

Efecto de diferentes tipos de fertilización, en el desarrollo vegetativo de lechuga crespa (*Lactuca sativa*), bajo condiciones controladas de invernadero.

José Daniel Gómez, Daniel González Barrientos, Luis Eduardo Velásquez, Jaime Andrés Gutierrez.

^a *Estudiantes de Agronomía, Universidad Católica de Oriente, Rionegro - Antioquia*

^b *Profesores, Asesores del Proyecto de Grado, Programa de Agronomía, , Universidad Católica de Oriente, Rionegro- Antioquia*

1. Resumen.

La fertilización de los cultivos se ha convertido en una de las partes más importantes de la producción de hortalizas para un mercado que está en constante crecimiento. A medida que la población mundial aumenta, una de las limitantes más grandes a la hora de sembrar es el déficit de algunos nutrientes esenciales especialmente en la región del Oriente Antioqueño. Esta situación obliga a los agricultores a implementar costosos programas de fertilización, los cuáles encarecen la producción. El objetivo de esta investigación fue evaluar el crecimiento y desarrollo vegetativo de la lechuga crespa (*Lactuca sativa*), bajo diferentes tipos de fertilizantes. Para ello se realizó un diseño experimental completamente aleatorizado con tres tratamientos: triple15, Agrofeed® y Blaukorn®. En los resultados se pudo apreciar diferencias estadísticas significativas a favor de los tratamientos triple 15® y Blaukorn® considerando el peso vivo, peso seco y número de hojas. Estos resultados sugieren que algunos fertilizantes químicos son más efectivos que los orgánicos en el desarrollo de la lechuga (*Lactuca sativa*).

Palabras clave: Fertilizante-Tratamiento-Desarrollo-Significancia-Invernadero.

Abstrat

Crop fertilization has become one of the most important parts of vegetable production for a market that is constantly growing. As the world population increases, one of the biggest limitations when planting is the deficit of some essential nutrients, especially in the region of Eastern Antioquia.

This situation forces farmers to implement expensive fertilization programs, which make production more expensive. The objective of this research was to evaluate the growth and vegetative development of lettuce (*Lactuca sativa*), under different types of fertilizers.

To make this, a completely randomized experimental design was carried out with three treatments: triple15, Agrofeed® and Blaukorn®. In the results it was possible to appreciate statistically significant differences in favor of treatments Triple15® and Blaukorn® considering the live weight, dry weight and number of leaves. These results suggest that some chemical fertilizers are more effective than organic ones in the development of lettuce (*Lactuca sativa*).

2. Introducción.

Se cree que el origen del cultivo de la lechuga se remonta a el Año 2500 siendo los romanos y los griegos los primeros en cultivarla. Su nombre científico es *Lactuca sativa* L. y hace parte de la familia de las Compositae, está compuesta por una raíz principal que no excede los 25cm y múltiples raíces secundarias con las que absorbe los nutrientes, las hojas son delgadas al inicio, adquiriendo más turgencia conforme se aumenta su longitud. Posee tallo cilíndrico. La temperatura ideal para su germinación va de los 18-20°C. Para su desarrollo vegetativo la temperatura requerida oscila entre 14-18 °C en el día y de 5-8 °C en la noche. La humedad relativa óptima para su crecimiento oscila entre 60 a 80%, un con buen drenaje y un pH del suelo entre 6,7 Y 7,4.

El cultivo de lechuga en el mayor de los casos requiere suelos franco arcillosos y es sensible a suelos altamente salinizados. La cantidad de nutrientes necesarios para un desarrollo fisiológico adecuado influye directamente con la cantidad de biomasa que se pretende cosechar. Por ejemplo; para producir 35t/ha la extracción necesaria de nutrientes es de 80-100 kg/ha N, 160-210 kg/ha K₂O y 30-50 kg/ha de P₂O₅ (Ramos Mompó, 2007).

Según Portal frutícola, (2018) la lechuga es una de las hortalizas con mayor cantidad de cultivos alrededor del mundo. Por ello, es de suma importancia identificar los parámetros requeridos para una buena fertilización. Factores como la variedad de la lechuga, los ciclos que se necesitan entre la siembra y la cosecha, el clima, la época en que fueron sembradas y la técnica de cultivo utilizada (en invernadero o a cielo abierto) son variables importantes a considerar. En condiciones ideales el proceso de absorción de nutrientes tales como nitrógeno(N), fósforo(P) y potasio(K) tienen un ciclo de 90 a 120 días (Ramos Mompó, 2007).

Como antecedentes a este trabajo, la Universidad Agraria La Molina (MEDINA, 2019) implementó una investigación donde se pretendía averiguar cual era la mejor densidad de siembra para el cultivo de lechuga teniendo en cuenta el rendimiento por hectárea y dando un uso eficiente a recursos naturales como el agua, la luz y el espacio. Los resultados de esta investigación concluyeron que el mejor desarrollo vegetativo de la planta en términos comerciales se dio en las plantas sembradas a una distancia de 20cm y con una densidad de siembra de 125. 000 individuos/ha.

