

**UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO**

**FACULTAD DE AGRONOMÍA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE AGRONOMÍA**



**TESIS**



**Ensayo de Nitrógeno (N), Fósforo (P) y Potasio (K), en el cultivo  
de espárrago (*Asparagus officinalis*. L.) en la parte baja del valle  
Chancay - Lambayeque**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:  
INGENIERO AGRÓNOMO**

**AUTORES**

**Paico Chapoñan, Víctor Alejandro**

**Talledo Flores, Christian Nicodemo**

**ASESOR**

**Dr. Regalado Díaz, Francisco**

**Lambayeque – Perú**

**2018**

**Ensayo de Nitrógeno (N), Fósforo (P) y Potasio (K), en el cultivo de espárrago (*Asparagus officinalis*. L.) en la parte baja del valle Chancay - Lambayeque**

**POR:**

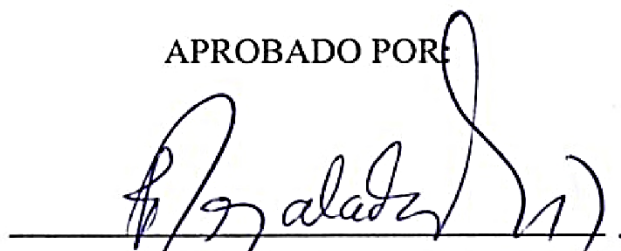
**Paico Chapoñan, Víctor Alejandro**

**Talledo Flores, Christian Nicodemo**

Presentada a la Facultad de Agronomía de la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo, para optar el Título Profesional de:

**INGENIERO AGRÓNOMO**


APROBADO POR:



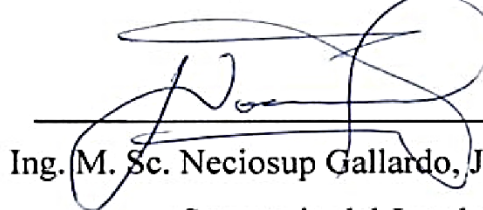
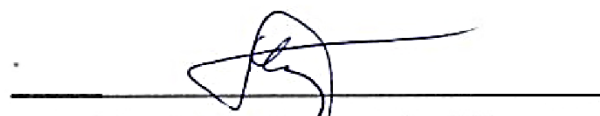
Dr. Regalado Díaz, Francisco

Asesor



 Ing. M. Sc. Zeña Callacna, Jorge  
Presidente del Jurado

Resolución N° 008-2022-Virtual-CF-FAG

  
Ing. M. Sc. Neciosup Gallardo, José Avercio  
Secretario del Jurado  
Dr. Celada Becerra, Américo  
Vocal del Jurado

**LAMBAYEQUE, 2019**

## **Dedicatoria**

A DIOS:

Por demostrarme que toda su obra es para un bien mayor, él es nuestra salvación y refugio.

A mis padres, por ser la motivación principal de mi vida, por su esfuerzo y dedicación, y el gran sacrificio para verme un profesional.

***Paico Chapoñan, Víctor Alejandro***

Al creador de todo, a Dios por ser siempre la luz en mi camino.

A mis padres por inculcarme valores, y forjar en mí, la persona que soy actualmente; ya que con su esfuerzo y gran ayuda lograron hacer de mí,  
un profesional.

A mis hermanos y amigos que me acompañaron siempre en este trayecto.

***Talledo Flores, Christian Nicodemo***

## **Agradecimientos**

Un agradecimiento especial a nuestros profesor y asesor por su constante ánimo interés y asesoramiento en nuestra investigación. Gracias a todos por confiar en nosotros y alentarnos.

Expresamos nuestra gratitud a los profesores de la Facultad de Agronomía de la UNPRG, que nos enseñaron y guiaron en nuestra carrera a lo largo de los años.

También queremos agradecer al personal que trabaja en el área administrativa, en el que plasmamos nuestros estudios de pregrado, y a todos los que contribuyeron a la realización de nuestra tesis.

***Paico Chapoñan, Víctor Alejandro***

***Talledo Flores, Christian Nicodemo***

## Resumen

El trabajo de investigación fue ejecutado desde enero de 2016 hasta marzo de 2018 en el distrito de Lambayeque (Fundo La Peña) perteneciente a la provincia y región del mismo nombre, cuyo objetivo fue determinar el efecto que presentan los seis tratamientos a diferentes dosis de Nitrógeno, Fósforo y Potasio en el cultivo de espárrago (*Asparagus officinalis* L.) en la zona baja del valle Chancay – Lambayeque. La investigación utilizada fue explicativa y experimental; empleando el diseño de bloques completos al azar, en el cual se trabajó 6 niveles de fertilización química (tratamientos) y tres bloques. La variable evaluada fue comportamiento agronómico del cultivo de espárrago en 2 dimensiones (rendimiento y turión). Se efectuó un Análisis de Varianza y la prueba de Tukey con  $\alpha = 0.05$  para comparar las medias individuales, mediante el software estadístico R versión 3.6.3., por otra parte, se aplicó la herramienta Microsoft Excel 2016 y R versión 3.6.3 para la obtención de las tablas y figuras, elaboración de análisis descriptivos y correlacionales.

Se concluyó que, mediante un análisis de covarianza con la covariable peso de turión, se encontró una diferencia estadística significativa en el rendimiento de turiones/ha. de espárragos en ambientes del distrito de Lambayeque, en 2019; De acuerdo a los niveles de fertilización química evaluados, el tratamiento que resultó con mayor promedio fue T6 N 240 - P2O5 150 - K2O 180 de 26005.73 kg/ha, siendo estadísticamente igual a los tratamientos T5 N 240 - P2O5 90 - K2O 150 de 25690.80 kilos/ha. y T1 N 180 - P2O5 90 - K2O 150 de 25199,22 kilos/ha. Además, el comportamiento agronómico del espárrago en situaciones del distrito de Lambayeque, 2019, fue estadísticamente similar en los indicadores brotes/metro lineal, peso de brotes y tamaño de brotes según los niveles de fertilización química aplicados.

**Palabras clave:** *Asparagus officinalis*, espárrago, rendimiento, comportamiento agronómico,

## Abstrac

The research work was carried out from January 2016 to March 2018 in the district of Lambayeque (Fundo La Peña) belonging to the province and region of the same name, whose objective was to determine the effect of the six treatments at different doses of Nitrogen. Phosphorus and Potassium in the cultivation of asparagus (*Asparagus officinalis* L.) in the lower area of the Chancay – Lambayeque valley. The research used was explanatory and experimental; using the complete randomized block design, in which 6 levels of chemical fertilization (treatments) and three blocks were used. The variable evaluated was agronomic behavior of the asparagus crop in 2 dimensions (yield and turion). An Analysis of Variance and Tukey's test with  $\alpha = 0.05$  were carried out to compare the individual means, using the statistical software R version 3.6.3. On the other hand, the tool Microsoft Excel 2016 and R version 3.6.3 was applied to obtain tables and figures, and prepare descriptive and correlational analyses

It was concluded that, through an analysis of covariance with the covariate shoot weight, a significant statistical difference was found in the yield of shoots per ha. of asparagus in environments in the district of Lambayeque, in 2019; according to the levels of chemical fertilization valued, the treatment that resulted with the highest mean was T6 N 240 - P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 150 - K<sub>2</sub>O 180 of 26005.73 kg / ha, being statistically equal to the treatments T5 N 240 - P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 90 - K<sub>2</sub>O 150 of 25690.80 kg / ha and T1 N 180 - P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 90 - K<sub>2</sub>O 150 of 25199.22 kg / ha. In addition, the agronomic performance of asparagus under situations in the district of Lambayeque, 2019, was statistically similar in the indicators number of shoots per linear meter, shoot weight and shoot caliber according to the applied levels of chemical fertilization.

**Key words:** *Asparagus officinalis*, asparagus, agronomic behavior, yield.

## **Índice**

**Dedicatoria**

**Agradecimientos**

**Resumen**

**Abstract**

**Índice**

**Índice de tablas**

**Índice de figuras**

**I. 12**

**II. 15**

2.1. 15

2.2. 20

**III. 31**

3.1. 31

3.2. 34

3.3. 35

**IV. 41**

4.1. 41

4.2. 43

4.3. 54

4.4. 56

**V. 59**

**VI. 60**

**VII. 61**

**VIII. 63**

## Índice de tablas

Tabla 1. <i>Fertilización de Acuerdo con el Análisis de Suelos. Nivel Intermedio de Tecnología.</i>	9
Tabla 2. <i>Fertilización de Acuerdo con el Análisis de Suelos. Nivel Intermedio de Tecnología.</i>	21
Tabla 3. <i>Resultado de análisis de agua.</i>	22
Tabla 4. <i>Resultados de análisis de suelos.</i>	22
Tabla 5. <i>Operacionalización de las variables.</i>	24
Tabla 6. <i>Tratamientos utilizados en el experimento.</i>	25
Tabla 7. <i>Análisis de varianza para las causas de variación de un DBCA sobre el peso del turión del cultivo de espárrago <i>Asparagus officinalis</i> L. según los niveles de fertilización N - P - K.</i>	29
Tabla 8. <i>Peso del turión (g) del cultivo de espárrago <i>Asparagus officinalis</i> L. según los niveles de fertilización N - P - K.</i>	29
Tabla 9. <i>Análisis de varianza para las causas de variación de un DBCA sobre el calibre del turión del cultivo de espárrago <i>Asparagus officinalis</i> L. según los niveles de fertilización N - P - K.</i>	30
Tabla 10. <i>Calibre de turión (mm) del cultivo de espárrago <i>Asparagus officinalis</i> L. según los niveles de fertilización N - P - K.</i>	31
Tabla 11. <i>Análisis de varianza para las causas de variación de un DBCA sobre el número de turiones por metro lineal de tamaño menor a los 9 cm del cultivo de espárrago <i>Asparagus officinalis</i> L. según los niveles de fertilización N - P - K.</i>	32
Tabla 12. <i>Número de turiones por metro lineal de tamaño menor a los 9 cm del cultivo de espárrago <i>Asparagus officinalis</i> L. según los niveles de fertilización N - P - K.</i>	32
Tabla 13. <i>Análisis de varianza para las causas de variación de un DBCA sobre el número de turiones por metro lineal de tamaño mayor a los 9 cm y menor a los 17 cm del cultivo de espárrago <i>Asparagus officinalis</i> L. según los niveles de fertilización N - P - K.</i>	33
Tabla 14. <i>Número de turiones por metro lineal de tamaño mayor a los 9 cm y menor a los 17 cm del cultivo de espárrago <i>Asparagus officinalis</i> L. según los niveles de fertilización N - P - K.</i>	34



Tabla 15. <i>Análisis de varianza para las causas de variación de un DBCA sobre el número de turiones por metro lineal de tamaño mayor a los 17 cm y menor a los 26 cm del cultivo de espárrago Asparagus officinalis L. según los niveles de fertilización N - P - K.</i>	35
Tabla 16. <i>Número de turiones por metro lineal de tamaño mayor a los 17 cm y menor a los 26 cm del cultivo de espárrago Asparagus officinalis L. según los niveles de fertilización N - P - K.</i>	35
Tabla 17. <i>Análisis de varianza para las causas de variación de un DBCA sobre el número de turiones por metro lineal de tamaño mayor a los 26 cm del cultivo de espárrago Asparagus officinalis L. según los niveles de fertilización N - P - K.</i>	36
Tabla 18. <i>Número de turiones por metro lineal de tamaño mayor a los 26 cm del cultivo de espárrago Asparagus officinalis L. según los niveles de fertilización N - P - K.</i>	36
Tabla 19. <i>Análisis de varianza para las causas de variación de un DBCA sobre el número de turiones por metro lineal del cultivo de espárrago Asparagus officinalis L. según los niveles de fertilización N - P - K.</i>	37
Tabla 20. <i>Número de turiones por metro lineal del cultivo de espárrago Asparagus officinalis L. según los niveles de fertilización N - P - K.</i>	38
Tabla 21. <i>Análisis de covarianza para las causas de variación de un DBCA y una covariable (Peso de turión) sobre el rendimiento de turiones por hectárea del cultivo de espárrago Asparagus officinalis L. según los niveles de fertilización N - P - K.</i>	39
Tabla 22. <i>Rendimiento de turiones por hectárea del cultivo de espárrago Asparagus officinalis L. según los niveles de fertilización N - P - K.</i>	39

## Índice de figuras

<i>Figura 1.</i> Dinámica del Potasio en el Suelo.	8
<i>Figura 2.</i> Mapa de ubicación del Distrito, Provincia y Departamento de Lambayeque.	19
<i>Figura 3.</i> Ubicación del ensayo.	20
<i>Figura 4.</i> Croquis del diseño experimental.	26
<i>Figura 5.</i> Peso del turión (g) del cultivo de espárrago <i>Asparagus officinalis</i> L. según los niveles de fertilización N - P - K.	30
<i>Figura 6.</i> Calibre de turión (mm) del cultivo de espárrago <i>Asparagus officinalis</i> L. según los niveles de fertilización N - P - K.	31
<i>Figura 7.</i> Número de turiones por metro lineal de tamaño menor a los 9 cm del cultivo de espárrago <i>Asparagus officinalis</i> L. según los niveles de fertilización N - P - K.	33
<i>Figura 8.</i> Número de turiones por metro lineal de tamaño mayor a los 9 cm y menor a los 17 cm del cultivo de espárrago <i>Asparagus officinalis</i> L. según los niveles de fertilización N - P - K.	34
<i>Figura 9.</i> Número de turiones por metro lineal de tamaño mayor a los 17 cm y menor a los 26 cm del cultivo de espárrago <i>Asparagus officinalis</i> L. según los niveles de fertilización N - P - K.	36
<i>Figura 10.</i> Número de turiones por metro lineal de tamaño mayor a los 26 cm del cultivo de espárrago <i>Asparagus officinalis</i> L. según los niveles de fertilización N - P - K.	37
<i>Figura 11.</i> Número de turiones por metro lineal del cultivo de espárrago <i>Asparagus officinalis</i> L. según los niveles de fertilización N - P - K.	38
<i>Figura 12.</i> Rendimiento de turiones por hectárea del cultivo de espárrago <i>Asparagus officinalis</i> L. según los niveles de fertilización N - P - K.	40
<i>Figura 13.</i> Regresión lineal polinomial de los días después de cosecha sobre el rendimiento de turiones diario por hectárea en el cultivo <i>espárrago Asparagus officinalis</i> L.	41
<i>Figura 14.</i> Regresión lineal polinomial de los días después de cosecha sobre el rendimiento de turiones diario por hectárea en el cultivo <i>espárrago Asparagus officinalis</i> L. según los niveles de fertilización N - P - K.	41
<i>Figura 15.</i> Correlaciona de Pearson de los indicadores del comportamiento agronómico en el espárrago <i>Asparagus officinalis</i> L. según los niveles de fertilización N - P - K.	43

*Figura 16.* Diagrama de dispersión de la regresión lineal múltiple del día de cosecha (DC) y el peso de turión (PT) sobre el rendimiento diario de turiones por hectárea del cultivo de espárrago *Asparagus officinalis* L. 44

*Figura 17.* Diagrama de dispersión de la regresión lineal múltiple del día de cosecha (DC) y el calibre de turión (PT) sobre el rendimiento diario de turiones por hectárea del cultivo de espárrago *Asparagus officinalis* L. 45

*Figura 18.* Diagrama de dispersión de la regresión lineal múltiple del peso de turión (PT) y el calibre de turión (CT) sobre el rendimiento diario de turiones por hectárea del cultivo de espárrago *Asparagus officinalis* L. 46

## **I. Introducción**

El significativo aumento de la población mundial, en los 6 últimos años, está exigiendo a productos alimenticios, de buena calidad y cantidad. Desde el comienzo del siglo XIX, se ha venido produciendo un incremento de la población de mundo en un 550 %, del cual ha pasado en la actualidad de mil millones a 6.500 millones, con unas perspectivas de que en el año 2019 se llegue entre 9 y 10 millones de habitantes.

En la región Lambayeque, se conoce que los suelos reportan bajos contenidos del fósforo y Nitrógeno y contenido medio del potasio en estos suelos se están llevando siembras muy valiosas de frutales, hortalizas y otros. Los cuales están destinados primeramente a mercados del exterior, entre ellos no solo se utiliza grandes cantidades de elementos mayores (N, P y K), sino también de otros elementos como Mg, Fe, Mn y Zn sin aclarar la seguridad de su deficiencia.

Se ha vuelto imprescindible el uso de fertilizantes, y de importante contribución en el acrecentamiento de la producción agrícola y en efecto en la obtención de alimentos, fibras e inclusive de energía debido a la fertilidad baja que presentan la mayoría de los suelos que no se restituyen las extracciones de los cultivos en el Valle chancay – Lambayeque, motivo por lo cual no se logran obtener altos rendimientos de una calidad buena.

Sólo hay dos factores posibles para afrontar el desafío de aumentar los rendimientos agrícolas para cubrir la alimentación de una población que está creciendo. Una posibilidad es acrecentar los rendimientos de los cultivos proporcionando al suelo una fuente adicional de nutrientes que las plantas puedan absorber. En definitiva, gracias al uso de los fertilizantes se han conseguido los siguientes desafíos:

- Garantizar la productividad de los cultivos y el valor nutricional, avalando la seguridad alimentaria y aumentando el contenido nutrimental de las cosechas.

- Impedir la necesidad de acrecentar el área agrícola en el mundo, lo que requeriría que millones de hectáreas de tierra se dediquen a la agricultura sin fertilizantes.
- Proteger el suelo y prevenir su degradación, mejorando en definitiva de los agricultores y su entorno, su calidad de vida.
- Ayudar a incrementar la producción de materias primas para fuentes de energía alternativas.

Dado que nuestro país es uno de los que posee más riqueza agrícola (esto, debido a la fertilidad de sus suelos) y es apto para producir diversos cultivos, algunos de los cuales como el espárrago se consume parcialmente, en nuestro territorio y la mayoría se exportan a mercados externos por su valor nutricional y propiedades medicinales.

Analizando el mercado de los espárragos peruanos, Descubrimos aproximadamente 192.000 toneladas de demanda insatisfecha en todo el mundo. Esto demuestra la sostenibilidad de este cultivo y su potencial para crecer realmente.

