of agricultural research*, 70(4), 583-589.

Hernández, T., Chocano, C., Moreno, J. L., & García, C. (2016). Use of compost as an alternative to conventional inorganic fertilizers in intensive lettuce (*Lactuca sativa* L.) crops—Effects on soil and plant. *Soil and tillage research*, 160, 14-22.

Lopez, G., Ahmadi, SH., Amelung, W., Athmann, M., Ewert, F., Gaiser, T., Gocke, MI., Kautz, T., Postma, J., Rachmilevitch, S., Schaaf, G., Schnepf, A., Stoschus, A., Watt, M., Yu, P. and Seidel SJ-

(2023). Nutrient deficiency effects on root architecture and root-to-shoot ratio in arable crops. *Front. Plant Sci.* 13:1067498. doi: 10.3389/fpls.2022.1067498

Ma, B. L., Dwyer, L. M., & Gregorich, E. G. (1999). Soil Nitrogen Amendment Effects on Seasonal Nitrogen Mineralization and Nitrogen Cycling in Maize Production. *Agronomy Journal*, 91(6), 1003. doi:10.2134/agronj1999.9161003x

Nogales, R., C. Cifuentes, and E. Benítez. 2005. Vermicomposting of winery wastes: A laboratory study. *Journal of Environmental Science and Health, Part B* 1234:659-573.

Olaniyi, J. O. (2008). Comparative Effects of the Source and Level of Nitrogen on the Yield and Quality of Lettuce. *American-Eurasian Journal of Sustainable Agriculture*, 2(3), 225-228.

Palm, C. A., Gachengo, C. N., Delve, R. J., Cadisch, G., & Giller, K. E. (2001). Organic inputs for soil fertility management in tropical agroecosystems: application of an organic resource database. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 83(1-2), 27–42. doi:10.1016/s0167-8809(00)00267-x

Prasad, R. (1998). Fertilizer urea, food security, health and the environment. *Current Science*, 75(7), 677–683. <http://www.jstor.org/stable/24101710>

Rose, M. T., Phuong, T. L., Nhan, D. K., Cong, P. T., Hien, N. T., and Kennedy, I. R. (2014). Up to 52% N fertilizer replaced by biofertilizer in lowland rice via farmer participatory research. *Agron. Sustain. Dev.* 34, 857–868. doi: 10.1007/s13593-014-0210-0

Sylvestre, T. de B., Braos, L. B., Batistella Filho, F., Cruz, M. C. P. da, & Ferreira, M. E. (2019). Mineral nitrogen fertilization effects on lettuce crop yield and nitrogen leaching. *Scientia Horticulturae*, 255, 153–160. doi:10.1016/j.scienta.2019.05.032

Tan, C., Jong, E., Keng, W., Shaaban, A., Kher, V (4-5 April 2012). Design of urea granulator with energy optimization. 3rd International Conference on Engineering and ICT, Melaka, Malaysia.

Witte, C.-P. (2011). Urea metabolism in plants. *Plant Science*, 180(3), 431–438.

Zingore, S., Delve, R. J., Nyamangara, J., & Giller, K. E. (2007). Multiple benefits of manure: The key to maintenance of soil fertility and restoration of depleted sandy soils on African smallholder farms. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 80(3), 267–282.

Zhang, L. J., Ju, X. T., Ji, Y. Z., Zhang, F. S., Peng, Z. P (2010). Effects of fallow and plant growth in summer on the movement of residual nitrate in aquatic soil on North China. *Plant Nutrition and Fertilizer Science*, 16, pp. 312-320.