La universidad de Antioquia, Colombia (Cardona Restrepo, 2021) adelantó una investigación en la cual se evaluaron los efectos de diferentes tipos de fertilizantes en el crecimiento y

desarrollo del cultivo de maíz criollo, capachi morado en el municipio de andes Antioquia. Entre los fertilizantes que se evaluaron encontramos micorrizas, BP 150 (fertilizante orgánico), micorriza + BP 150, triple 15, micorrizas + triple 15 y el tratamiento testigo. Las conclusiones de este estudio dieron como resultado que en cuanto a las variables altura de la planta, diámetro de la copa, masa seca, área foliar, tasa de asimilación y tasa de crecimiento del cultivo, los tratamientos con mejores resultados fueron el de triple 15 y el de micorriza + triple 15.

en Medellín realizo una comparación entre cultivos convencionales sembrados al aire libre y cultivos bajo condiciones controladas (invernaderos), con el fin de identificar que diferencia presentaban con relación en los niveles de antioxidantes de cada cultivo. Los experimentos se realizaron en plantas de lechuga tanto en variedades de hoja verde y de hoja roja. Los resultados de la investigación señalan que para obtener una mejor producción de antioxidantes en el cultivo de lechuga los cultivos convencionales son la mejor opción ya que, el polietileno usado para cubrir el invernadero reduce la producción de antioxidantes gracias a el filtro UV presente en el material. (V., F. E. 2010).

Lopez en (2013) quién realizo una investigación con la que se pretendía identificar los efectos de diferentes tipos de fertilizantes orgánicos en el rendimiento de la lechuga utilizó gallinaza, gracias a su bajo costo y la alta presencia de elementos químicos estiércol bovino, por su facilidad de producción y adquisición, así como una torta de un filtro, subproducto de la caña de azúcar que incrementa la cantidad de materia orgánica. se pudo concluir que ninguno de los tratamientos que fueron efectuados en esta investigación obtuvieron diferencias significativas en el desarrollo fisiológico de las plantas.

En la Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales UDCA (Prieto, 2021) se adelanto una investigación donde se tuvo como objetivo principal evaluar la respuesta de la

lechuga crespa (*Latuca sativa*) bajo diferentes fuentes de fertilización mineral, orgánica y organomineral. El resultado de esta investigación mostro un mayor efecto en la fertilización organo-mineral para las variables de diámetro, altura y numero de hojas a diferencia de el tratamiento orgánico que fue superior en variables como acumulación de biomasa fresca y seca.

Por otra parte, en el departamento de Nariño, (Sofia Margarita 2009) realizo una investigación con la que se evaluó el desarrollo de lechuga con fertilizantes compuestos por fosforo. Los factores que se tuvieron en cuenta para este experimento fueron: el diámetro de la cabeza, el rendimiento y la materia seca. Como conclusión se encontró que la fuente de fertilizantes MAP (Fosfato monoamónico) fue el que genero mejores resultados.

En la facultad de agronomía de la Universidad Nacional de Bogotá, los autores (Martines, Garces (2010) elaboraron un estudio donde se evaluó el desarrollo de el cultivo de lechuga bajo diferentes dosis de fosforo. A manera de conclusión el tratamiento que obtuvo mejores resultados fue el de 360 mgL de K.

Uno de los productos alimenticios más consumidos en Colombia son las hortalizas pasando de una producción de 2.283.923 ton en el 2019 a 2.329.601Ton en el 2020, con un rendimiento de 18,76 ton por hectárea-año. Son los departamentos de Boyacá, Cundinamarca y Antioquia quiénes ocupan los primeros lugares en la producción y comercialización de hortalizas con 453.169 ton, 418.617 ton, 472.027 ton, respectivamente (miniagricultura, 2020). Por otra parte, en Colombia se reportaron 87.040 toneladas producidas en lechuga; siendo Antioquia, uno de los departamentos que más produce lechuga sobrepasado únicamente por Cundinamarca con 45.476 ton. En el Oriente Antioqueño los municipios que más alta tasa

productiva presentan son Sonsón con 15.280 ton, Marinilla 5.851 ton y el Santuario con 2.420 ton (miniagricultura, 2016).

Las plantaciones de lechuga tienen requerimientos nutricionales que deben ser nivelados con el uso de fertilizantes, esto se debe en gran parte a que los suelos donde son cultivadas no cuentan con todos los nutrientes requeridos para las plantas (J,F 2002) . Debido a esto la calidad del producto suele no cumplir con los estándares demandados por el mercado, por lo que se ve reflejado en pérdidas económicas. Sin embargo, no solo la baja disponibilidad de nutrientes puede causar pérdidas económicas, también el uso de diferentes enmiendas no aporta los nutrientes adecuados para un desarrollo óptimo de las plantas, lo que incide directamente en la producción y comercialización de la lechuga (Caamal-Pat, 2014).

El objetivo de esta investigación es identificar los efectos de diferentes tipos de fertilizantes sobre el desarrollo vegetativo de lechuga (*Lactuca sativa* L.) bajo invernadero. Los fertilizantes que se consideraron fueron: triple 15, Agrofeet® y Blaukorn®. Dichos fertilizantes son de síntesis química y se escogieron debido a que dos de estos (Agrofeet® y Blaukorn®) son muy recientes en el mercado. El fertilizante el triple 15 es de alto consumo y puede considerarse como un control positivo. Para reconocer los efectos de estos productos es necesario:

- Identificar la mortalidad que se presenta en cada uno de los tratamientos;
- Analizar efectividad de los fertilizantes aplicados observando el comportamiento de la curva de crecimiento bajo caracteres específicos como el peso vivo y peso seco, y la cantidad de hojas aprovechables

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización

El experimento se realizó en el invernadero de sanidad vegetal de la Universidad Católica De Oriente ($6^{\circ}09'12''N$ y $75^{\circ}22'27''O$ y altitud de 2130 m s. n. m.).

Material vegetal

Para llevar a cabo la investigación se obtuvieron 160 plántulas de lechuga crespa (*Lactuca sativa L.*), en un vivero certificado del municipio de marinilla. Dichas plantulas contaban con 20 días de germinación bajo cobertura y presentaban una altura de 20 cm el día de la entrega, estas fueron trasladadas al vivero de la Universidad Católica de Oriente donde fueron sembradas en materos de 700cc y El sustrato que se utilizó fue arena lavada (sustrato inerte).