Actualmente la Región de Lambayeque aporta el 0.89% en lo que se refiere a la producción de espárragos; cifra que es relativamente baja en comparación con la región de La Libertad con 49,96% y la región Ica con 39,85%, ya que contribuyen con el 89,8% de la producción total; motivo por lo cual nos incentivó a ejecutar el presente ensayo para poder identificar la fórmula de fertilización en base a N, P y K, la misma que nos mostrará el mejor resultado obtenido en lo que concierne a la producción, y de esa manera motivar a los agricultores a ampliar sus áreas de cultivo de espárrago, y por ende la Región Lambayeque pueda aportar cifras más altas a la producción nacional.

Consecuentemente, es inevitable incentivar el cultivo, con el fin de extender su actividad agrícola, del mismo modo, acrecentar su producción y productividad, implementando técnicas en el cultivo a los pequeños agricultores debido a que desconocen o tienen poco conocimiento en su manejo.

Como institución universitaria, una de sus competencias importantes es la extensión y proyección social, ya que todos sabemos que extensión es dar capacitación, transferencia tecnológica y conocimientos con el fin de erradicar la pobreza, introducir tecnología agrícola y promover el desarrollo socioeconómico del país.

Por lo expuesto anteriormente, se instituyó como objetivo general:

Determinar el efecto que presentan los seis tratamientos a diferentes dosis de Nitrógeno, Fósforo y Potasio en el cultivo de espárrago (*Asparagus officinalis*. L.) en la parte baja del valle Chancay – Lambayeque.

Con el fin de lograr el objetivo general se planteó los objetivos específicos siguientes:

- Determinar el efecto de los diferentes niveles de N, P y K en el cultivo de espárrago.
- Encontrar la mejor fórmula de N, P y K para el rendimiento y la calidad de espárrago en la región de Lambayeque.

## **II. Marco teórico**

### **2.1. Fertilización**

Un fertilizante es una sustancia, generalmente una mezcla química artificial, que se administra al suelo o a los cultivos con la finalidad de hacerlos más fértiles. Estos proporcionan al suelo los nutrimentos esenciales con el fin de asegurar un desarrollo óptimo de cultivos y así aumentar el rendimiento. Se sabe también que la productividad agrícola mejora en los primeros años de su uso y esta no se mantiene por mucho tiempo (Villareal, 2012, p.2)

#### **2.1.1. Elementos Esenciales.**

Los Elementos Esenciales para los cultivos lo representan en nitrógeno, Fósforo y otros catorce elementos, que cumplen un rol estructural, forman el cuerpo de la planta, constituidos por las proteínas donde el nitrógeno juega un rol importante.

Los fertilizantes a base de nitrógeno, fósforo y potasio son los que se utilizan en mayor cantidad en el cultivo de espárrago; los cuales desempeñan un papel nutricional básico (Ramírez 1995).

Haag y Belfort (1988) afirman que, empleando el método del elemento carente, implantaron el tiempo y la expresión de la escasez de unos cuantos elementos en el cultivo de espárrago. Posteriormente, se muestra una sinopsis de cada uno de estos, antepuesto del papel primordial que cumple el elemento en el cultivo:

#### **2.1.2. Nitrógeno (N).**

Elemento estructural básico en ácidos nucleicos, proteínas, hormonas y clorofila, muy móvil en las plantas. (Hurtado, 2013). Actúa en la composición de la clorofila, síntesis de proteínas, producción fotosintética de carbohidratos, etc. Su insuficiencia se revela pronto por medio de un color amarillo en los filocladios más longevos, progresando a los medios y luego a los jóvenes a medida que se secan.

Sprague y Larson (1972), suponen que el nitrógeno es imprescindible, ya que estimula el crecimiento prematuro y es necesario para las plantas, durante toda la temporada de crecimiento.

En cuanto al papel que cumplen los fertilizantes estudiados, que son esenciales, Ramírez (1995) narra lo siguiente: El nitrógeno es el nutriente que más absorben las plantas de espárragos durante su vida. En los primeros años, el cultivo de espárrago necesita una gran cantidad de nitrógeno, ya que tiende a participa en la formación de tejidos y realizar las actividades fisiológicas.

Como fertilizante nitrogenado tenemos a la UREA ( $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$  (46-0-0), que es un compuesto químico que tiene el porcentaje más elevado de nitrógeno de todos los fertilizantes sólidos, utilizándose considerablemente en las plantas como fertilizante nitrogenado, y en los alimentos para bóvidos como el sucesor de productos proteicos. En su elaboración se lleva a cabo una reacción de dióxido de carbono y amoníaco, en un depósito especial en presencia de un catalizador sometidas a temperaturas que van desde 338 ° F a 410 ° F / 170 ° C y 210 ° C y presiones que oscilan entre 170 a 400 atmosferas (176 a 410 Kg/cm<sup>2</sup>). El líquido condensado derivado de estas reacciones incluye urea alrededor del 80 %. Este material consigue disolverse para utilizarlo como soluciones de urea o convenientemente consigue tener mayor concentración y granularse o perlarse hasta adquirir una urea grumosa (California Plant Health Association, 2004, p.114b)

Su uso exige muy buenas prácticas agrícolas, especialmente para obviar mermas por evaporación al aire. La urea sólo debe incorporarse al suelo, cuando sea necesario. rápidamente posterior de la aplicación o si se planifica el riego posterior a la utilización (FAO y Asociación internacional de la industria de los fertilizantes, 2002, p.36)



### **2.1.3. Fósforo (P).**

Participa en el desarrollo de las raíces, transmisión de energía en el interior del tejido celular, formación ADN, ARN y cromosomas. Su insuficiencia se exhibe tardíamente, con decoloración de los filocladios más contiguos de la planta, luego se transforman de un color verdoso a naranja. Se produce envejecimiento de los filocladios.

Ramírez (1995) indica que, el fósforo se extrae por el cultivo de espárrago en bajas cantidades. No obstante, está probado que provoca el incremento de las raíces y es útil como regulador de la vitalidad de la planta.

Del mismo modo, han verificado que influye en la calidad del cultivo de espárrago, ya que disminuye la cantidad de fibra. Además, el fósforo contribuye propiciamente en el sabor y en el momento que hay escases de este nutriente, se torna desabrido el espárrago.

#### **2.1.3.1. *Funciones del fósforo.***

Primeramente, se originan azúcares y alcoholes fosforilados como productos intermediarios, así como fosfolípidos, los cuales son elementos primordiales de las membranas celulares. Debido a su papel en el almacenamiento y transporte de energía, el compuesto orgánico más importante mediado por fósforo es el trifosfato de adenosina (ATP), el cual es formado en reacciones de fosforilación.

Durante la fosforilación, la energía absorbida proviene directamente de la fotosíntesis o la respiración (fosforilación oxidativa) o glucólisis (fosforilación anaeróbica). En cambio, la energía que se libera, se utiliza en la síntesis de azúcares y absorción de nutrientes y por ser elemento de los ácidos nucleicos, interviene en el proceso del cultivo. Por medio de la fitina se compone una reserva de fósforo en la semilla que es movida en el proceso de la germinación y modificada en formas indispensables para el cultivo joven (Trillas y Graetz, 1988; INPOFOS, 1997).

Como el nitrógeno, es un elemento implicado en casi todos los procesos metabólicos importantes, su deficiencia también afecta fuertemente al desarrollo. El síntoma más característico es un color anormal de las hojas: azul verdoso oscuro con un distintivo tono tostado o violeta. Este es el resultado de una reducción de la síntesis de proteínas y el aumento relativo de azúcares promueve la síntesis de antocianinas en las hojas. Se percibe una importante reducción del desarrollo, principalmente del crecimiento lateral, que se ralentiza y tarda en madurar. En casos severos, las plantas se marchitan. Debido a la gran movilidad, estos síntomas se notan al inicio en las hojas más antiguas, que caen tempranamente. Las plantas deficientes en fósforo suelen contener menos del 0,1% de P. El contenido normal suele estar entre el 0,3% y el 0,5% de P, expresado como materia seca.

Una apropiada nutrición tiene efectos beneficiosos como: aligera la maduración, incrementa los rendimientos, la calidad de la fruta y el forraje y refuerza la resistencia a las enfermedades.

#### **2.1.4. Potasio (K):**

Este elemento participa en la clorofila y en la síntesis de proteínas, así como con la síntesis, transporte y acumulación de carbohidratos. Cuando hay escasez de este elemento, se nota posteriormente como decoloración y secado progresivo de la parte apical de los filocladios. Los síntomas son similares a los del calcio, excepto que se produce desecación en los filocladios. También, presentan floración intensa y caída temprana de flores.

Ramírez (1995). Señala que similar al nitrógeno, el potasio es otro nutriente que las plantas de espárrago necesitan en grandes cantidades para absorberlo y transferirlo a la zona de reserva. También participa en el proceso de transporte de carbohidratos en el cultivo, lo cual es muy significativo para la producción de espárragos. Al mismo

tiempo, contribuye a conservar la calidad de los turiones y ayuda a incrementar la resistencia a hongos fitófagos.

### 2.1.3.2. *Funciones del Potasio*

- Ordenamiento de la presión osmótica; ordenamiento de más de 60 sistemas enzimáticos.
- Ayuda en la fotosíntesis; fomenta el movimiento de los productos de la fotosíntesis.
- Normaliza la apertura estomática y consumo de agua.
- Fomenta la síntesis de proteínas y la asimilación de nitrógeno
- Absorción: en la forma de catión potasio  $K^+$ .
- Movimiento: restringido en el suelo (adsorción), en suelos arenosos puede lavarse.

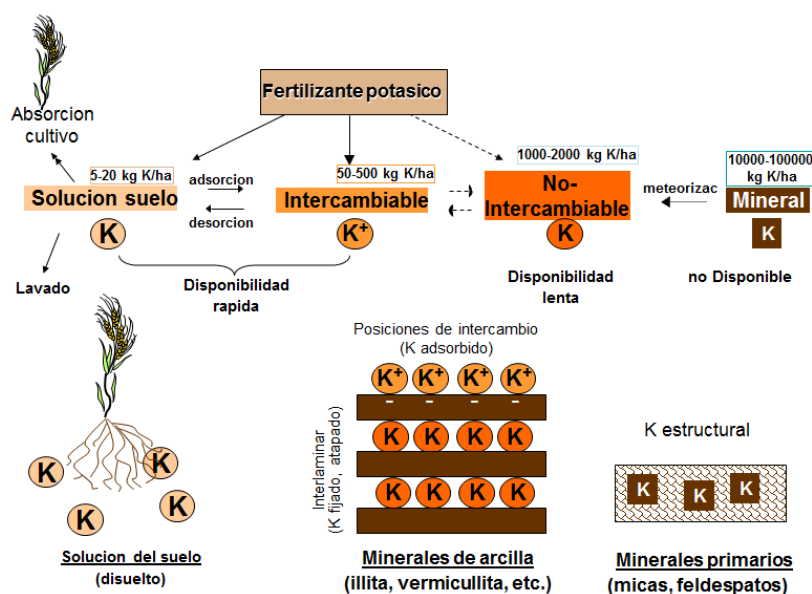


Figura 1. Dinámica del Potasio en el Suelo.

Román (1996) indican que, el fertilizante debe ser integral, es decir, debe contener todos los nutrientes que obtiene el cultivo, equilibrado, es decir, la cantidad de fertilizante utilizado debe estar en función de las exigencias verídicas del cultivo; global, es decir, se debe saber que nutrientes requieren las ramas, corona y turiones que sean medibles, o sea, debe tener en cuenta la aportación de nutrimentos del suelo, agua y nutrientes enmiendas, y

por último, dinámico, mejor dicho. cuanto mayor es el rendimiento, más nutrientes consume el cultivo.

Tabla 1. *Fertilización de Acuerdo con el Análisis de Suelos. Nivel Intermedio de Tecnología.*

	Cantidad de Fertilizante por Aplicar (kg/ha)								
	M.O. y N (%)			P ppm			K ppm		
	Bajo	Medio	Alto	Bajo	Medio	Alto	Bajo	Medio	Alto
	0 - 2	2 - 4	> 4	0 - 7	7 - 14	> 14	< 100	100-240	> 240
	0 - 0.1	0.1 - 0.2	> 0.2						
	Kg / ha de N			Kg/ha de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>			Kg/ha de K <sub>2</sub> O		

arroz	200	140	80	120	80	40	120	80	40
alfalfa	30	20	0	100	60	40	160	120	80
Algod	160	140	100	100	60	40	120	80	60
Café	160	120	80	100	80	60	200	140	80
Camote	60	60	40	60	40	20	90	60	30
Cereals	100	80	60	60	40	20	90	60	30
Citrico	240	160	100	160	120	60	240	160	80
Legum.	30	20	0	80	60	40	120	80	40
Maíz	160	120	80	100	80	60	120	80	40

Fuente: Ing. Rubén Bazán T. < [rbt@lamolina.edu.pe](mailto:rbt@lamolina.edu.pe), nutrición de plantas.

## 2.2. Cultivo de espárrago

### 2.2.1. Origen y Distribución.

El espárrago es un cultivo, cuya procedencia es de los suelos arenosos de la parte sur europea y asiática. Es conocido por la gente desde la antigüedad y se cultiva más allá de los 2000 años. Era una verdura muy valorada por griegos y romanos. Después de la invasión bárbara, su cultivo permaneció sólo en España y no se volvió a cultivar en Europa Central y del Norte hasta finales de la Edad Media. Las variedades cultivadas actualmente, parece haber sido obtenidas en Holanda desde el siglo XVIII. Se utiliza para turiones y tallos, y se consume especialmente fresco y en conservas.

### **2.2.2. Principales Países Productores de Espárrago.**

China obtiene alrededor del 87% de la producción de espárrago de todo el mundo y es el país que más produce y exporta espárrago con 5,5 millones de toneladas; su mayor producción es el espárrago blanco; pero en la producción de espárrago verde, hay una limitación.

El Perú es el país con mayor producción de espárragos verdes a nivel mundial. El volumen de producción es de 185.000 toneladas, ubicando a nivel mundial en el segundo lugar; El 75% de toda su producción se exporta a EE.UU.

España es el país que importa del Perú durante los meses de octubre a febrero un 3% de espárrago.

Alrededor de un 40 % del espárrago producido en el Perú, es destinado a verde.

Estados Unidos, a nivel mundial, se sitúa en el puesto 3 con 122.020 toneladas métricas, y en la producción de espárrago verde, ocupa el segundo puesto. Luego se encuentra México con 65.000 toneladas métricas, de los cuales la mayor parte se produce espárrago verde en 2 periodos diferentes, y las exportaciones primordialmente van a Estados Unidos y Japón.

Europa representa el 5,3% de la producción total de espárrago en el mundo, ocupando España el primer lugar de producción, con un 25,1%, a continuación, se encuentra Alemania, que ha aumentado significativamente en 22,5%, Italia, que representa un 16,9%, Grecia y Francia con el 15,1% y 11,1% respectivamente.

Los principales países europeos productores de espárrago verde son Italia, España y el Reino Unido, a los que recientemente se ha sumado Grecia.

### **2.2.3. Estacionalidad de la Producción.**

Desde una perspectiva global, cabe destacar que los países europeos no producen en la segunda mitad del año; en tanto que, en últimos meses del año EE.UU. detiene la

producción. En el Perú, los envíos fueron menores en los primeros meses del año debido a la competencia de México y Estados Unidos (California). Las exportaciones internas aumentaron en el segundo trimestre a medida que cayeron los suministros internos de Estados Unidos. Perú y Tailandia son países con producción estable durante todo el año.

#### **Cuadro 2.9. Producción estacional de espárragos.**

##### **2.2.4. Cultivo de espárrago en el Perú.**

En nuestro país, el espárrago se inició a cultivar a comienzos de los años cincuenta. El primer cultivo se instaló en el valle de Virú, inicialmente como proyecto familiar reducido para exportar espárragos blancos en conserva a Dinamarca; se desarrolló lentamente, confinado a la región de La Libertad, y fue discontinuado en 1972 debido a la fragmentada reforma agraria.

Los espárragos realmente despegaron en el año 1985, cuando la Asociación de Agricultores de Ica quiso explorar oportunidades en el sur de los Estados Unidos para sustituir los cultivos habituales con otros de exportación y se acercó a Estados Unidos en busca de financiación de la USAID (Agencia de los estados Unidos para el Desarrollo Internacional). A partir de las indagaciones ejecutadas, la asociación valoró los cultivos temporales propuestos en las zonas de su estación experimental San Camilo, los cuales incluyeron pimientos, melones, judías verdes y espárragos, siendo estos últimos los más interesantes porque el precio se basaba en la temporada del año. Así pues, se incitó a los productores a tomar parte en el proyecto de la asociación de 500 hectáreas de espárragos verdes, que se desarrollaría a cargo de la asociación, que creó e implementó con equipos de envasado y ejercería como único exportador del producto.

A nivel mundial hay alrededor de 179.487 hectáreas que se dedican a la producción de espárragos, y en el Perú se instalan unas 25.000 hectáreas, lo cual representa el 14% del

total, ubicándose en el segundo con mayor área, destinada a la producción de dicho cultivo (Agraria.pe, 2017)

Actualmente, el Perú cuenta con todo un cluster esparraguero que abarca al Instituto Peruano del Espárrago y Hortalizas (IPEH), el sindicato que representa al sector industrial y a la Asociación Cívica Frío Aéreo, que tiene ambientes para productos poco durables con modernos cámaras de frío en el Aeropuerto Internacional Jorge Chávez, por donde se transporta el 80% de las exportaciones de espárragos frescos. Nuestro país también alberga a la planta de congelación y envasado de espárragos más grande a nivel mundial, y la industria en su totalidad es propiedad de capitales nacionales.

#### **2.2.5. Clasificación taxonómica.**

Según Stevens (2001), el espárrago se ubica de la siguiente manera:

Reino : Plantae

Clado : Angiospermas

Clado : Monocotiledoneas

Orden : Asparagales

Familia : Asparagaceae

Subfamilia: Asparagoideae

Género : Asparagus

Especie : Asparagus officinalis

#### **2.2.6. Descripción morfológica.**

El sistema radicular de los espárragos lo conforman las raíces adventicias absorbentes que nacen del rizoma y por las raíces absorbentes, que duran varios ciclos y son caracterizadas por ser cuantiosas y no ramificadas, de diferentes diámetros desde 0.1 – 0.2 mm alcanzando un máximo hasta 100 mm (Betancourt et al., 2004).