DISEÑO EXPERIMENTAL

Se aplicó un diseño experimental aleatorizado con el fin de minimizar el efecto de variables externas tales como luz directa o sombra, humedad y presencia de insectos.

Se controló la dosis y regularidad de aplicación de cada fertilizante según la ficha técnica, igualmente el sustrato se llevó a capacidad de campo y posteriormente se sembraron las plantas.

Para el análisis exploratorio de los datos se utilizó medidas descriptivas de tendencia central y dispersión por grupos con el fin de establecer tendencias. Se utilizaron diagramas de barras para representar la media y la desviación estándar de los tratamientos en cada una de las variables de respuestas. Se hizo uso de test de hipótesis para determinar si existen diferencias estadísticas significativas entre los grupos en cada una de las mediciones realizadas. La evolución en el tiempo de las medidas de las variables se modeló a partir de modelos lineales por medio del método de los mínimos cuadrados. Los modelos que se seleccionaron fueron aquellos que explicaron de mejor manera la varianza utilizando el coeficiente de R^2 . Con el test de normalidad de Shapiro-Wilks se verificó la paramétrica de los datos, la homocedasticidad a partir del test de Levene y la independencia de los residuales por medio del estadístico de

Durbin-Watson. En caso de que los datos no distribuyan de manera paramétrica se utilizara el test de Kruskal-Wallis y el post-hoc Dunn con la corrección de Bonferroni para lograr un mejor ajuste de las diferencias significativas, todo con una significancia del 5%.

Uno de los aspectos a tener en cuenta es el tipo de reproducción con el que cuentan las lechugas, ya que, al ser plantas con reproducción sexual cada individuo con el que se esta trabajando va a expresar caracteres genéticos diferentes con relación a los demás, a diferencia de plantas con reproducción asexual. Con el fin de determinar el tratamiento que presentó mejor comportamiento sobre las variables de respuesta se hizo uso de un análisis Post-Hoc MANOVA (Análisis Multivariado de la Varianza) y un discriminante canónico por grupos. Bajo éstos análisis fue posible establecer el mejor tratamiento, el tiempo óptimo de cosecha y la interacción tratamiento y tiempo de cosecha determinación.

Medición de variables

Para determinar las variables peso vivo, peso seco y número de hojas, se cosecharon 7 plantas por tratamiento cada 20 días exceptuando la última destrucción la cual fue de 12 plantas. El peso vivo y el número de hojas viables se tomó estando la muestra en fresco y el peso seco se tomó después de llevar las muestras al horno a una temperatura de 60°C durante 24 horas.

Tratamientos

Se emplearon tres tipos de fertilizantes y se organizaron de la siguiente manera:

- Tratamiento 1 (T1) agrofeed
- tratamiento 2 (T2) 12-12-17
- tratamiento 3 (T3) 15-15-15
- tratamiento 4 (T4) testigo.

La cantidad requerida en cada aplicación fue: Agrofeed: 1.5g * 1L H₂O, el cual se aplicó a capacidad de campo. 15-15-15 y 12-12-17: 0.8g * planta, por lo que se debían aplicar 320g en total y agregando H₂O para la dilución de los fertilizantes.

Se analizaron 40 plantas por cada tratamiento y la aplicación de fertilizantes se realizó con una frecuencia de 15 días.

Con el test de normalidad de Shapiro-Wilks se verificó la paramétrica de los datos, la homocedasticidad a partir del test de Levene y la independencia de los residuales por medio del estadístico de Durbin-Watson. En caso de que los datos no distribuyan de manera paramétrica se utilizara el test de Kruskal-Wallis y el post-hoc Dunn con la corrección de

Bonferroni para lograr un mejor ajuste de las diferencias significativas, todo con una significancia del 5%.

Uno de los aspectos a tener en cuenta es el tipo de reproducción con el que cuentan las lechugas, ya que, al ser plantas con reproducción sexual cada individuo con el que se está trabajando va a expresar caracteres genéticos diferentes con relación a los demás, a diferencia de plantas con reproducción asexual. Con el fin de determinar el tratamiento que presentó mejor comportamiento sobre las variables de respuesta se hizo uso de un análisis Post-Hoc MANOVA (Análisis Multivariado de la Varianza) y un discriminante canónico por grupos. Bajo éstos análisis fue posible establecer el mejor tratamiento, el tiempo óptimo de cosecha y la interacción tratamiento y tiempo de cosecha.

3. Resultados y análisis

Con el fin de determinar el tratamiento mas eficacia para cada las variables agronómicasa, se realizaron medidas de tendencia central y dispersión con un porcentaje de error del 0.05% que permiten valorar el comportamiento de los diferentes tratamientos.

En la tabla 1, se puede observar que el T1, obtuvo un mínimo de hojas viables de 6 y un máximo de 18; comparándolo con el resto de los tratamientos, este fue el que demostró menos resultados positivos, sin mencionar el testigo, el cual sólo aportaba agua a la planta. De esta misma forma se comportó la media y la mediana de este tratamiento, ya que sólo produjo 11.85 y 12.50 hojas respectivamente.

Por otra parte, el T2, fue el que presentó mejores resultados en el apartado de mínimos y máximos de hojas, con 13 y 33. En cuanto a la media y la mediana, es ligeramente menor en comparación con la del T3, presentando números de 20.23 y 20.55 hojas.

El T3 consiguió un número relativamente alto de mínimos y máximos de hojas, siendo superado por el T2 por un escaso margen, pero en las casillas de media y mediana fue el que demostró mejores resultados con 20.34 y 22 hojas.

Por último, el T4 al ser el testigo y solo aportar agua, demostró los resultados mas bajos con un mínimo de 3, un máximo de 13 hojas, una mediana de 12.50 y una media 11.85 hojas.

Podemos encontrar que tanto la media como la mediana en los tratamientos T3 y T2, son significativamente mayores en comparación con los tratamientos T1 y T4. Cabe resaltar que

a pesar de que el tratamiento T3 sufrió mortalidades en el proceso, fue el que obtuvo mayor rendimiento para dicha variable.

Tabla 1. Análisis estadístico del conteo de número de hojas viables

| <i>Respuesta</i> | <i>Tratamiento</i> | <i>N</i> | <i>Minimo</i> | <i>Máximo</i> | <i>Media</i> | <i>Mediana</i> | <i>Desv.Estandart</i> | <i>CV</i> |
|------------------|--------------------|----------|---------------|---------------|--------------|----------------|-----------------------|-----------|
| Num.Hojas | T1 | 40 | 6 | 18 | 11.85 | 12.50 | 3.24 | 27.66 |
| Num.Hojas | T2 | 40 | 13 | 33 | 20.23 | 20.50 | 4.67 | 23.39 |
| Num.Hojas | T3 | 35 | 7 | 30 | 20.34 | 22.00 | 6.74 | 33.59 |
| Num.Hojas | T4 | 40 | 3 | 13 | 7.58 | 7.00 | 2.43 | 32.46 |

En la tabla número 2, el análisis de varianza muestra que no hay una diferencia significativa en los resultados de los tratamientos dado a que el p-value es menor a 0.05 pero, los resultados de los análisis estadísticos muestran una gran diferencia entre los tratamientos.

TABLA 2. ANOVA – Análisis de varianza del número de hojas viables

| | Suma de Cuadrados | gl | Media Cuadrática | F | p |
|----------------------|--------------------------|-----------|-------------------------|----------|----------|
| Tratamiento | 4530 | 3 | 1509.86 | 182.58 | < .001 |
| Tiempo | 1263 | 4 | 315.79 | 38.19 | < .001 |
| Tratamiento * Tiempo | 744 | 12 | 61.99 | 7.50 | < .001 |
| Residuos | 1116 | 135 | 8.27 | | |

En la tabla 3. podemos observar que todos los tratamientos presentan pesos mínimos similares debido a que la primera muestra de peso se tomo de las plantas recién adquiridas del invernadero, en cuanto a el peso máximo refleja las diferencias entre los 4 tratamientos,

mostrando una mayor efectividad el T3 con un máximo de 68.1g, en segundo lugar, podemos encontrar el T2 con 58.4g, el T3 presenta una amplia diferencia con respecto a los dos tratamientos ya mencionados con 19.7g y el testigo es de 9.9g.

En cuanto a la media de los tratamientos el mejor resultado fue arrojado por el T2 con 23.53g seguido por el T3 con 20.52g, tanto el tratamiento T1 y el testigo están lejos de los dos primeros tratamientos con 6.23 y 1.75 respectivamente.

En la mediana encontramos valores iguales para el T2 y el T3, con 22.00 g, lejos de estos están el T1 con 4.55g. y el testigo con 1.75g.

Table 3. Análisis estadístico del peso seco

| <i>Respuesta</i> | <i>Tratamiento</i> | <i>N</i> | <i>Minimo</i> | <i>Máximo</i> | <i>Media</i> | <i>Mediana</i> | <i>Desv.Estandar</i> | <i>CV</i> |
|------------------|--------------------|----------|---------------|---------------|--------------|----------------|----------------------|-----------|
| Peso.Seco | T1 | 40 | 0.2 | 19.7 | 6.23 | 4.55 | 5.20 | 84.52 |
| Peso.Seco | T2 | 40 | 0.5 | 58.4 | 23.53 | 22.00 | 17.31 | 74.49 |
| Peso.Seco | T3 | 35 | 0.5 | 68.1 | 20.52 | 22.00 | 14.54 | 71.90 |
| Peso.Seco | T4 | 40 | 0.5 | 9.9 | 2.72 | 1.75 | 2.39 | 89.16 |

El análisis de varianza indica que no hay diferencias significativas. Esto se puede ver en el p-value de 0.01, anqué en la tabla 3 nos muestra grandes diferencias en todos los tratamientos.

Tabla 4. ANOVA - Análisis de varianza del peso seco

| | Suma de Cuadrados | gl | Media F | Cuadrática | p |
|----------------------|--------------------------|-----------|----------------|-------------------|----------|
| tratamiento tiempo | 0 | NaN | | | |
| tratamiento * tiempo | 2.73e-12 | 0 | | | |
| Residuos | 6172 | 12 | 514.3 | | <.001 |
| | 5146 | 134 | 38.4 | | |

En la tabla 5, podemos observar que hay diferencias en todos los tratamientos de peso vivo. En el peso mínimo el mayor resultado es de el T3 con 6.7g, seguido por el T2 con 5.2g, el T4 con 4.8g y el T1 dio 3.4g, estos pesos mínimos corresponden a las plantas recién salidas del invernadero.

En los pesos máximos podemos encontrar que el que obtuvo mejor resultado fue el T3 con 251.8g, seguido por el T2 con 247.2g, luego el T1 arrojó 78.5g y el testigo dio 46.1g.

La mediana revela que el mejor resultado es el del T3 dando 146.00g, luego el T2 con 112.25g, T1 pesando 34.45g y el testigo con 11.25g.

para la variable peso vivo, peso seco y numero de hojas podemos observar que el tratamiento T3 fue el que obtuvo mejores resultados revelados por la media y la mediana los demás tratamientos se vieron ampliamente rebasados a excepción de el T2, por ultimo el tratamiento menos efectivo después del testigo fue el T1 y el testigo. La diferencia en las desviaciones estándar de los tratamientos puede ser debido a los distintos componentes químicos de cada uno, la posición aleatoria de las plantas y a que los individuos son producto de una reproducción sexual y cada uno de ellos posee genética diferente.