El sistema radicular forma una corona, y en la base se encuentran yemas que producen turiones, que son comestibles, que penetran en el perfil del suelo y forman la parte aérea de la planta poco después de ramificarse (Betancourt et al., 2004).

Cuando se cosecha, el turión debe medir entre 20 y 25 centímetros de largo y pesar desde 10 hasta los 60 g. Asimismo, la poda de los turiones induce el crecimiento de brotes nuevos (Betancourt et al., 2004).

Betancourt et al. (2004) señalan que, una planta puede contener varios turiones, de 2 a 20, cada una con muchas ramas primarias y secundarias, que a su vez tienden a originar a las ramas modificadas, que forman las cuales son la base fotosintética de la planta.

Los brotes avanzados de la planta tienen finos crecimientos en forma de agujas, que en realidad son modificaciones de las hojas. Este grupo recibe el nombre de fronde, que es la porción aérea de los espárragos, que son responsables de convertir los químicos en materia orgánica, acumulando reservas para la producción de grandes cantidades de turiones el año siguiente. Con base en el incremento de las frondes al final del año, es posible tasar el rendimiento del año siguiente de los espárragos. Las hojas verdaderas tienden a estrecharse a escamas diminutas triangulares o brácteas, casi pinnadas en la parte basal y puntiagudas en el ápice, a veces a modo de espina (Betancourt et al., 2004).

Posteriormente, las flores que dan fruto son chicas, que son parecidas a campanas y pueden una coloración verde pálido, amarillo pálido o blanco. Los frutos son bayas redondas, cuyo diámetro es de cinco a ocho mm, verdes al inicio y rojas al madurar. Las bayas presentan de tres a seis semillas esféricas, negras que se parecen a castañas pequeñas (Betancourt et al., 2004).

#### **2.2.7. Sistema radicular.**

El cultivo de espárrago fundamenta su rendimiento en las reservas acumuladas, para esto tiene sus raíces muy complicadas, apropiadas a tal propósito.



Posee tres prototipos de raíces:

#### **2.2.7.1.        *Raíces carnosas.***

Su tamaño es parecido a la de un lápiz; crecen lateralmente y viven aproximadamente un año, pero se renuevan constantemente y se disponen en 3 capas. Como las nuevas raíces, siempre brotan más alto que las primeras, el cultivo irá ascendiendo gradualmente y sobrevivirá porque las raíces no llegan a la superficie del suelo. Dichas raíces pueden desarrollarse hasta cuatro metros en forma lateral y una profundidad hasta tres metros. Su función es acumular sustancias de reserva (especialmente sacarosa) para los turiones.

#### **2.2.7.2.        *Raíces fibrosas.***

Surgen de la parte más joven de la corona. Permanecen mientras la planta esté activa (nueve a diez meses). Tiene la función es absorber agua y nutrientes del suelo.

#### **2.2.7.3.        *Raíz central o Rizoma.***

SE le conoce también como corola o garra de la que inducen unos brotes denominados turiones. Alcanza una longitud aproximada de cinco centímetros anualmente y hasta 60 cm a los 15 años.

Si una planta madura se desentierra, se puede observar que su corona tiene una gran cantidad de nudos radiculares dispuestos radialmente y superpuestos en capas. La salud de una planta obedece al vigor de su corona, ya que a esta corresponde su capacidad de renovarse y esparcirse. Una corona saludable no sólo crece en la dirección de su eje, también lo hace lateralmente y forma nuevas ramas, que acumulan raíces y los brotes de la planta, asegurando así una buena cosecha. Los rizomas de los espárragos silvestres suelen ser poco profundos; durante el cultivo la profundidad variará dependiendo de las características deseadas del suelo y del producto deseado (turión blanco o verde)..

### **2.2.8. Variedades.**

Hay dos categorías principales de espárragos: espárragos blancos y espárragos verdes. Comercialmente se puede dividir en las siguientes clases: morado, blanco, falso verde y verde.

a) Espárragos blancos: Crecen bajo tierra (llamado aporcado). Si son cultivados al exterior los espárragos blancos, estos darán un color verde ficticio. Las variedades del cultivo de espárrago blanco son híbridos cultivados principalmente en Europa, y se tiene a Larac, Aneto, Cito y Desto. Se recolecta antes de que las yemas sobresalgan de la tierra. Si las yemas emergen de la tierra en el momento de la cosecha, los espárragos tendrán un color rosa violáceo.

b) Espárragos verdes: Se siembra de plano, las yemas se desarrollan plenamente al aire libre, toman la insolación, realizan la fotosíntesis y son de color verde. El país de origen de estos espárragos es Estados Unidos, en particular Mary Washington W 500, UC (Universidad de California) 72 y UC (Universidad de California) 157, y se identifican por tener cabezas cerradas, son uniformes y totalmente verdes.

### **2.2.9. Propagación.**

a) Siembra directa: Se colocan 2 líneas de semillas a 25 centímetros de distanciamiento; separados a un metro de las líneas de siembra, y la cantidad de semilla empleada es de 2.5 a 3.5 kg/ha.

b) Plántulas: El sistema radica en realizar el trasplante de la plántula con suelo producidos en un vivero. La época de trasplante ocurre de agosto a octubre, en el momento que la plántula alcanza entre 8 y 12 semanas de crecimiento y muestra cuatro o cinco tallos.

c) Plantación de coronas: Se hace en el fondo del surco, trasplantando las plántulas con suelo, las cuales provienen del vivero. Para que una corona sea calificada de buena calidad tiene que exhibir las siguientes particularidades:

- El peso de cada una debe estar sobre los 30 g.
- Las raíces deben ser abundantes, carnosas y bien fomadas (mínimo 10)
- Presentar yemas bien desarrolladas, sobre sobre los cuatro a seis, no brotadas.
- Deben estar sanas, libre de heridas y de hongos fitófagos.

#### **2.2.10. Requerimiento de nutrientes.**

Resulta que el cultivo de espárrago, tiene exigencias nutricionales moderados, ya que los aportes que se realicen no serán muy grandes y se darán en el momento adecuado, es decir, según los momentos en que las necesidades de la planta sean mayores.

Durante la nutrición del espárrago median mecanismos de formación y depósito de reservas. Para lo cual, es necesario diferenciar entre los 2 tipos de raíces: la raíz principal, que sirve como órgano de almacenamiento, y sus pequeñas raíces, que se encargan de la absorción de agua y nutrientes. Las reservas aéreas se almacenan en la raíz principal. Estas reservas jugarán un papel importante en las emisiones del turión en la próxima temporada. Por tanto, el desarrollo de un espárrago presenta distintas fases:

- Formación de “garra” que abarca desde la siembra hasta la formación de plantas (1 a 2 años).
- Acumulación de reservas, en la cual se produce el esparcimiento vegetativo con la finalidad de formar la suficiente cantidad de sustancias nutritivas las cuales, para que sean trasladadas a las raíces principales, y durante los próximos 2 a 3 años se acumularán.
- Fase productiva, entrando al tercer año, se puede distinguir 3 sub etapas:
  - 1) Fase de recolección de turiones.
  - 2) Fase de desarrollo vegetativo.
  - 3) Fase de reposo.

Otro valor nutrimental de los espárragos es que, aunque los requerimientos de nutrientes son menores porque la remoción de turiones es reducida, la disposición de almacenamiento de nutrientes de las raíces, las hojas y corona son relativamente elevadas.

#### **2.2.11. Rol de los nutrientes esenciales.**

a) Nitrógeno: Es el elemento que se absorbe en mayor cantidad, a lo largo de las fases vegetativas del espárrago.

Las plantas de espárrago, en los primeros años, requieren bastante nitrógeno para llevar a cabo funciones fisiológicas y mantener la formación de tejidos y. Se ha demostrado que, en condiciones de solución nutritiva, las plantas de espárrago alcanzan su máximo crecimiento cuando la solución contiene un 75% de N-NO<sub>3</sub> y un 25% de N-NH<sub>4</sub>.

Una dosis demasiado alta, dará como resultado una disminución del rendimiento debido a la reducción del número y calibre de los turiones. Es recomendable la aplicación de nitrógeno, al momento que el cultivo se halla en la etapa avanzada del crecimiento de los plumeros.

Una fertilización con nitrógeno disminuye las agresiones de *Rhizoctonia violacea* al fomentar el crecimiento del micelio en perjuicio de la formación del esclerocio, reprimiendo de este modo su reproducción.

b) Fósforo: Este elemento se obtiene en pequeñas cantidades del cultivo de espárragos. No obstante, se ha evidenciado que estimula el desarrollo radicular y actúa como regulador de la vitalidad de las plantas.

También se ha demostrado que afecta la calidad de los espárragos ya que disminuye el contenido de fibra. Tiene un efecto beneficioso sobre el sabor, por lo que, si falta este nutriente, se vuelven desabridos los espárragos.

c) Potasio: Así como que el nitrógeno, es un nutriente, que los espárragos necesitan grandes cantidades de nutrientes para absorberlos y trasladarlos a áreas de reserva.

El potasio es un nutriente que, interfiere con el transporte de carbohidratos en el cultivo, que es un trascurso muy significativo en la producción de espárragos. Al mismo tiempo, aumenta la resistencia a hongos fitófagos y contribuye a conservar la calidad de los turiones.

Varios experimentos han demostrado que aumentar los niveles o dosis de potasio aumenta el rendimiento, el contenido de nutrientes de las hojas y la calidad de los turiones del espárrago.

La divergencia en la respuesta de las distintas fuentes de potasio en la planta de espárrago, dependen del anión potasio agregado (cloruro, sulfato o nitrato). Estos cambios crean un equilibrio diferenciado de nutrientes en la absorción de otros elementos nutritivos, lo que afecta significativamente el rendimiento del cultivo

Su carencia se exhibe por una merma en la calidad de los turiones.

d) Calcio: Este nutriente se ha demostrado que cumple un papel valioso en los espárragos. En el caso de este nutriente, no se trata tanto de un problema de falta en el suelo, sino de su inacción en el floema, lo que dificulta su desplazamiento hacia los lugares donde el crecimiento es más rápido.

e) Magnesio: El cultivo de espárragos tiene necesidades nutricionales moderadas de magnesio. No obstante, hay que tener en cuenta que este nutriente es necesario para la fotosíntesis, un importante proceso de acumulación de sustancias orgánicas, muy significativo para el cultivo del espárrago.

f) Boro: Al espárrago se considera como un cultivo de alta demanda de nutrientes a base de boro. En condiciones de solución nutritiva, se ha encontrado que las plantas de espárrago alcanzan su máximo crecimiento, al momento que el contenido de boro en la solución es de 1,5 ppm, lo que confirma la alta demanda de boro de este cultivo. Resulta

que los espárragos tienen una mayor necesidad de boro porque es un cultivo con una pared celular rica en pectina, como lo son muchas especies dicotiledóneas.

### III. Materiales y métodos

#### 3.1. Ubicación

Esta parcela de investigación fue conducida en el Fundo La Peña, ubicado políticamente en el distrito, provincia y región Lambayeque, alrededor de un kilómetro de distancia, al oeste de la Ciudad Universitaria, situado a 18 metros sobre el nivel del mar, a 5°10' de Latitud Sur y a 78.45' de Longitud Oeste, presentando climas sub-tropicales alcanzando de 28°C a 32°C de temperatura promedio en verano y entre 14 y 20° C en invierno.



Figura 2. Mapa de ubicación del Distrito, Provincia y Departamento de Lambayeque.



*Figura 3. Ubicación del ensayo.*

### **3.1.1. Condiciones climáticas.**

El clima en la zona está caracterizado por ser semidesértico, con 18 a 19 °C de temperaturas media anuales y precipitaciones irregulares promedios por debajo de 150 mm. La falta de precipitaciones es causada por los vientos alisios húmedos que se enfrían y crean niebla a medida que pasan por las aguas frías de la Corriente peruana, lo que resulta en temperaturas bajas con promedios de 13°C. Sobre dicho colchón, se incrementa de 13 a 24 °C la temperatura, absorbiendo la humedad el aire cálido, lo cual obstaculiza que se forme nubes de lluvia. Generalmente, la humedad relativa se considera elevada, la cual, se encuentra sobre el 60 %, y en estación de invierno llega cerca del 100 %, y se produce una fina llovizna casualmente, la cual se le conoce como garúa (Brack, 2004).

Los datos climatológicos contaron con registros mensuales, desde enero del 2016 hasta diciembre del 2017. Los registros climáticos correspondientes facilitados por la estación meteorológica de la UNPRG - Lambayeque, que permitieron hacer una planeación de las labores de siembras, y demás labores, etc.

La mínima temperatura registrada en los años 2016-17 fue de 15.9° C y se presentó en el mes de noviembre del 2017, y la máxima temperatura fue reportada con 31.0° C



durante marzo del 2017. En promedio alcanzó una temperatura media de 22.6° C, valor óptimo para el cultivo de espárrago.

Durante el mes de marzo del 2017, se produjo la radiación solar mínima, con 5.2 horas, trascendiendo y el mayor número de horas aconteció durante el mes de julio del 2016 con 9.0/día y un promedio de 7.3 horas de sol, este valor se considera bajo, y esto se debió al oscurecimiento global.

Tabla 2. *Fertilización de Acuerdo con el Análisis de Suelos. Nivel Intermedio de Tecnología.*

Años 16-17	Temperatura (°C)			Precipitación (mm)	Viento m/seg	Horas sol (H/d)
Meses	T-Máxima	T-Media	T-Mínima			
Ene-16	27.9	25.2	22.4	6.4	3	6.4
Feb-16	30.0	26.6	23.1	2.4	2.6	6.2
Mar-16	30.5	26.5	22.5	2.8	3	7.6
Abr-16	28.2	24.4	20.5	4.8	3.4	7.4
May-16	26.2	22.2	18.2	0.0	3.5	9.3
Jun-16	25.2	21.3	17.4	0.0	3.4	7.4
Jul-16	24.2	20.4	16.6	0.0	3.30	9.0
Ago-16	23.8	20.2	16.6	0.0	3.3	8.4
Sep-16	23.7	20.4	17.0	0.0	3.3	7.8
Oct-16	24.0	20.5	16.9	0.0	3.4	8.2
Nov-16	24.8	20.7	16.5	0.0	3.3	8.9
Dic-16	26.4	22.5	18.5	0.0	3.3	8.0
Ene-17	29.6	25.4	21.1	0.0	2.9	6.8
Feb-17	30.9	27.3	23.7	0.0	2.3	7.3
Mar-17	31.0	28.1	25.2	0.0	2.2	5.2
Abr-17	29.1	25.5	21.9	0.0	3.3	7.8
May-17	27.5	24.0	20.4	0.0	3.7	6.7
Jun-17	25.2	21.8	18.4	0.0	3.5	6.1
Jul-17	23.1	19.9	16.7	0.0	3.5	5.3
Ago-17	22.8	19.6	16.4	0.0	4.1	6.6
Sep-17	22.4	19.2	16.0	0.0	4.9	6.3
Oct-17	22.3	19.2	16.1	0.0	4.9	7.0
Nov-17	23.1	19.5	15.9	0.0	4.6	6.8
Dic-17	26.0	22.0	18.0	0.0	4.9	8.3
Promedio	26.2	22.6	19.0	0.7	3.5	7.3

Nota: Fuente: Estación Meteorológica de la UNPRG. Lambayeque.

### 3.1.2. Condiciones edáficas e hídricas.

Según las tablas 3 y 4, estos valores señalan que los suelos son neutros y están bajos en N-P-K, aunque tiene peligro de salinidad y alcalinidad., debido a que las aguas de riegos, son duras. Para el caso de las aguas los resultados indican que son alcalinas.

Tabla 3. *Resultado de análisis de agua.*

Código de muestra	pH	Cea (us/cm)	CO <sub>2</sub>	HCO <sub>2</sub>	CL <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub>	Ca <sup>3+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Na <sup>+</sup>	RAS	CSR	DUREZA
			meq/lt				meq/lt			meq/lt	meq/lt	Ppm CO <sub>2</sub> Ca
Agua de pozo fundo la peña	6.98	3770	0.00	11.00	22.00	3.60	7.10	5.60	0.02	9.61	-1.70	599

Nota: Fuente: Laboratorio CYSAG.

Tabla 4. *Resultados de análisis de suelos.*

Código de muestra(suelo)	pH 1:1	CE (us/cm) 1:1	CaCO <sub>2</sub> %	MO %	P ppm	K ppm	Distribución de partículas-USDA			Clase textural	D.ap g/cm <sup>3</sup>	CIC meq/100g
							A <sub>o</sub> %	L <sub>o</sub> %	A <sub>r</sub> %			
fundo la peña	7.52	2934	2.35	1.05	18	70	7.10	5.60	0.02	AaFr	1.66	9.62
Código de muestra(suelo)	Cationes intercambiables meq/100g					PSB	Suma de cationes intercambiables					
Fundo la peña	Ca <sup>+</sup>	Mg <sup>++</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>								
	5.36	1.32	0.14	2.80	1.00	9.62						

Nota: Fuente: Laboratorio CYSAG.

### 3.2. Materiales

#### 3.2.1. Material biológico.

- Plantación de espárrago en etapa de producción.

#### 3.1.3. Materiales e insumos.

- Cartillas de evaluación
- Libreta de campo
- Tarjetas para identificación de plantas
- Letreros

#### 3.1.4. Herramientas.

- Tijeras
- Canastas para cosecha
- Regla graduada /vernier.

### **3.1.5. Equipos.**

- Balanza
- GPS
- Laptop
- Cámara fotográfica

## **3.3. Metodología**

### **3.3.1. Tipo y nivel de investigación.**

- Enfoque: Cuantitativo, para conocer el rendimiento del espárrago (*A. officinalis* L.), se dispuso de un modelo instaurado, de acuerdo a los niveles de fertilización estudiados en el Fundo La Peña, aplicando la estadística con variables cuantificables y utilizando indicadores paramétricos y no paramétricos.
- Tipo: Aplicada, ya que se hizo un planteamiento de un problema conocido y experimentado en trabajos anteriores, por medio de concepciones o hipótesis que ya han sido establecidas y que fueron aplicadas, de acuerdo a los niveles estudiados de fertilización al rendimiento del espárrago en Lambayeque.
- Nivel: Explicativo, se hizo un estudio aplicando la estadística inferencial, los motivos que originan las diferenciaciones del rendimiento del espárrago, de acuerdo los niveles estudiados de fertilización en Lambayeque.