Table 5. Análisis estadístico peso vivo

| <i>Respuesta</i> | <i>Tratamiento</i> | <i>N</i> | <i>Minimo</i> | <i>Máximo</i> | <i>Media</i> | <i>Mediana</i> | <i>Desv.Estandar</i> | <i>CV</i> |
|------------------|--------------------|----------|---------------|---------------|--------------|----------------|----------------------|-----------|
| Peso.Vivo | T1 | 40 | 3.4 | 78.5 | 35.09 | 34.45 | 23.02 | 66.43 |
| Peso.Vivo | T2 | 40 | 5.2 | 247.2 | 115.03 | 112.25 | 68.62 | 60.42 |
| Peso.Vivo | T3 | 35 | 6.7 | 251.8 | 126.16 | 146.00 | 68.48 | 55.07 |
| Peso.Vivo | T4 | 40 | 4.8 | 46.1 | 15.68 | 11.25 | 10.82 | 69.88 |

En la tabla 6 podemos observar nuevamente que el p-value es menor a 0.05 lo que significa que n hay diferencia en los tratamientos, pero la tabla demuestra que el tratamiento 3 es el de mejores resultados.

Tabla 6 ANOVA - Análisis de varianza peso vivo

| | Suma de Cuadrados | gl | Media Cuadrática | F | p |
|----------------------|-------------------|-----|------------------|---|-----------|
| tratamiento | 0 | NaN | | | |
| tiempo | 0 | 0 | | | |
| tratamiento * tiempo | 92758 | 12 | 7730 | | < .001 |
| Residuos | 79787 | 134 | 595 | | |

se observa que en relación al número de hojas los tratamientos T2(Blaukron) y T3(Triple15) presentan valores similares del número de hojas tanto en la media como en la mediana. Para el caso del peso seco y el peso vivo, también los tratamientos T2 y T3 presentaron los valores más elevados tanto en la media como en la mediana, es muy importante ser precisos respecto a las variables . Respecto al coeficiente de variación, el cuál indica que la medida es homogénea o no, es posible establecer que los valores mayores se presentan en las variables de peso seco y peso vivo, sobrepasando el 30%, lo cuál puede considerarse como mediciones no homogéneas.

En la Tabla 4 se muestra las diferentes Tablas ANOVA para los tratamientos evaluados, de acuerdo a los valoresP para las variables Peso vivo, peso seco y número de hojas; tanto el tipo de tratamiento como el tiempo de cosecha se encuentran afectados de manera significativa por los tratamientos y el tiempo. En las Figuras 1, 2 y 3 se muestra el comportamiento de las ANOVA bifactoriales considerando los tiempos y sus valores-P.

Figura 1: peso vivo de planta de lechuga bajo tres tratamientos diferentes.

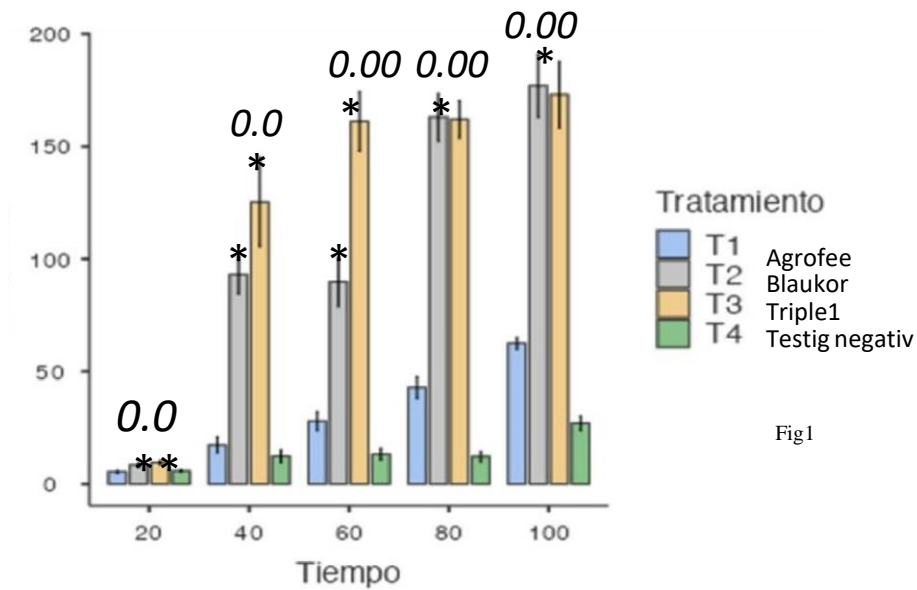


Fig1

En la Figura 1 se observa que a medida que se avanza en el tiempo de observación los tratamientos T2 Blaukorn y T3 Triple 15, muestran efectos estadísticos significativos respecto a los demás tratamientos. Resalta de manera importante el tiempo de 60 días donde el Triple 15. Estos resultados sugieren que En el caso del T3 su rápida respuesta fisiológica y desarrollo vegetativo se debe a la composición nutricional del triple 15, ya que, este tratamiento cuenta con unas cantidades de nitrógeno más elevadas con respecto a los demás fertilizantes. Debido a esto los individuos que estaban bajo el tratamiento T3 alcanzaron el pico de crecimiento en menor tiempo que los demás (60 días). Cabe resaltar que el nitrógeno es un elemento que esta relacionado directamente con el crecimiento y desarrollo fisiológico de las hojas. Por otra parte, el éxito de este tratamiento se ve seriamente afectado gracias a la alta mortalidad que presento en el transcurso de la investigación, manifestando un 10% de mortalidad en las 40 plantas de lechuga que estaban bajo dicho fertilizante. Mientras que en el T1 Agrofeed, T2 Blaukorn y T4 Testigo negativo obtuvieron un 0% de mortalidad en el transcurso de la investigación.

Los individuos que estaban sometidos al T2 alcanzaron el pico de desarrollo vegetativo 20 días después del T3, pero a diferencia de este el T2 no se presentó mortalidad en ninguno de los individuos. Además de esto las plantas de este tratamiento poseían una mayor turgencia en las células y una mejor estructura tanto en el tallo como en las hojas.

Una de las posibles explicaciones del bajo desempeño del T1 es su composición física. Ya que, a diferencia de los tratamientos 2 y 3 el T1 era una solución orgánica mientras que el T2 y T3 fue de origen químico y su presentación es gránulos sólidos. Al estar los individuos sembrados en arena lavada y ser regados a capacidad de campo diariamente, la solución pudo sufrir un proceso de lixiviación acelerada, debido a que no hubo partículas de arcilla o limo que pudieran retener estos nutrientes y ser absorbidos posteriormente por la planta, además teniendo en cuenta su composición estructural, puesto que al tener menor concentración en N, el desarrollo en etapa vegetativa de la lechuga fue mucho más lenta.

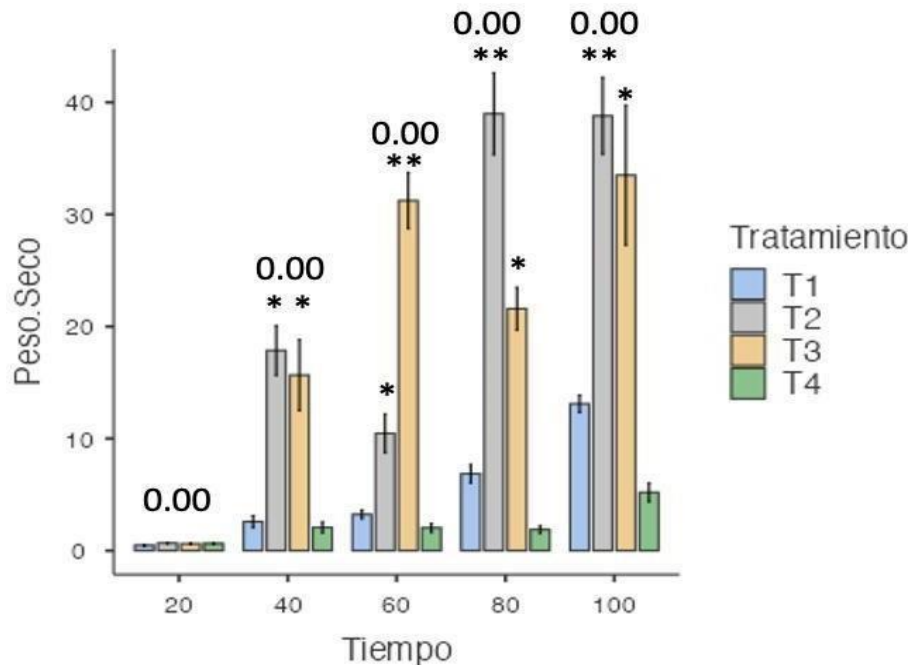
En los días 40 y 60 se nota un incremento exponencial del tratamiento T3(triple 15 161g) y el T4(Blaukorn 89,7g).

los tratamientos T1(Agofeed 27g) y T4 (control negativo 13,2g) demuestran un menor crecimiento.

En el día 100 los tratamientos que alcanzaron mayor desarrollo fueron el T2 (177g) y el T3 (173g) el tratamiento T1(62,5g) obtuvo un mediano crecimiento y el control negativo (12g) tuvo un bajo crecimiento.

Nota. Se encontró un ajuste singular; una o más variables predictoras son una combinación lineal de otras variables predictoras.

Figura 2: peso seco bajo tres tratamientos diferentes.

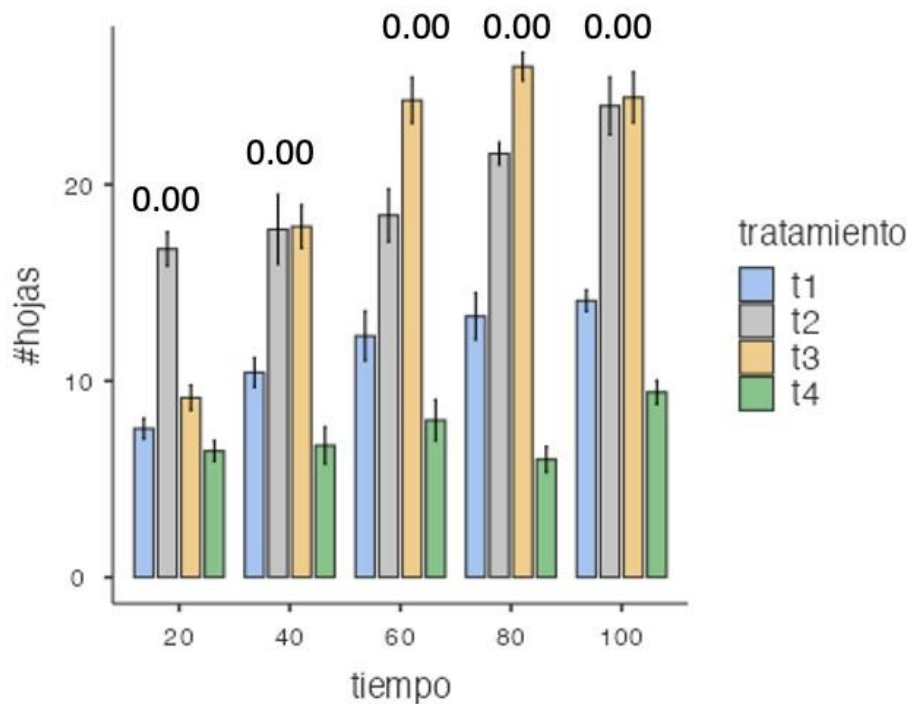


lineal de otras variables predictoras.