### **3.3.2. Diseño de investigación.**

Con la finalidad de conseguir los objetivos el diseño utilizado fue el siguiente:

- Experimental: Se efectuó un estudio sistemático, empírico en el cual se manipularon variables y fue necesario observar y corregir el problema mediante experimentos, mejor dicho, se estudió la situación de la realidad de la producción de espárrago en Lambayeque, según el nivel de fertilización.

### 3.3.3. Población, muestra y muestreo.

#### 3.3.3.1. Población.

Cultivo de espárrago (*A. officinalis* L.) en el distrito de Lambayeque.

#### 3.3.3.2. Muestra.

Cultivo de espárrago en el Fundo La Peña (distrito de Lambayeque).

### 3.3.4. Operacionalización de las variables.

La operacionalización de variables, se muestra en la tabla 5.

Variable Independiente: Niveles de fertilización.

Variables Dependientes: Comportamiento agronómico del espárrago

Tabla 5. Operacionalización de las variables.

Tipo	Variable	Dimensiones	Indicador
Independiente	<i>Niveles de fertilización N - P - K</i>	Tratamientos	T1: 180-90-150
			T2: 180-150-180
			T3: 210-90-150
			T4: 210-150-180
			T5: 240-90-150
			T6: 240-150-180
Dependiente	<i>Comportamiento agronómico del espárrago</i>	Indicadores de los turiones	Peso de turión Calibre de turión
	<i>Asparagus officinalis</i> L.	Indicadores del rendimiento	Número de turiones por metro lineal Rendimiento de turiones por hectárea

### 3.3.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.

#### 3.3.5.1. Experimentación.

Es un método donde, el comportamiento agronómico del espárrago (variable dependiente), con una conducción pareja en la zona del experimento, se manipuló con el estudio del nivel de fertilización (variable independiente), con el propósito de conseguir indagación sobre los impactos que obtendrán los indicadores respuesta (comportamiento agronómico) por la interrelación de variables (dependiente e independiente).

### 3.3.5.2. *Elaboración de instrumentos.*

Se consideraron varios pasos y directrices sistemáticos y estratégicos en el desarrollo de los instrumentos, a fin de conseguir los propósitos en estudio y utilizarlos como herramienta.

Para valorar el comportamiento agronómico del espárrago se utilizó una cartilla de evaluación.

### 3.3.6. *Procedimientos.*

#### 3.3.6.1. *Labores previas.*

Al inicio, fue realizado un estudio bibliográfico, para determinar los indicadores de comportamiento agronómico en espárragos.

El paso siguiente, fue preparar una cartilla para la evaluación de los indicadores.

#### 3.3.6.2. *Tratamientos en estudio.*

Estos estuvieron constituidos por los niveles de fertilización, en la cual se detalla en la tabla 6.

Tabla 6. *Tratamientos empleados en la investigación.*

Tratamiento	Nivel de fertilización
T1	N 180 - P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> 90 - K <sub>2</sub> O 150
T2	N 180 - P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> 150 - K <sub>2</sub> O 180
T3	N 210 - P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> 90 - K <sub>2</sub> O 150
T4	N 210 - P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> 150 - K <sub>2</sub> O 180
T5	N 240 - P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> 90 - K <sub>2</sub> O 150
T6	N 240 - P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> 150 - K <sub>2</sub> O 180

#### 3.3.6.3. *Diseño del experimento.*

Se utilizó el Diseño de Bloques Completamente al Azar (DBCA) para determinar el comportamiento agronómico del espárrago. Se consideraron seis tratamientos y tres bloques. El área experimental presentó las siguientes características:

##### a) **Bloques.**

Número de bloques: 3.

Largo: 54 m.

Ancho: 8 m.

Área por bloque: 432 m<sup>2</sup>.

Área total: 1296 m<sup>2</sup>.

**b) Parcela experimental.**

Largo: 9 m.

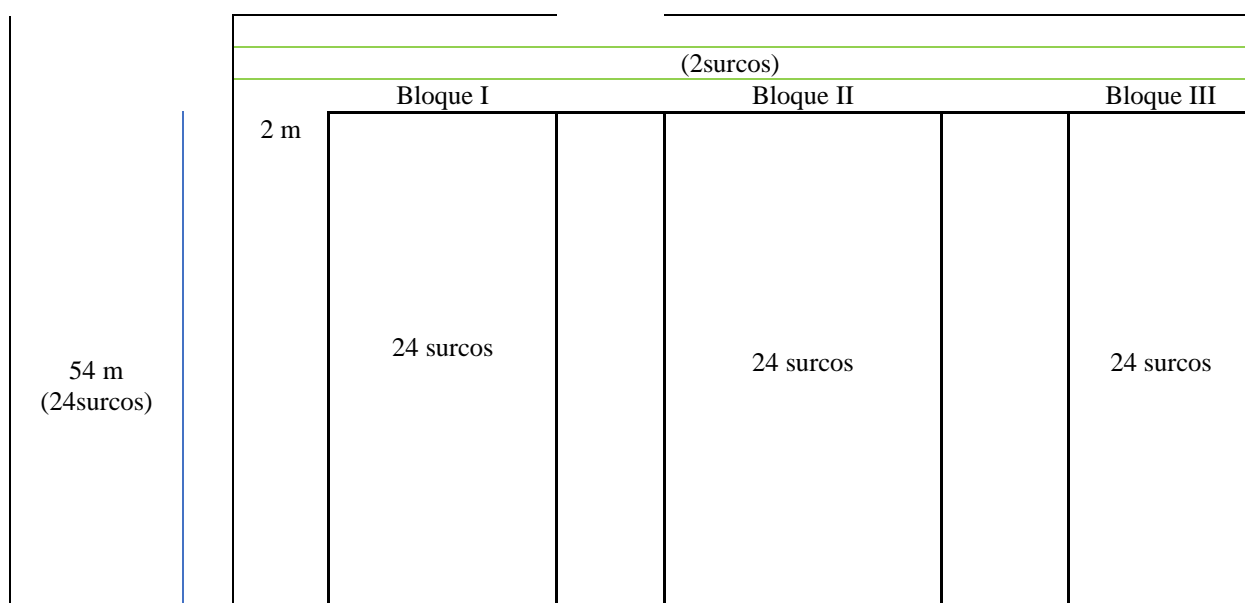
Ancho: 8 m.

Área por parcela experimental: 72 m<sup>2</sup>.

**c) Surco y golpes.**

Distanciamiento entre surco: 1.5 m.

Distanciamiento entre golpes: 30 cm.



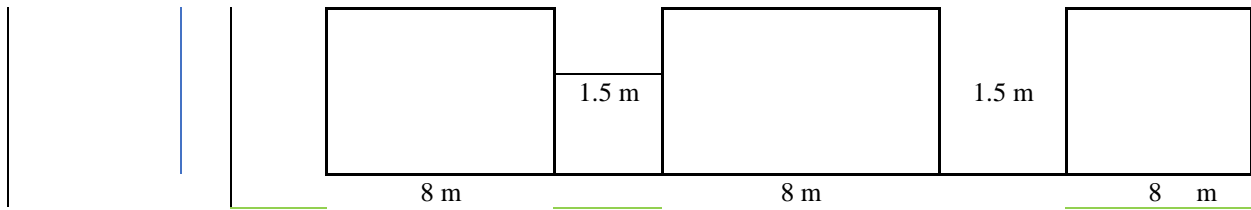


Figura 4. Croquis del diseño experimental.

#### 3.3.6.4. *Evaluación del comportamiento agronómico.*

##### 3.3.6.4.1. *Indicadores del turión.*

- Peso de turión
- Calibre de turión

##### 3.3.6.4.2. *Indicadores de rendimiento.*

- N° de turiones por metro lineal
- Rendimiento de turiones/ha.

#### 3.3.7. **Plan de procesamiento y análisis de datos.**

Con el fin de encontrar valores promedio y correlaciones, Los datos fueron procesaron en gabinete, para lo cual se utilizó el programa Microsoft Excel, para realizar análisis estadístico y elaborar tablas y gráficos.

Primeramente, se procedió a calcular los promedios de los resultados logrados en los indicadores (tratamiento y bloque).

Se usó el ANAVA, y DBCA con seis tratamientos y 3 bloques en un diseño, por cada parámetro evaluado, en un estudio univariable (niveles de fertilización) con el programa R versión 3.6.3.

El factor considerado será: Niveles de fertilización N - P - K.

El modelo estadístico empleado fue:

$$Y_{ik} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \varepsilon_{ij}$$

$$i = 6; j = 3$$

Dónde:

$i$  = número de niveles de la variable Tipo de Poda,

$j$  = número de replicaciones o bloques

$n$  = número de observaciones ( $ij = 18$ ).

$\mu$  = Media global de  $y$ .

$\alpha_i$  = Efecto incremental sobre la media causado por el nivel  $i$  de la variable tipo de fertilización.

$\beta_j$  = Efecto incremental sobre la media causado por el nivel  $j$  de la variable bloque.

$\varepsilon_{ij}$  = Error aleatorio del modelo.

Suponiendo que:

$$\sum_{i=1}^4 \alpha_i = \sum_{j=1}^5 \beta_j = 0$$

La finalidad del análisis más transcendental para este modelo, fue efectuar los contrastes de hipótesis nula para la variable nivel de fertilización, que, junto al estadístico de contraste, se exponen seguidamente:

$$H_0: \alpha_1 = \alpha_2 = \dots = \alpha_6 = 0$$

$$H_1: \alpha_i \neq 0, \text{ por lo menos para algún } i$$

Cuando fueron encontradas diferencias estadísticas, se procede a realizar pruebas de comparaciones múltiples de medias, mediante el método de Tukey con 0.05 de error y utilizando el programa estadístico R versión 3.6.3.

También se aplicó un análisis de correlación de Pearson para los indicadores del comportamiento agronómico con el fin de establecer que variables repercuten en los datos del rendimiento/ha de turiones en el espárrago. En cuanto al análisis correlacional se hizo uso del programa estadístico R versión 3.6.3.



## IV. Resultados y discusión

### 4.1. Efecto de los niveles de fertilización N - P - K sobre los indicadores del turión del cultivo de espárrago.

#### 4.1.1. Efecto de los niveles de fertilización N - P - K sobre el peso del turión del cultivo de espárrago.

La Tabla 7, demuestra que, ANAVA sobre el peso de turión del espárrago de acuerdo a los niveles de fertilización evaluados en un DBCA, no registró diferencia estadísticamente significativa entre los tratamientos estudiados. En Tabla 8 y Figura 5, se expone que el peso del turión del espárrago (*A. officinalis* L.) resultó estadísticamente similar en los niveles de fertilización N - P - K estudiados. Asimismo, el peso del turión varió de 12.16 g para el tratamiento T5 N 240 - P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 90 - K<sub>2</sub>O 150, hasta 10.7 g para el tratamiento T4 N 210 - P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 150 - K<sub>2</sub>O 180.

Tabla 7. *Análisis de varianza para las causas de variación de un DBCA sobre el peso del turión del cultivo de espárrago, según los niveles de fertilización N - P - K.*

Causas de variación	S.C.	G.L.	C.M.	F	p-valor	Significancia
Tratamiento	5.54	5	1.11	0.87	0.531	n.s.
Bloque	43.73	2	21.86	17.27	0.0006	**
Error	12.66	10	1.27			
Total	61.92	17				
C.V. (%)	9.9					

Nota: Para el valor de p (probabilidad), la significancia estadística de la causa de variación es: (\*\*)  $p \leq 0,01$ : muy significativo; (\*)  $p \leq 0,05$  pero  $> 0,01$ : significativo; (n.s.)  $p > 0,05$ : no significativo.

S.C. = Suma de cuadrados; G.L. = Grados de libertad; C.M. = Cuadrado medio.

Tabla 8. *Peso del turión (g) del cultivo de espárrago Asparagus officinalis L. según los niveles de fertilización N - P - K.*

	Tratamiento	Medias	E.E.	Significancia
T5	N 240 - P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> 90 - K <sub>2</sub> O 150	12.16	±0.98	A
T6	N 240 - P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> 150 - K <sub>2</sub> O 180	11.97	±1.08	A
T1	N 180 - P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> 90 - K <sub>2</sub> O 150	11.46	±1.93	A
T2	N 180 - P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> 150 - K <sub>2</sub> O 180	11.03	±1.16	A
T3	N 210 - P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> 90 - K <sub>2</sub> O 150	10.84	±1.33	A
T4	N 210 - P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> 150 - K <sub>2</sub> O 180	10.7	±0.66	A

Tratamientos con una letra en común, no presentan diferencia significativa entre sí ( $p < 0.05$ ).

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=3.19089

Error: 1.2660 gl: 10

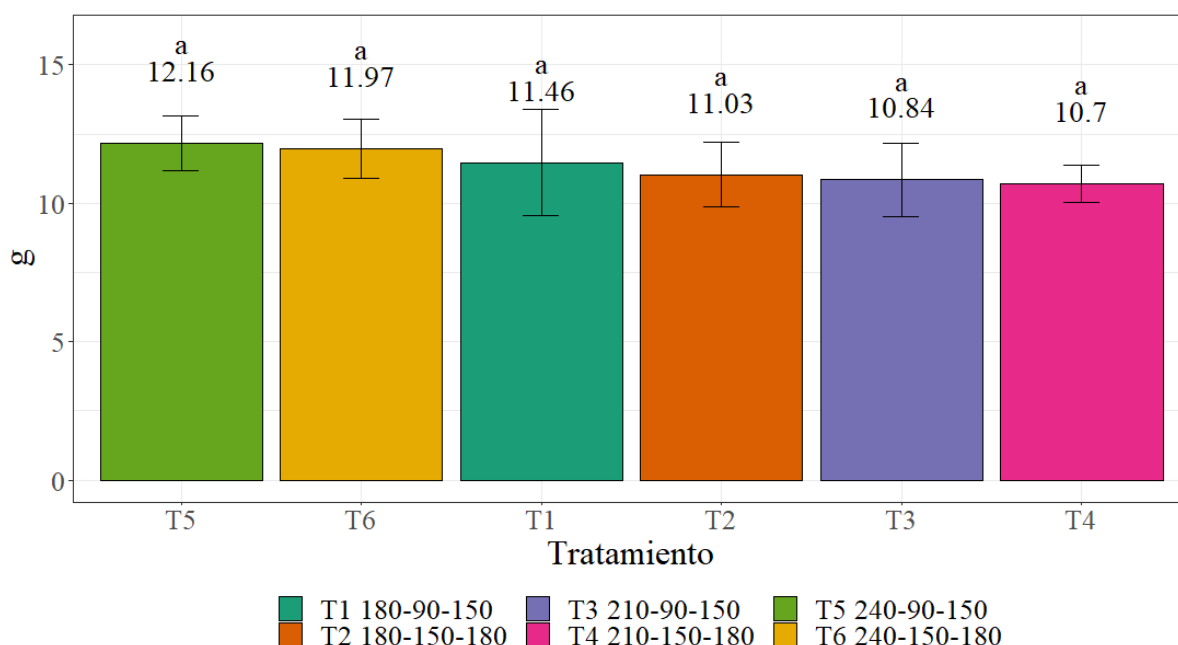


Figura 5. Peso del turión (g) del cultivo de espárrago *Asparagus officinalis* L. según los niveles de fertilización N - P - K.

#### 4.1.2. Efecto de los niveles de fertilización N - P - K sobre el calibre de turión del cultivo de espárrago *Asparagus officinalis* L.

La Tabla 9, demuestra que, el análisis de varianza sobre el calibre de turión del espárrago de acuerdo a los niveles de fertilización evaluados en un DBCA, no registró diferencia estadísticamente significativa entre los tratamientos. En la Tabla 10 y Figura 6, se encontró que el calibre del turión del espárrago fue estadísticamente similar en los niveles de fertilización N - P - K estudiados. Asimismo, el calibre del turión tuvo una variación de 8.29 mm para el tratamiento T5 N 240 - P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 90 - K<sub>2</sub>O 150, hasta 7.55 mm para el tratamiento T4 N 210 - P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 150 - K<sub>2</sub>O 180.

Tabla 9. Análisis de varianza para las causas de variación de un DBCA sobre el calibre del turión del cultivo de espárrago *Asparagus officinalis* L. según los niveles de fertilización N - P - K.

Causas de variación	S.C.	G.L.	C.M.	F	p-valor	Significancia
Tratamiento	1.17	5	0.23	0.57	0.7221	n.s.
Bloque	7.87	2	3.94	9.6	0.0047	**
Error	4.1	10	0.41			
Total	13.14	17				
C.V. (%)	8.01					

Nota: Para el valor de  $p$  (probabilidad), la significancia estadística de la causa de variación es: (\*\*)  $p \leq 0,01$ : muy significativo; (\*)  $p \leq 0,05$  pero  $> 0,01$ : significativo; (n.s.)  $p > 0,05$ : no significativo.

S.C. = Suma de cuadrados; G.L. = Grados de libertad; C.M. = Cuadrado medio.

Tabla 10. Calibre de turión (mm) del cultivo de espárrago *Asparagus officinalis* L. según los niveles de fertilización N - P - K.

	Tratamiento	Medias	E.E.	Significancia
T5	N 240 - P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> 90 - K <sub>2</sub> O 150	8.29	±0.31	A
T6	N 240 - P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> 150 - K <sub>2</sub> O 180	8.29	±0.42	A
T1	N 180 - P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> 90 - K <sub>2</sub> O 150	8.03	±0.86	A
T2	N 180 - P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> 150 - K <sub>2</sub> O 180	7.92	±0.53	A
T3	N 210 - P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> 90 - K <sub>2</sub> O 150	7.89	±0.73	A
T4	N 210 - P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> 150 - K <sub>2</sub> O 180	7.55	±0.42	A

Tratamientos con una letra en común, no presentan diferencia significativa entre sí ( $p < 0.05$ ).