La grafica expresa los diferentes cambios en el peso seco de la lechuga cada 20 días, tras realizar el análisis de varianza se pudo encontrar que los tratamientos no presentan diferencias significativas. En el día 20 de haber sembrado las plantas los tratamientos no manifestaron mayores diferencias entre si, a excepción del tratamiento 2 el cual obtuvo un cambio mas significativo en comparación con los otros 3 tratamientos. En el día 40 el tratamiento T2(19,3g) y el T3(16g) presentaron aumentos de peso mas relevantes en comparación con los otros dos tratamientos que no superaron los (3g). para el día 60 el tratamiento T3 sobre pasó la barrera de los 30g y los demás tratamientos se quedaron por debajo de los (10g). en el día 80 el tratamiento con mejores resultados Fue el T2 Blaukorn con (34,6g) el T3 Triple15 obtuvo (21,3g) y los

demás tratamientos no pasaron la barrera de los 10g(Agrofeed y testigo negativo. en la ultima medición el tratamiento T2(37g) y T3(30,6g) fueron los que mayor peso seco reportaron seguido por T1(12g) y por ultimo el control negativo (3,9g).

Figura 3: número de hojas viables



En la figura 3 podemos apreciar el incremento del número de hojas a medida que se realizan los muestreos cada 20 días. El ANOVA indica que los tratamientos no poseen diferencias significativas. Se pudo observar que cada tratamiento obtuvo un aumento de 1 a 3 hojas cada 20 en el mayor de los casos y en pocas ocasiones el número de hojas permanecía igual. El tratamiento T2 (Blaukorn) Y T3 (TRIPLE15) son los que mejor resultados presentaron con más de 20 hojas viables en los días 80 y 100 (Anexos, fig Porc. Masa seca).

Discusión

Con el fin de establecer cuál es el tratamiento que mejor desempeño tuvo, teniendo en cuenta las variables de respuestas analizadas, se hizo uso de un análisis Multivariado de la Varianza y se complementó con un discriminante canónico, donde el grupo analizado fue el desempeño de los tratamientos en el tiempo de evaluación. Es así como de acuerdo al MANOVA el tratamiento que a lo largo del tiempo presentó mejor comportamiento es el T3, seguido del T2. Para este MANOVA, los tratamientos T1 y T2 presentaron comportamientos similares al control negativo T4, es decir no tuvo un efecto significativo sobre la masa seca y el número de hojas.

Este comportamiento fue similar a lo observado en el discriminante canónico. Este modelo logró identificar correctamente el 88.6% de la varianza. Es así como indiscutiblemente el tratamiento T3 y el T2 son aquellos que lograron maximizar el peso vivo, el peso seco y, el número de hojas. Sin duda el T2 y el T3 presentaron estos resultados debido a su composición estructural basados en el N, el cual es de alta importancia durante la etapa vegetativa de la planta.

En otros estudios realizados en la universidad zamorano, honduras por (Herrera, 2018) se identifico la importancia de el nitrógeno en el desarrollo fisiológico de la lechuga, debido a que este elemento es requerido por la planta en mayores cantidades gracias a que esta directamente relacionado con el incremento y la producción de biomasa, este argumento se puede ver reflejado en la investigación actual, ya que, en ambas investigaciones se puede apreciar que los tratamientos que aportaban los niveles mas altos de nitrógeno tuvieron un desarrollo vegetativo mas significativo.

Otro aspecto a tener en cuenta, es el precio de los fertilizantes que alcanzaron el punto de cosecha (T1 y T2). Debido a que, el Blaukorn (T2) cuesta casi el doble de lo que vale el Triple 15 (T3). Por tanto, para alcanzar el punto de cosecha se necesitará invertir mas dinero en el T2.

Uno de los factores de suma importancia en la investigación es el tiempo en el que cada tratamiento alcanzo el pico de desarrollo (P.V). Posteriormente se menciona que el T3 obtuvo este pico en el día 60 a diferencia del T2 que lo alcanzo en el día 80, esto implica que para cumplir con la biomasa requerida por el mercado el T2 necesitaría una aplicación extra con relación al T3.

Por ultimo. Una de las desventajas que se identifico en el T3 fue la mortalidad presente en los individuos, alcanzando un 12,5% de las 40 plantas que estaban bajo dicho tratamiento. Si este valor es trasladado a una hectárea en producción las perdidas serian de 6,875 plantas de lechuga teniendo en cuenta que por hectárea se siembran de 50.000 a 60,000 plantas.

Conclusiones.

Gracias a la investigación realizada fue posible comparar los tres fertilizantes seleccionados junto al testigo negativo, pudiendo así determinar cuál de estos generaría diferencias significativas en cada factor objetivo; además identificando eficacia en el transcurso de tiempo, una mejor respuesta en el desarrollo vegetativo, beneficios a nivel estructural que puedan traer beneficios en la cosecha del cultivo.

En el transcurso del proyecto investigativo fue posible observar cuales plantas presentaban una mortalidad. Esta mortalidad se presento en el tratamiento 3, el cual era del fertilizante Triple 15. En total fueron 5 individuos que presentaron mortalidad en este tratamiento, mientras que

los otros tratamientos no presentaron mortalidad, incluyendo el testigo negativo, por lo que es posible afirmar que el uso del fertilizante Triple 15 posee un 12,5% de mortalidad.