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=1.81600

Error: 0.4100 gl: 10

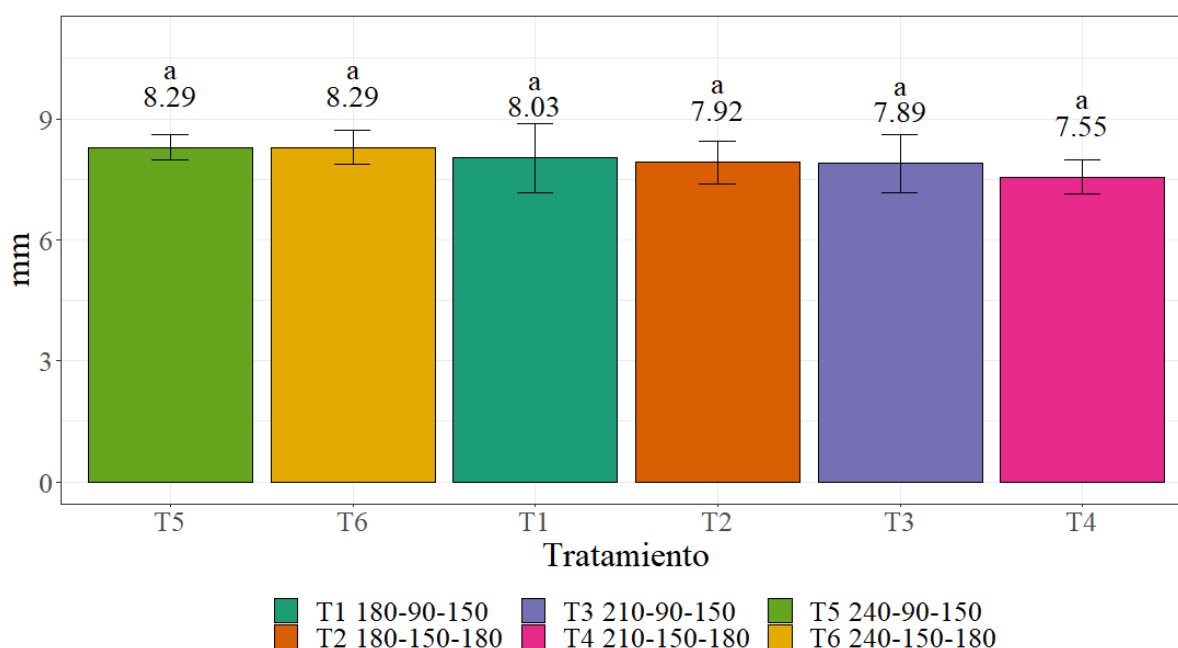


Figura 6. Calibre de turión (mm) del cultivo de espárrago *Asparagus officinalis* L. según los niveles de fertilización N - P - K.

#### 4.2. Efecto de los niveles de fertilización N - P - K sobre el rendimiento del cultivo de espárrago *Asparagus officinalis* L.

##### 4.2.1. Efecto de los niveles de fertilización N - P - K sobre el número de turiones por metro lineal del cultivo de espárrago *Asparagus officinalis* L.

La Tabla 11, demuestra que, el ANAVA sobre el total de turiones/m lineal de tamaño menor a los 9 cm del espárrago de acuerdo a los niveles de fertilización estudiados en un

DBCA, no registró diferencia estadísticamente significativa entre los tratamientos. En la Tabla 12 y Figura 7, para el número de turiones por metro lineal de tamaño menor a los 9 cm en el espárrago, resultó estadísticamente similar para los niveles de fertilización N - P - K estudiados. Al mismo tiempo, el número de turiones/m lineal de tamaño menor de 9 cm tuvo una variación de 171.33 unidades para el tratamiento T6 N 240 - P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 150 - K<sub>2</sub>O 180, hasta 153.17 unidades para el tratamiento T5 N 240 - P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 90 - K<sub>2</sub>O 150.

Tabla 11. *Análisis de varianza para las causas de variación de un DBCA sobre el número de turiones por metro lineal de tamaño menor a los 9 cm del cultivo de espárrago Asparagus officinalis L. según los niveles de fertilización N - P - K.*

Causas de variación	S.C.	G.L.	C.M.	F	p-valor	Significancia
Tratamiento	703.57	5	140.71	1.31	0.3357	n.s.
Bloque	30.36	2	15.18	0.14	0.8703	n.s.
Error	1077.97	10	107.8			
Total	1811.9	17				
C.V. (%)	6.29					

Nota: Para el valor de p (probabilidad), la significancia estadística de la causa de variación es: (\*\*)  $p \leq 0,01$ : muy significativo; (\*)  $p \leq 0,05$  pero  $> 0,01$ : significativo; (n.s.)  $p > 0,05$ : no significativo.

S.C. = Suma de cuadrados; G.L. = Grados de libertad; C.M. = Cuadrado medio.

Tabla 12. *Número de turiones por metro lineal de tamaño menor a los 9 cm del cultivo de espárrago Asparagus officinalis L. según los niveles de fertilización N - P - K.*

	Tratamiento	Medias	E.E.	Significancia
T6	N 240 - P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> 150 - K <sub>2</sub> O 180	171.33	±9.71	A
T1	N 180 - P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> 90 - K <sub>2</sub> O 150	170	±1.8	A
T3	N 210 - P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> 90 - K <sub>2</sub> O 150	168.83	±2.24	A
T2	N 180 - P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> 150 - K <sub>2</sub> O 180	166.17	±3.77	A
T4	N 210 - P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> 150 - K <sub>2</sub> O 180	161.33	±6.58	A
T5	N 240 - P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> 90 - K <sub>2</sub> O 150	153.17	±4.95	A

Tratamientos con una letra en común, no presentan diferencia significativa entre sí ( $p < 0.05$ ).

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=29.44441

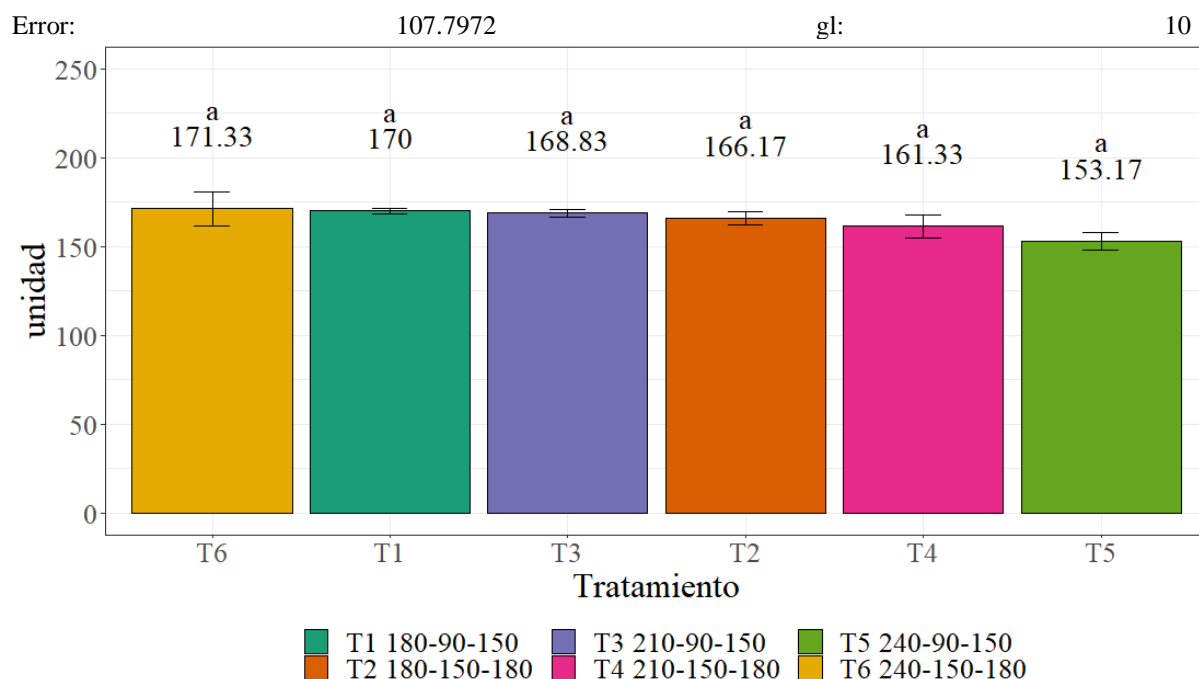


Figura 7. Número de turiones por metro lineal de tamaño menor a los 9 cm del cultivo de espárrago *Asparagus officinalis* L. según los niveles de fertilización N - P - K.

La Tabla 13, demuestra que, el ANAVA sobre el número de turiones/m lineal de tamaño mayor de 9 cm y menor a los 17 cm en espárrago de acuerdo a los niveles de fertilización evaluados en un DBCA, no registró diferencia estadísticamente significativa entre los tratamientos estudiados. La Tabla 14 y Figura 8, muestra que el número de turiones por metro lineal de tamaño mayor a los 9 cm y menor a los 17 cm en espárrago, fue estadísticamente similar de acuerdo a los niveles de fertilización N - P - K estudiados. También, el número de turiones/m lineal de tamaño mayor a los 9 cm y menor a los 17 cm varió de 162.5 unidades para el tratamiento T5 N 180 - P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 150 - K<sub>2</sub>O 180, hasta 146.83 unidades para el tratamiento T2 N 240 - P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 90 - K<sub>2</sub>O 150.

Tabla 13. *Análisis de varianza para las causas de variación de un DBCA sobre el número de turiones por metro lineal de tamaño mayor a los 9 cm y menor a los 17 cm del cultivo de espárrago Asparagus officinalis* L. según los niveles de fertilización N - P - K.

Causas de variación	S.C.	G.L.	C.M.	F	p-valor	Significancia
Tratamiento	594.44	5	118.89	1.23	0.3655	n.s.
Bloque	171.36	2	85.68	0.88	0.4433	n.s.
Error	969.97	10	97			
Total	1735.78	17				
C.V. (%)	6.39					

Para el valor de  $p$  (probabilidad), la significancia estadística de la causa de variación es: (\*\*)  $p \leq 0,01$ : muy significativo; (\*)  $p \leq 0,05$  pero  $> 0,01$ : significativo; (n.s.)  $p > 0,05$ : no significativo.

S.C. = Suma de cuadrados; G.L. = Grados de libertad; C.M. = Cuadrado medio.

Tabla 14. Número de turiones por metro lineal de tamaño mayor a los 9 cm y menor a los 17 cm del cultivo de espárrago *Asparagus officinalis* L. según los niveles de fertilización N - P - K.

	Tratamiento	Medias	E.E.	Significancia
T5	N 240 - P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> 90 - K <sub>2</sub> O 150	162.5	±7.02	A
T1	N 180 - P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> 90 - K <sub>2</sub> O 150	158.83	±0.17	A
T4	N 210 - P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> 150 - K <sub>2</sub> O 180	156.33	±6.12	A
T6	N 240 - P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> 150 - K <sub>2</sub> O 180	152.83	±5.34	A
T3	N 210 - P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> 90 - K <sub>2</sub> O 150	147.33	±7.65	A
T2	N 180 - P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> 150 - K <sub>2</sub> O 180	146.83	±4.04	A

Tratamientos con una letra en común, no presentan diferencia significativa entre sí ( $p < 0.05$ ).

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS= 27.93050

Error: 96.9972 gl: 10

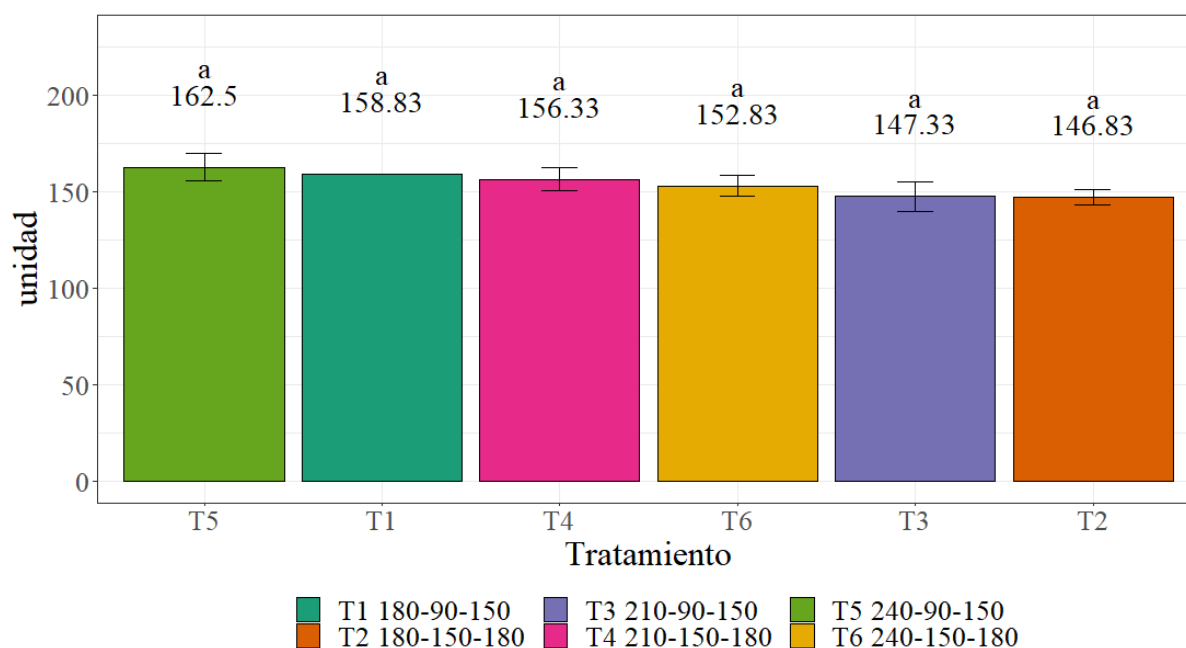


Figura 8. Número de turiones por metro lineal de tamaño mayor a los 9 cm y menor a los 17 cm del cultivo de espárrago *Asparagus officinalis* L. según los niveles de fertilización N - P - K.

Según la Tabla 15, demuestra que, el ANAVA sobre el número de turiones/m lineal de tamaño mayor de 17 cm y menor a los 26 cm del espárrago de acuerdo a los niveles de fertilización evaluados en un DBCA, no registró diferencia estadísticamente significativa entre los tratamientos. En la Tabla 16 y Figura 9, se aprecia que, el número de turiones/m lineal de tamaño mayor a los 17 cm y menor a los 26 cm del espárrago, fue similar

estadísticamente en los niveles de fertilización N - P - K estudiados. Asimismo, el número de turiones/m lineal de tamaño mayor a los 17 cm y menor a los 26 cm tuvo una variación de 156.33 unidades para el tratamiento T6 N 240 - P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 150 - K<sub>2</sub>O 180, hasta 149.83 unidades para el tratamiento T5 N 180 - P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 150 - K<sub>2</sub>O 180.

Tabla 15. *Análisis de varianza para las causas de variación de un DBCA sobre el número de turiones por metro lineal de tamaño mayor a los 17 cm y menor a los 26 cm del cultivo de espárrago Asparagus officinalis L. según los niveles de fertilización N - P - K.*

Causas de variación	S.C.	G.L.	C.M.	F	p-valor	Significancia
Tratamiento	109.24	5	21.85	0.61	0.6927	n.s.
Bloque	264.69	2	132.35	3.72	0.0621	n.s.
Error	356.14	10	35.61			
Total	730.07	17				
C.V. (%)	3.89					

Nota: Para el valor de p (probabilidad), la significancia estadística de la causa de variación es: (\*\*)  $p \leq 0,01$ : muy significativo; (\*)  $p \leq 0,05$  pero  $> 0,01$ : significativo; (n.s.)  $p > 0,05$ : no significativo..

S.C. = Suma de cuadrados; G.L. = Grados de libertad; C.M. = Cuadrado medio.

Tabla 16. *Número de turiones por metro lineal de tamaño mayor a los 17 cm y menor a los 26 cm del cultivo de espárrago Asparagus officinalis L. según los niveles de fertilización N - P - K.*

	Tratamiento	Medias	E.E.	Significancia
T6	N 240 - P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> 150 - K <sub>2</sub> O 180	156.33	±1.09	A
T4	N 210 - P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> 150 - K <sub>2</sub> O 180	155.67	±3.11	A
T1	N 180 - P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> 90 - K <sub>2</sub> O 150	155	±7.29	A
T3	N 210 - P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> 90 - K <sub>2</sub> O 150	151.83	±3.33	A
T2	N 180 - P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> 150 - K <sub>2</sub> O 180	151.17	±3.81	A
T5	N 240 - P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> 90 - K <sub>2</sub> O 150	149.83	±3.72	A

Tratamientos con una letra en común, no presentan diferencia significativa entre sí ( $p < 0.05$ ).

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS= 16.92423

Error: 35.6139 gl: 10

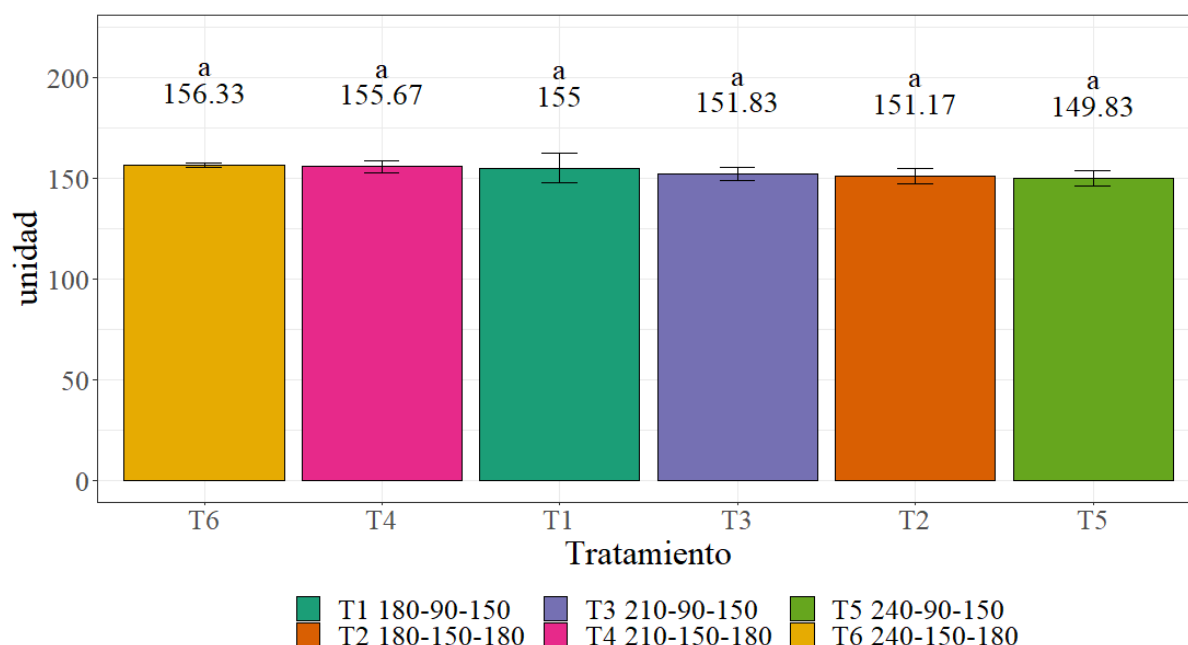


Figura 9. Número de turiones por metro lineal de tamaño mayor a los 17 cm y menor a los 26 cm del cultivo de espárrago *Asparagus officinalis* L. según los niveles de fertilización N - P - K.

La Tabla 17, demuestra que, el ANAVA sobre el número de turiones/m lineal de tamaño mayor de 26 cm del espárrago de acuerdo a los niveles de fertilización evaluados en un DBCA, no registró diferencia estadísticamente significativa entre los tratamientos. En la Tabla 18 y Figura 10, se aprecia que, el número de turiones por metro lineal de tamaño mayor de 26 cm del espárrago, fue estadísticamente similar en los niveles de fertilización N - P - K estudiados. Al mismo tiempo, el número de turiones/m lineal de tamaño mayor a los 26 cm tuvo una variación de 170.33 unidades para el tratamiento en estudio T2 N 180 - P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 150 - K<sub>2</sub>O 180, hasta 155 unidades para el tratamiento T4 N 210 - P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 150 - K<sub>2</sub>O 180.

Tabla 17. Análisis de varianza para las causas de variación de un DBCA sobre el número de turiones por metro lineal de tamaño mayor a los 26 cm del cultivo de espárrago *Asparagus officinalis* L. según los niveles de fertilización N - P - K.

Causas de variación	S.C.	G.L.	C.M.	F	p-valor	Significancia
Tratamiento	478.24	5	95.65	0.69	0.645	n.s.
Bloque	30.36	2	15.18	0.11	0.8979	n.s.
Error	1394.47	10	139.45			
Total	1903.07	17				
C.V. (%)	7.39					



Nota: Para el valor de  $p$  (probabilidad), la significancia estadística de la causa de variación es: (\*\*)  $p \leq 0,01$ : muy significativo; (\*)  $p \leq 0,05$  pero  $> 0,01$ : significativo; (n.s.)  $p > 0,05$ : no significativo..

S.C. = Suma de cuadrados; G.L. = Grados de libertad; C.M. = Cuadrado medio.

Tabla 18. Número de turiones por metro lineal de tamaño mayor a los 26 cm del cultivo de espárrago *Asparagus officinalis* L. según los niveles de fertilización N - P - K.

	Tratamiento	Medias	E.E.	Significancia
T2	N 180 - P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> 150 - K <sub>2</sub> O 180	170.33	±9.98	A
T5	N 240 - P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> 90 - K <sub>2</sub> O 150	161.5	±8.14	A
T3	N 210 - P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> 90 - K <sub>2</sub> O 150	157.5	±4.93	A
T6	N 240 - P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> 150 - K <sub>2</sub> O 180	157.5	±5.97	A
T1	N 180 - P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> 90 - K <sub>2</sub> O 150	156.33	±2.33	A
T4	N 210 - P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> 150 - K <sub>2</sub> O 180	155	±2.47	A

Tratamientos con una letra en común, no presentan diferencia significativa entre sí ( $p < 0.05$ ).

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS= 33.48914

Error: 139.4472 gl: 10

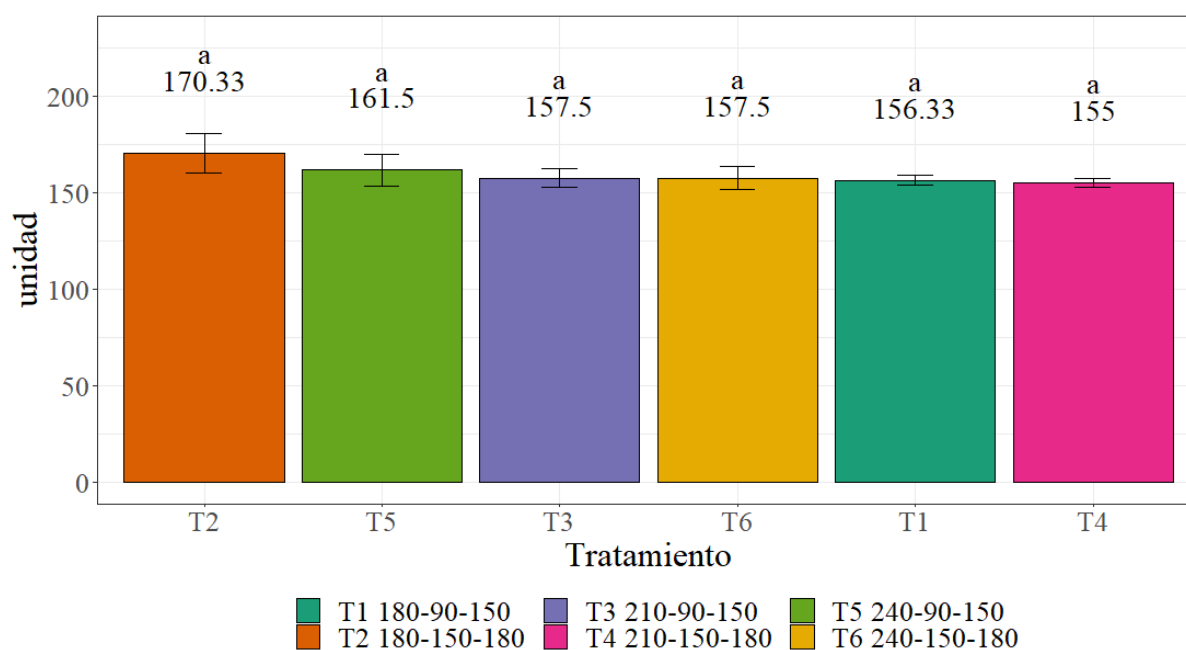


Figura 10. Número de turiones por metro lineal de tamaño mayor a los 26 cm del cultivo de espárrago *Asparagus officinalis* L. según los niveles de fertilización N - P - K.

La Tabla 19, demuestra que, el ANAVA sobre el número de turiones/m lineal del espárrago de acuerdo a los niveles de fertilización evaluados en un DBCA, no registró diferencia estadísticamente significativa entre los tratamientos. De acuerdo a la Tabla 20 y Figura 11, se puede apreciar, que el número de turiones/metro lineal del espárrago, fue estadísticamente similar para los niveles de fertilización N - P - K estudiados. Asimismo, el número de turiones por metro lineal tuvo una variación de 640.17 unidades para el

tratamiento T1 N 180 - P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 90 - K<sub>2</sub>O 150, hasta 625.5 unidades para el tratamiento T3 N 210 - P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 90 - K<sub>2</sub>O 150.

Tabla 19. *Análisis de varianza para las causas de variación de un DBCA sobre el número de turiones por metro lineal del cultivo de espárrago Asparagus officinalis L. según los niveles de fertilización N - P - K.*

Causas de variación	S.C.	G.L.	C.M.	F	p-valor	Significancia
Tratamiento	567.79	5	113.56	0.25	0.9291	n.s.
Bloque	832	2	416	0.92	0.428	n.s.
Error	4498.33	10	449.83			
Total	5898.13	17				
C.V. (%)	3.35					

Nota: Según los valores de p (probabilidad), la significancia estadística de la causa de variación es: (n.s.)  $p > 0.05$ : No significativo; (\*)  $p \leq 0.05$  pero  $> 0.01$ : Significativo; (\*\*)  $p \leq 0.01$ : Altamente significativo.

S.C. = Suma de cuadrados; G.L. = Grados de libertad; C.M. = Cuadrado medio.

Tabla 20. *Número de turiones por metro lineal del cultivo de espárrago Asparagus officinalis L. según los niveles de fertilización N - P - K.*

Tratamiento	Medias	E.E.	Significancia
T1 N 180 - P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> 90 - K <sub>2</sub> O 150	640.17	±8.52	A
T6 N 240 - P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> 150 - K <sub>2</sub> O 180	638	±15.02	A
T2 N 180 - P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> 150 - K <sub>2</sub> O 180	634.5	±9.29	A
T4 N 210 - P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> 150 - K <sub>2</sub> O 180	628.33	±15.55	A
T5 N 240 - P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> 90 - K <sub>2</sub> O 150	627	±7.94	A
T3 N 210 - P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> 90 - K <sub>2</sub> O 150	625.5	±14.11	A

Tratamientos con una letra en común, no presentan diferencia significativa entre sí ( $p < 0.05$ ).

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS= 60.14852

Error: 449.8333 gl: 10

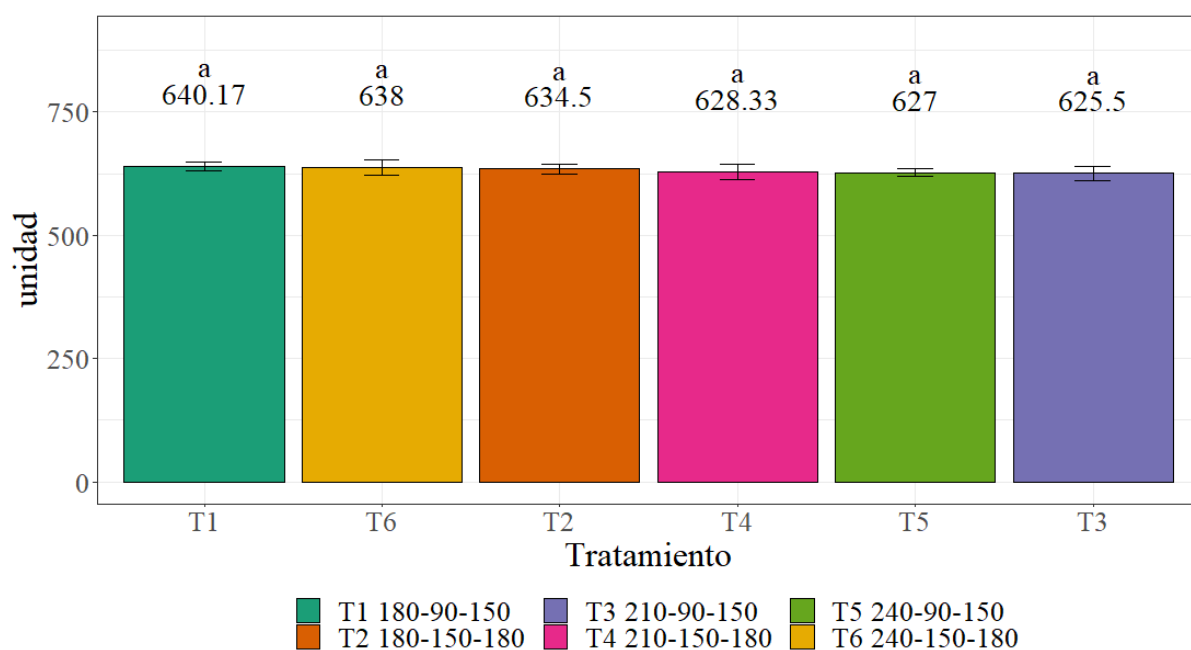


Figura 11. Número de turiones por metro lineal del cultivo de espárrago *Asparagus officinalis* L. según los niveles de fertilización N - P - K.

#### 4.2.2. Efecto de los niveles de fertilización N - P - K sobre el rendimiento de turiones por hectárea del cultivo de espárrago *Asparagus officinalis* L.

La Tabla 21, demuestra que, el análisis de covarianza sobre el rendimiento de turiones/ha del espárrago, de acuerdo a los niveles de fertilización que fueron estudiados en un DBCA y el covariable peso de turión, registró diferencia estadísticamente significativa entre los tratamientos. La Tabla 22 y Figura 12, se aprecia que el rendimiento de turiones/ha del espárrago, fue diferente estadísticamente en los niveles estudiados de fertilización N - P - K. Además, el rendimiento por/ha, de turiones, fue mayor en el tratamiento T6 N 240 - P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 150 - K<sub>2</sub>O 180 con 26005.73 kg. ha<sup>-1</sup>, seguido de los tratamientos T5 N 240 - P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 90 - K<sub>2</sub>O 150 y T1 N 180 - P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 90 - K<sub>2</sub>O 150 con 25690.80 y 25199.22 kg/ha<sup>-1</sup> correspondientemente, no hubo diferencias estadísticas; el rendimiento de turiones/ha fue menor en los tratamientos T4 N 210 - P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 150 - K<sub>2</sub>O 180, T2 N 180 - P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 150 - K<sub>2</sub>O 180 y T3 N 210 - P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 90 - K<sub>2</sub>O 150 con 22770.38, 22822.60 y 23165.96 kg/ha<sup>-1</sup> respectivamente, siendo estadísticamente similar al tratamiento T1 N 180 - P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 90 - K<sub>2</sub>O 150.

Tabla 21. *Análisis de covarianza para las causas de variación de un DBCA y una covariable (Peso de turión) sobre el rendimiento de turiones por hectárea del cultivo de espárrago Asparagus officinalis* L. según los niveles de fertilización N - P - K.

Causas de variación	S.C.	G.L.	C.M.	F	p-valor	Significancia
Tratamiento	34372289.05	5	6874457.81	3.772	0.040473	*
Bloque	224023553.7	2	112011776.8	61.466	0.001	n.s.
Peso de turión	58175577	1	58175577	31.924	0.000314	**
Error	16401059	9	1822340			
Total	332972478.3	17				
C.V. (%)	5.56					

Nota: Para el valor de p (probabilidad), la significancia estadística de la causa de variación es: (\*\*)  $p \leq 0,01$ : muy significativo; (\*)  $p \leq 0,05$  pero  $> 0,01$ : significativo; (n.s.)  $p > 0,05$ : no significativo...

S.C. = Suma de cuadrados; G.L. = Grados de libertad; C.M. = Cuadrado medio.

Tabla 22. *Rendimiento de turiones por hectárea del cultivo de espárrago Asparagus officinalis* L. según los niveles de fertilización N - P - K.

	Tratamiento	Medias	E.E.	Significancia
			±2162.3	
T6	N 240 - P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> 150 - K <sub>2</sub> O 180	26005.73	6	A

T5	N 240 - P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> 90 - K <sub>2</sub> O 150	25690.80	±2661.7 ±4350.0	AB
T1	N 180 - P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> 90 - K <sub>2</sub> O 150	25199.22	3 ±3749.9	ABC
T3	N 210 - P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> 90 - K <sub>2</sub> O 150	23165.96	1 ±1985.9	BC
T2	N 180 - P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> 150 - K <sub>2</sub> O 180	22822.60	7 ±1038.0	C
T4	N 210 - P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> 150 - K <sub>2</sub> O 180	22770.38	4	C

Tratamientos con una letra en común, no presentan diferencia significativa entre sí ( $p < 0.05$ ).

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS= 779.3886

Error: 1822340 gl: 9

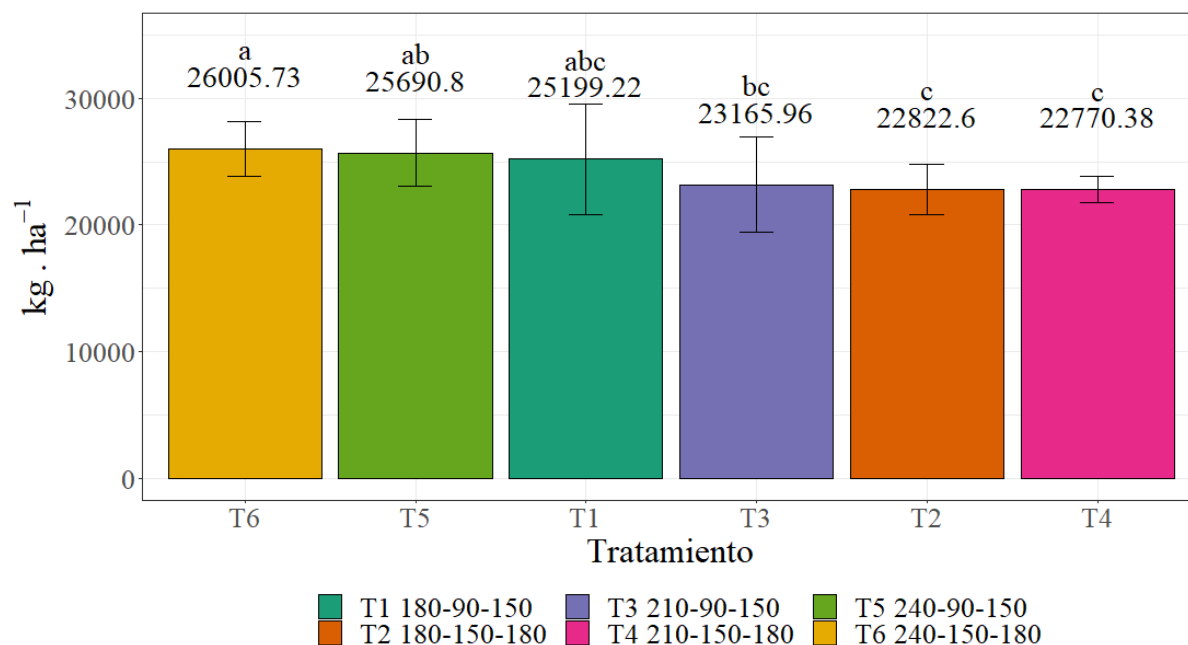


Figura 12. Rendimiento de turiones por hectárea del cultivo de espárrago *Asparagus officinalis* L. según los niveles de fertilización N - P - K.

En la figura 13, un tipo de regresión lineal de método polinomial de sexto orden, anuncia que, el máxima rendimiento de cosecha por hectárea de turiones por día del cultivo de *Persea americana* var. 'Hass' se halla a al cuarto día de la cosecha, con 1201.214 kg. ha<sup>-1</sup>. Este tipo de regresión logró una probabilidad menor a 0.001, resultando muy altamente significativo; asimismo, fue registrado un coeficiente de determinación ( $R^2$ ) de 0.2095.