Gracias al análisis de varianza, fue posible concluir que no hay diferencia significativa entre los tratamientos en ninguna de las variables cuantitativas, pero las gráficas demuestran que los tratamientos T2 y T3 son evidentemente diferentes del resto de tratamientos y en este caso demuestran una mejor efectividad tanto en el número de hojas como en el peso vivo y peso seco. Sin embargo, el tratamiento 2 obtuvo unas mejores características al final de la investigación, tanto unas ventajas a nivel estructural de la planta, como una diferencia en masa vegetal obtenida., esto se debe a que la composición estructural del Blaukorn es mucho mas completa a comparación del triple 15, donde el triple15 ofrece los 3 macronutrientes esenciales y dos micronutrientes, mientras que el Blaukorn presenta una alta dosis de los 3 macronutrientes y un total de 9 micronutrientes que ofrecen una diferencia en el desarrollo de la planta, es en este punto donde se ve la diferencia que aporta el Blaukorn.



Día 1. Plantulas de lechuga y espacio dispuesto para los tratamientos



20 días después de la siembra



un mes despues de la siembra



Ataque de áfidos





2 meses luego de la siembra



Dia final, tratamiento 1,2,3 y 4 en respectivo orden

Bibliografía.

Administrativo Nacional de Estadísticas – DANE Recuperado el 25 de octubre de 2021, de http://www.dane.gov.co/files/investigaciones/agropecuario/sipsa/insumos_factores_de_produccion_dic_2014.pdf.

Bareño, F. (2020). Ministerio De Agricultura. Recuperado el 21 de octubre de 2021, de Cadena De Hortalizas:

Caamal-Pat, Z. H.-G.-L.-d.-M. (2014). Optimización económica y ambiental de la fertilización en explotaciones de una región europea. Revista Chapingo, 117-129. de potasio. Revista Colombiana de Ciencias HORTICOLAS, 185-189.

Mini-agricultura.(2020).sioc.Obtenido de <https://sioc.minagricultura.gov.co/Hortalizas/Documentos/2020-03-30%20Cifras%20sectoriales.pdf> Portal frutícola. (04 de 09 de 2018). portal fruticola. Obtenido de [portalfruticola.com](https://www.portalfruticola.com): <https://www.portalfruticola.com/noticias/2018/09/04/guia-completa-de-fertilizacion-abonado-de-la-lechuga/> miniagricultura.(2016).agronet.Obtenido de [agronet.gov.co: https://www.agronet.gov.co/Documents/LECHUGA2016.pdf](https://www.agronet.gov.co/Documents/LECHUGA2016.pdf)

The jamovi project (2022). *jamovi*. (Version 2.3) [Computer Software]. Retrieved from <https://www.jamovi.org>. Departamento

Fox, J., & Weisberg, S. (2020). *car: Companion to Applied Regression*. [R package]. Retrieved from <https://cran.r-project.org/package=car>. http://ucv.altavoz.net/prontus_unidacad/site/artic/20061205/http://www.jsdafrica.com/Jsda/Summer_2006/PDF/ARC_SurvalsPSTSoilMoisture.pdf <https://sioc.minagricultura.gov.co/Hortalizas/Documentos/2020-03-30%20Cifras%20sectoriales.pdf>

DANE-ENEA. (2014). Boletín mensual insumos y factores asociados a la producción agropecuaria, invernadero en Valparaíso Chile. Obtenido de ucv.altavoz.net:

J, D. F. (2002). INTRODUCCIÓN A LA CIENCIA DEL SUELO. MEDELLÍN: UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA FACULTAD DE CIENCIAS. López, E. (2013). EFECTO DE LA APLICACIÓN DE DIFERENTES TIPOS DE FERTILIZANTES ORGÁNICOS EN EL RENDIMIENTO DE LECHUGA (*Lactuca sativa*, L). asuncion. Mavunganidze, m., mwale, m., mutenje, t., chikuvire, j., & tigere, a. (s.f). *jsd-africa*.(2006) obtenido de [jsdafrica](http://jsdafrica.com): Ministerio de agricultura. (2016).

Agronet. Recuperado el 25 de octubre de 2021, de <https://www.agronet.gov.co/Documents/LECHUGA2016.pdf> Prieto, G. S. (09 de 2021). Evaluación de la respuesta de lechuga (*Lactuca sativa*) cv. cressa verde a diferentes fuentes de fertilización mineral, orgánica y organomineral. Obtenido de <https://repository.udca.edu.co/bitstream/handle/11158/4284/SepulvedaTrabajof.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

R Core Team (2021). *R: A Language and environment for statistical computing*. (Version 4.1) [Computer software]. Retrieved from <https://cran.r-project.org>. (R packages retrieved from MRAN snapshot 2022- 01-01).

Sanguineti, M. (2003). Nueva variedad de *Pseudomonas syringae* pv. *tomato* afectando plantas de tomate en T., S. M. (2009). EVALUACION DE LA FERTILIZACION CON FOSFORO EN LECHUGA *Lactuca sativa* L., EN EL ALTIPLANO DE PASTO, NARIÑO. NARIÑO.

V., F. E. (2010). Crecimiento y producción de lechuga (*Lactuca sativa* L. var romana) bajo diferentes niveles Zapata-Vahos, Isabel Cristina, Rojas-Rodas, Felipe, David, Dorely, Gutierrez-Monsalve, Jaime A., & Castro-Restrepo, Dagoberto. (2020). Comparación del contenido de antioxidantes de lechugas de hoja verde y roja cultivadas en sistemas hidropónicos en invernaderos y cultivo convencional en suelo. *Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín* , 73 (1), 9077-9088. Recuperado de <https://doi.org/10.15446/rfnam.v73n1.77279>