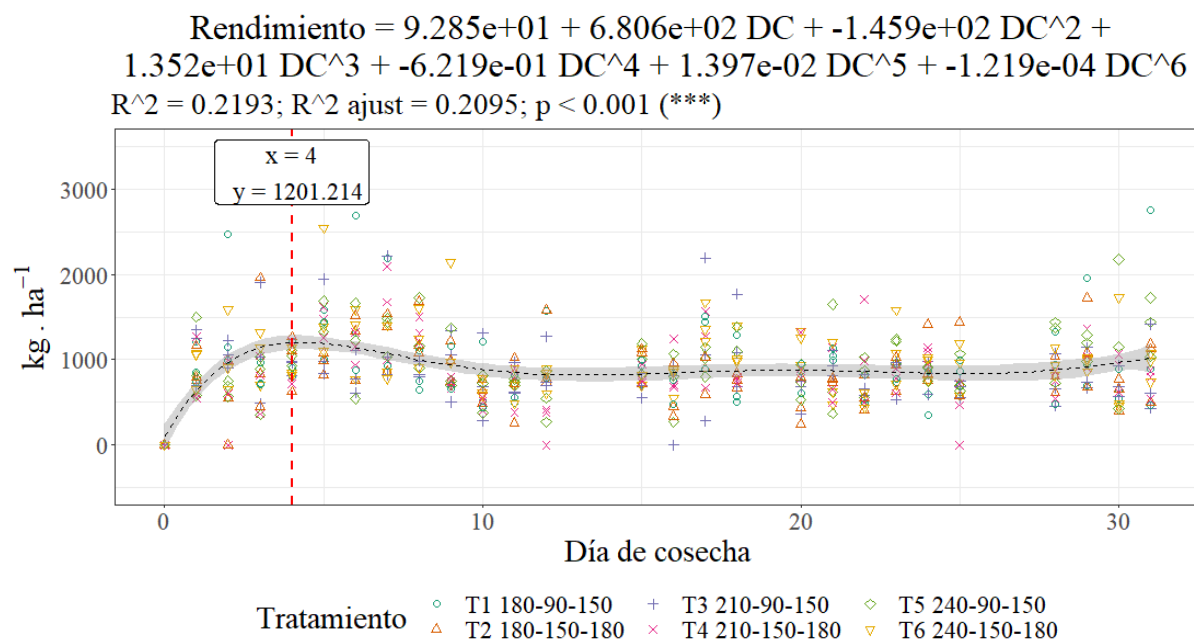
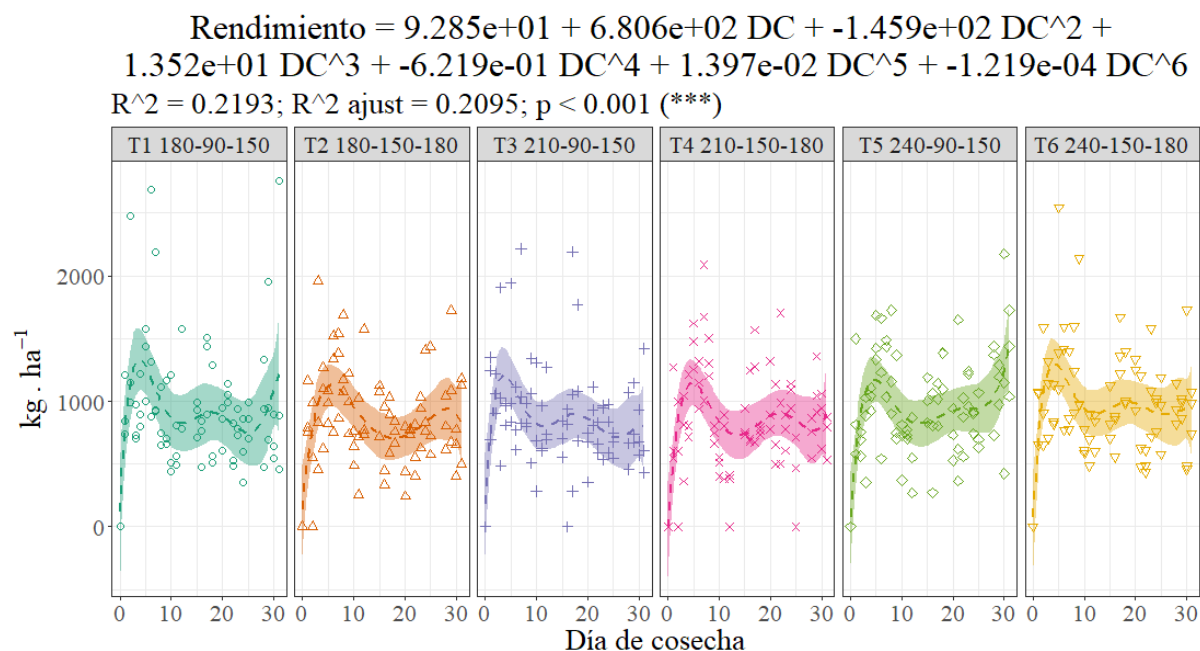


Figura 13. Regresión lineal polinomial de los días después de cosecha sobre el rendimiento de turiones diario por hectárea en el cultivo *espárrago Asparagus officinalis* L.



*Figura 14.* Regresión lineal polinomial de los días después de cosecha sobre el rendimiento de turiones diario por hectárea en el cultivo *espárrago Asparagus officinalis* L. según los niveles de fertilización N - P - K.

#### **4.3. Análisis correlacional de los indicadores del comportamiento agronómico en el espárrago *Asparagus officinalis* L.**

En la Figura 15, aplicando el análisis de correlación lineal de Pearson, se comprobó que, el rendimiento (R) del cultivo de espárrago, conserva una proporción muy altamente significativa con los siguientes indicadores:

- Día de cosecha (DC), con una correlación negativa ( $r = -0.12$ ) resultando altamente significativa ( $p < 0.01$ ).
- Número de turiones por metro lineal de tamaño menor a 9 cm (NTC1), con una correlación positiva ( $r = 0.46$ ) y altamente significativa ( $p < 0.001$ ).
- Número de turiones por metro lineal de tamaño mayor a 9 cm y menor a 17 cm (NTC2), con una correlación positiva ( $r = 0.44$ ) y altamente significativa ( $p < 0.001$ ).
- Número de turiones por metro lineal de tamaño mayor a 16 cm y menor a 26 cm (NTC3), con correlación positiva ( $r = 0.16$ ) y altamente significativa ( $p < 0.001$ ).
- Número de turiones por metro lineal (NTCM), con correlación positiva ( $r = 0.44$ ) altamente significativa ( $p < 0.001$ ).
- Calibre de turión (CT), con correlación positiva ( $r = 0.66$ ) y altamente significativa ( $p < 0.001$ ).
- Peso de turión (PT), con correlación positiva ( $r = 0.78$ ) y altamente significativa ( $p < 0.001$ ).

Finalmente, el indicador número de turiones/metro lineal de tamaño mayor a 26 cm, no presentó una correlación estadística significativa con el rendimiento (R) del cultivo de espárrago.

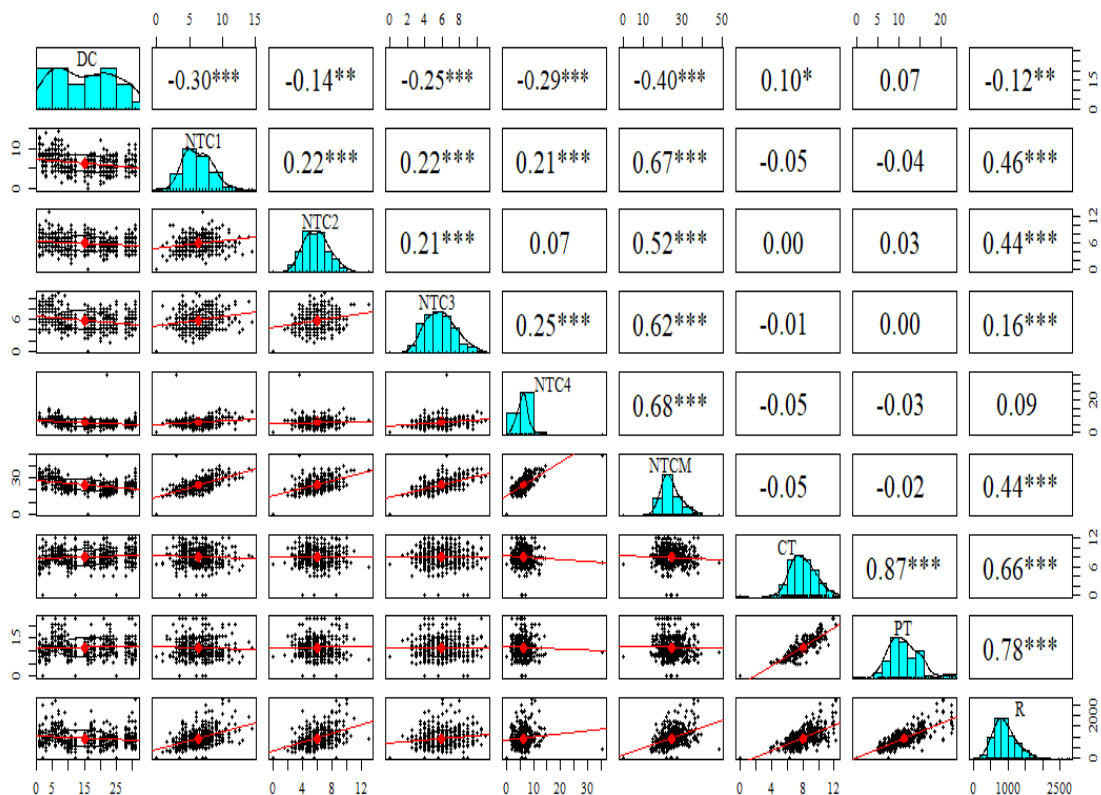


Figura 15. Correlaciona de Pearson de los indicadores del comportamiento agronómico en el espárrago *Asparagus officinalis* L. según los niveles de fertilización N - P - K.

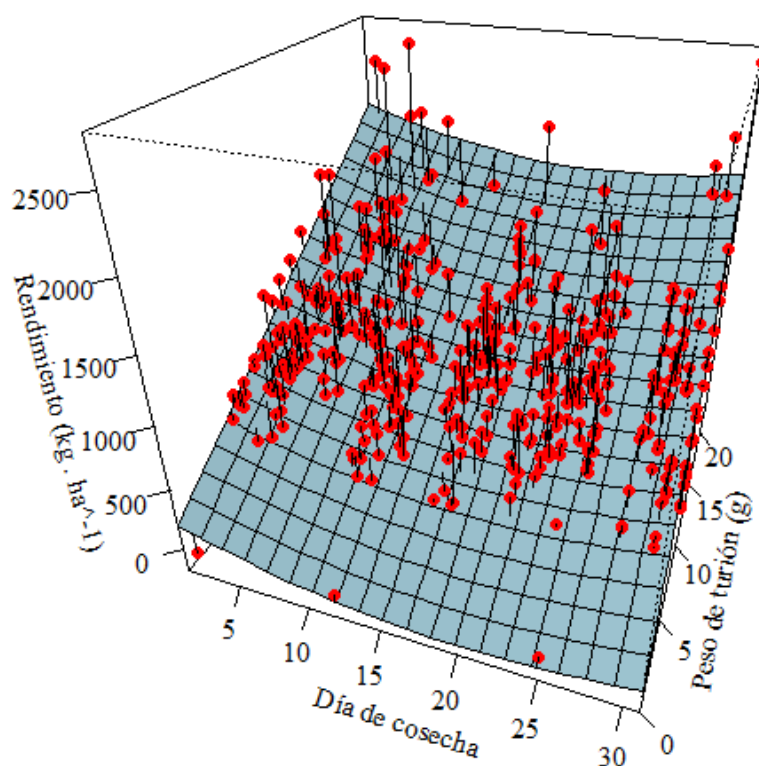
Nota: Según los valores de r (coeficiente de correlación de Pearson), los niveles de correlación estadística de Pearson son: (a) De menor de 0 a -1.00: Correlación negativa (b) 0: Correlación nula; (c) mayor de 0 a 1: Correlación positiva.

Según los valores de p (probabilidad), la significancia estadística de la correlación es: (n.s.)  $p > 0.05$ : No significativo; (\*)  $p = 0.05$  pero  $> 0.01$ : Significativo; (\*\*)  $p = 0.01 > 0.001$ : Altamente significativo; (\*\*\*)  $p = 0.001$ : Muy altamente significativo.

#### 4.4. Efecto los indicadores del comportamiento agronómico influyentes en el rendimiento de frutos frescos por hectárea del cultivo de espárrago *Asparagus officinalis* L.

En la Figura 16, muestra el modelo de regresión lineal múltiple del día de cosecha (DC) y el peso de turión (PT) sobre el rendimiento diario de turiones/ha del espárrago, es altamente significativo ( $p < 0.001$ ) y explica un 66.46 % de la varianza del rendimiento diario de turiones/ha. Además, la fórmula de predicción para el cálculo del rendimiento diario de turiones según los días de cosecha y el peso de turiones, se muestran en la Figura 16.

$$\text{Rendimiento} = 239.7904 + -35.7268 \text{ DC} + 0.8911 \text{ DC}^2 + 84.1118 \text{ PT}$$



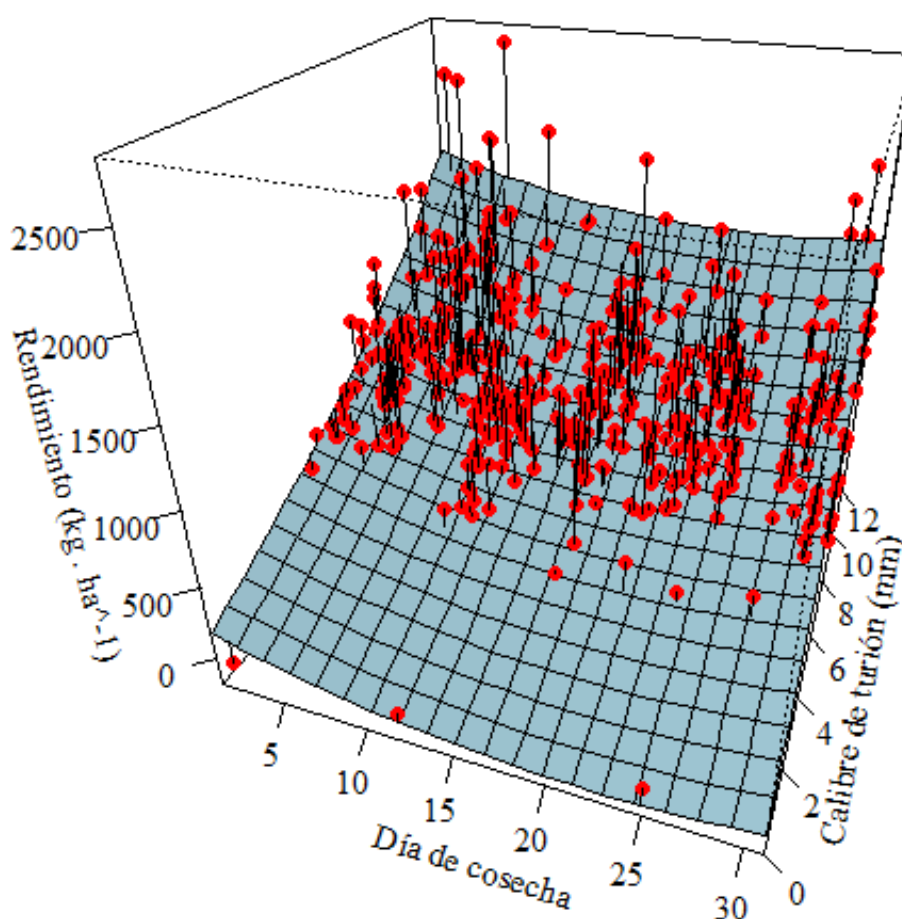
$$R^2 = 0.6646; R^2_{\text{ajust}} = 0.6624; p < 0.001 (***)$$

Figura 16. Diagrama de dispersión de la regresión lineal múltiple del día de cosecha (DC) y el peso de turión (PT) sobre el rendimiento diario de turiones por hectárea del cultivo de espárrago *Asparagus officinalis* L.



En la Figura 17, se muestra el modelo de regresión lineal múltiple del día de cosecha (DC) y el calibre de turión (CT) sobre el rendimiento diario de turiones por hectárea del cultivo de espárrago, siendo altamente significativo ( $p < 0.001$ ) y explica un 49.81 % de la varianza del rendimiento diario de turiones/ha. Además, la fórmula de predicción para el cálculo del rendimiento diario de turiones según los días de cosecha y el calibre de turiones, se muestran en la Figura 17.

$$\text{Rendimiento} = 211.6424 + -32.2263 \text{ DC} + 0.7595 \text{ DC}^2 + 100.6835 \text{ CT} + 0.2860 \text{ CT}^3$$

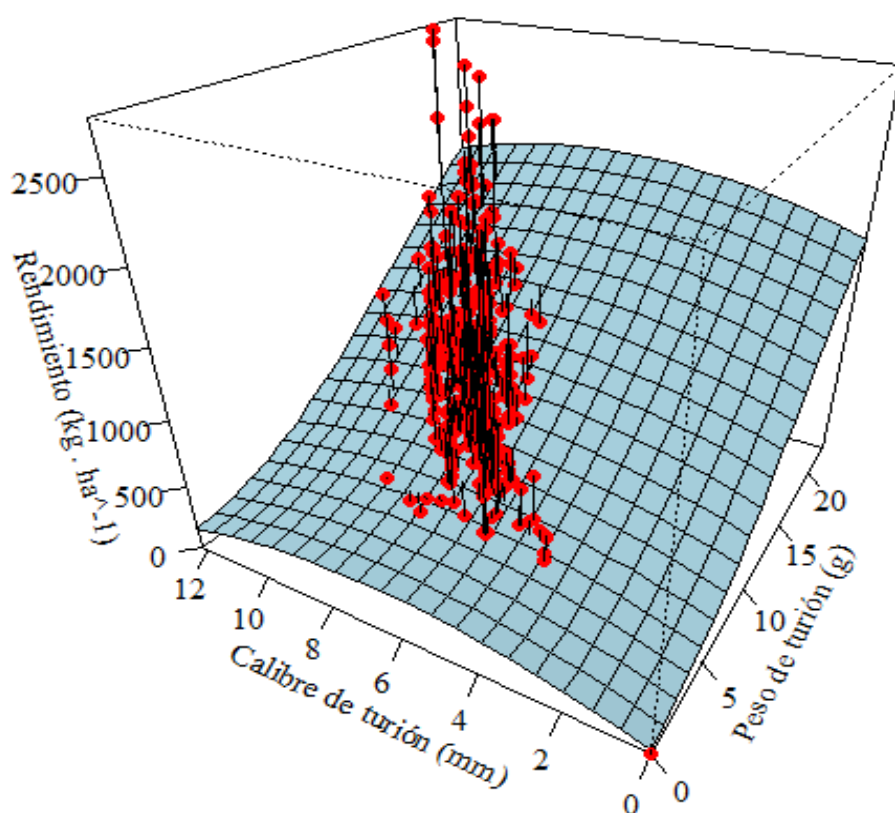


$$R^2 = 0.4982; R^2 \text{ ajust} = 0.4939; p < 0.001 (***)$$

Figura 17. Diagrama de dispersión de la regresión lineal múltiple del día de cosecha (DC) y el calibre de turión (PT) sobre el rendimiento diario de turiones por hectárea del cultivo de espárrago *Asparagus officinalis* L.

Conforme a la Figura 18, el modelo empleado de regresión lineal múltiple del peso de turión (PT) y el calibre de turión (CT) sobre el rendimiento diario de turiones/hectárea del espárrago, es altamente significativo ( $p < 0.001$ ) y explica un 61.1 % de la varianza del rendimiento diario de turiones/ha. Además, la fórmula de predicción para el cálculo del rendimiento diario de turiones según los días de cosecha y el calibre de turiones, se muestran en la Figura 18.

$$\text{Rendimiento} = 33.24564 + 6.00816 \text{ PT}^2 + -0.12240 \text{ PT}^3 + 87.48821 \text{ CT} + -6.23356 \text{ CT}^2$$



$$R^2 = 0.611; R^2_{\text{ajust}} = 0.6076; p < 0.001 (***)$$

Figura 18. Diagrama de dispersión de la regresión lineal múltiple del peso de turión (PT) y el calibre de turión (CT) sobre el rendimiento diario de turiones por hectárea del cultivo de espárrago *Asparagus officinalis* L.

## V. Conclusiones

1. El rendimiento de turiones del espárrago (*A. officinalis* L.) en condiciones del distrito de Lambayeque, 2018, fue mayor en el tratamiento T6 N 240 - P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 150 - K<sub>2</sub>O 180 de 26005.73 kg / ha, estadísticamente igual a los tratamientos T5 N 240 - P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 90 - K<sub>2</sub>O 150 de 25690.80 kg / ha y T1 N 180 - P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 90 - K<sub>2</sub>O 150 de 25199.22 kg / ha; seguido de los tratamientos en T3 de N 210 - P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 90 - K<sub>2</sub>O 150 de 23165.96 kg / ha, T2 N 180 - P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 150 - K<sub>2</sub>O 180 de 22822.60 kg / ha y T4 N 210 - P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 150 - K<sub>2</sub>O 180 de 22770.38 kg / ha.
2. El comportamiento agronómico del espárrago en situaciones de la localidad de Lambayeque, 2019, no hubo diferencia estadística significativa en los indicadores calibre de turión, peso de turión y número de turiones/metro lineal en los diferentes tamaños evaluados, de acuerdo con los niveles de fertilización N - P - K estudiados. Se encontro diferencia estadística para el indicador rendimiento de turiones/ha, luego de un análisis de covarianza con el covariable peso de turiones.
3. En cuanto a los indicadores del comportamiento agronómico que influenciaron más en la producción diaria de turiones por/ha del cultivo de espárrago fueron: Día de cosecha (DC) que tuvo una relación opuesta ( $r = -0.12$ ), resultando altamente significativa ( $p < 0.01$ ), en el número de turiones cosechados/metro lineal (NTCM) no hubo una relación directa ( $r = 0.44$ ) altamente significativa ( $p < 0.001$ ), Calibre de turión (CT) que presentó relación directa ( $r = 0.66$ ) altamente significativa ( $p < 0.001$ ) y Peso de turión (PT) exhibiendo una relación directa ( $r = 0.78$ ) altamente significativa ( $p < 0.001$ ).

## VI. Recomendaciones

Para lograr un mayor rendimiento/ha. en espárrago (*A. officinalis* L.), es recomendable hacer una evaluación por los gastos generados en mano de obra para la aplicación e insumos por fertilizantes, porque, en los niveles de fertilización N - P - K estudiados no hubo diferencia estadísticamente significativa.

Para lograr un mayor rendimiento/ha de frutos frescos en espárrago, es imprescindible aumentar el número turiones por metro lineal, peso de turión y calibre de turión. Por ende, un programa de fertilización debe ir enfocado al aumento de las variables antes mencionadas, pues, son las responsables directas de incrementar el rendimiento.

Se exhorta, hacer nuevas investigaciones relacionadas con los niveles de fertilización N - P - K con varias dosis, empleando modelos estadísticos como las parcelas subdivididas y utilizar superficies de respuesta para hallar los niveles más óptimos de fertilización en base al rendimiento. Se debe utilizar este diseño experimental porque va a, permite hacer un estudio del efecto de tres variables, que favorablemente pueden ser, niveles de nitrógeno, fósforo y potasio.

## VII. Lista de referencias

1. BETANCOURT, A., BETANCOURT, V., SALAZAR, R. & CUELLAR, O. 2004. Diseño de la cadena sostenible del esparrago verde fresco, como alternativa de diversificación de la zona cafetera de las subregiones centro sur y bajo occidente del departamento de caldas. (Tesis Doctoral). Universidad Nacional de Colombia.
2. BRACK A. 2004. Tratado de libre comercio y biodiversidad del Perú.
3. CALIFORNIA PLANT HEALTH ASSOCIATION (CPHA). 2004. Manual de fertilizantes para cultivos de alto rendimiento. México. Limusa. S.A.
4. DÍAZ, R. 2002. Evaluación de diez niveles de fertilización en el cultivo de zanahoria (*Daucus carota*) en la zona de la Esperanza Intibucá. Proyecto FHIA la Esperanza, Honduras.
5. DOMÍNGUEZ A. 1989. "Tratado de Fertilización". Segunda Edición. Ediciones Mundi – Prensa. Madrid. 861-375 pp.
6. FLORES & VILLAGARCÍA S. 1974. "Manual de uso de fertilizantes", Departamento de Suelos. Universidad Nacional Agraria la Molina. Lima – Perú. 89pp.
7. FERRANDIZ. 2010. "Cultivo de la zanahoria mediante la utilización de distintos tipos de microorganismos". México: Agrícola Villanueva, 4.
8. FAO y asociación internacional de la industria de los fertilizantes. 2002. Los fertilizantes y su uso. Roma:FAO.
9. GARCIA MARGARITA. 1998. "El cultivo de la zanahoria". Montevideo: departamento de producción vegetal. 41.
10. HAAG.H.P. Y C.C. BELFORT. 1988. Deficiencias de Macronutrientes e de Boro en Aspargo. En: Nutrición Mineral de Hortalizas. Fundación Cargill. São Paulo. pp 350-358.
11. HURTADO LEO LORENZO. 2013. II Simposium Nacional Manejo Nutricional De Cultivos De Exportación. UNALM
12. IMAR COSTA NORTE. 2010. "Estudio de mercado de zanahoria. "Articulación competitiva al mercado de pequeños productores de zanahoria del centro poblado menor Callanca – Monsefú". Callanca - Monsefú: s.n., pág. 46.
13. IMPOFOS. 1997. "Manual Internacional de Fertilidad de Suelos".
14. LARDIZABAL R. 2007. "Manual de producción de zanahoria". [ed.] MCA. Honduras: s.n, pág. 20. 20.
15. MARTINEZ A. G. 1988. "Diseños experimentales. Métodos y elementos de teoría". Edit. Trillas. México D. F.- México.
16. MARTÍNEZ O, R. 1995. Coeficientes de variabilidad Agronomía Tropical. 20(2): 81-95

17. MATIAS J. 2001. "Sulfato de amonio", fuentes de nutrientes específicas, pág. 4.
18. RAMIREZ, F. 1995. "Manejo nutricional y fertilización balanceada en el cultivo de espárrago". Expuesto en el seminario taller sobre Producción y Procesamiento de Espárragos. 22-24. Trujillo pp 2.
19. RICHMOND F, MÉNDEZ C. 2010. "Rendimiento de 12 híbridos comerciales de Zanahoria (*Daucus carota* L.) En el campo y en la planta de empaque". Agronomía Mesoamericana, Cartago, Costa Rica.
20. ROMÁN, S. 1996. Nutrición del Cultivo de Espárrago en la Costa del Perú. En: Seminario Internacional del Espárrago. Instituto Peruano del Espárrago. Cap IX. Ica, Perú.
21. SOSA ANACLETO. 2013. "Absorción de nitrógeno, fósforo y potasio en zanahoria (*Daucus carota* L.) cultivada en el bajo de México". México: IAH 11, Disponible en [http://www.ipni.net/publication/ia-lahp.nsf/0/929B4ED2E397A70D05257C12005ECC52/\\$FILE/Art%205.pdf](http://www.ipni.net/publication/ia-lahp.nsf/0/929B4ED2E397A70D05257C12005ECC52/$FILE/Art%205.pdf)
22. TISDALE & NELSON. 1996. "Fertilidad de los Suelos y Fertilizantes". Editorial Hispanoamericana S.A. México. 760pp.
23. Villareal, D. 2012. "Fertilizantes químicos". Obtenido el 04 de julio del 2018. A las 13: 48.pm disponible en: <http://ilovemyplanet123.blogspot.pe/2012/11/que-es-un-fertilizante-las-plantas-para.html>
24. WALLACE, A. 1993. The law of the maximum. Better Crops 77 (2): 20-22.

## VIII. Anexos

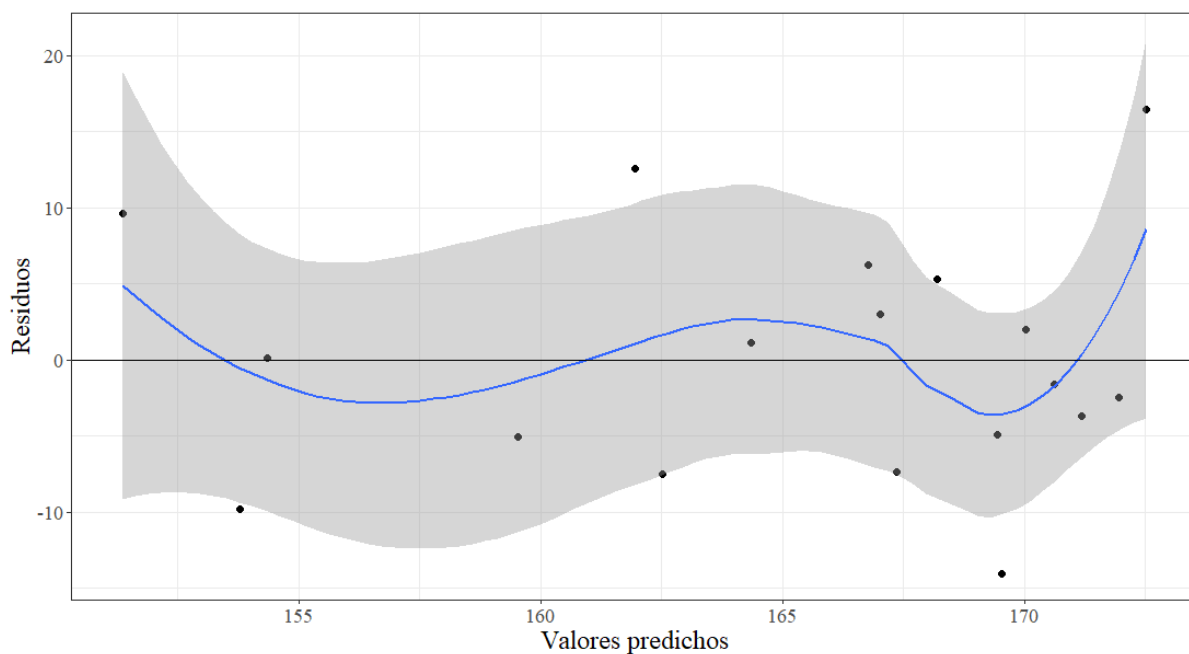
Anexo 1. *Prueba de independencia de residuos de Durbin-Watson de los indicadores paramétricos evaluados.*

Indicador r	Autocorrelación n	D-W	p valor
NTC1	-0.3274631	2.40081	0.708
NTC2	-0.7322144	3.41078 6	0.006
NTC3	0.03396554	1.66439 8	0.276
NTC4	0.1326628	1.60598 9	0.262
NTCM	-0.2640546	2.37885 6	0.732
CT	0.1176944	1.67708 9	0.308
PT	0.1807215	1.57204 3	0.232
R	-0.2647318	2.49381 4	0.594

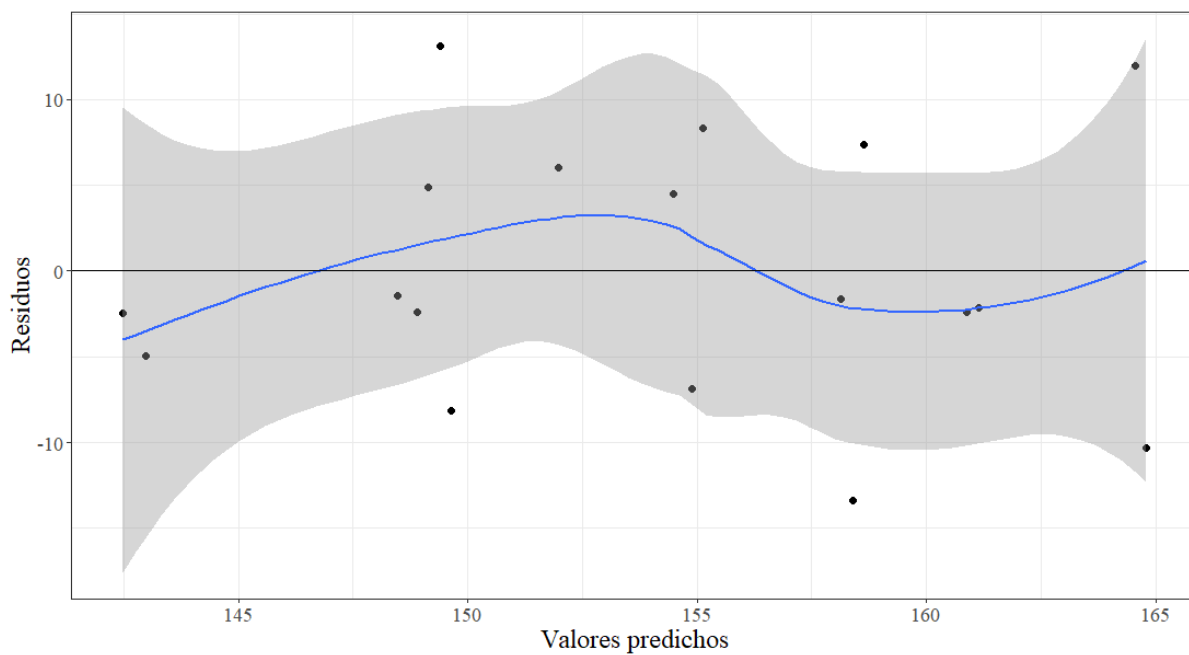
Nota: Cuando  $p$  es  $> 0.05$  aceptamos la hipótesis nula (existe continuidad de varianzas); si  $p$  es  $\geq 0.05$  aceptamos la hipótesis alternativa (no existe continuidad de varianzas).

Anexo 2. *Gráficos de valores predichos vs residuos para observar la independencia de residuos de los indicadores paramétricos evaluados.*

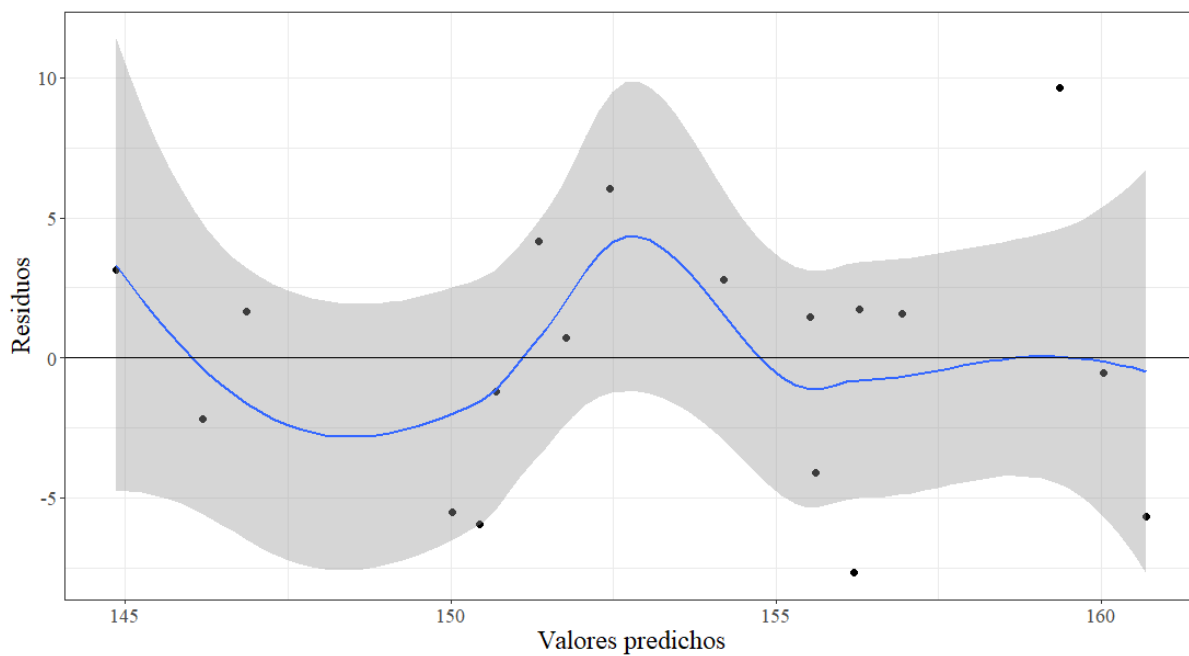
a) Número de turiones por metro lineal de tamaño menor a 9 cm.



b) Número de turiones por metro lineal de tamaño mayor a 9 cm y menor a 17 cm.

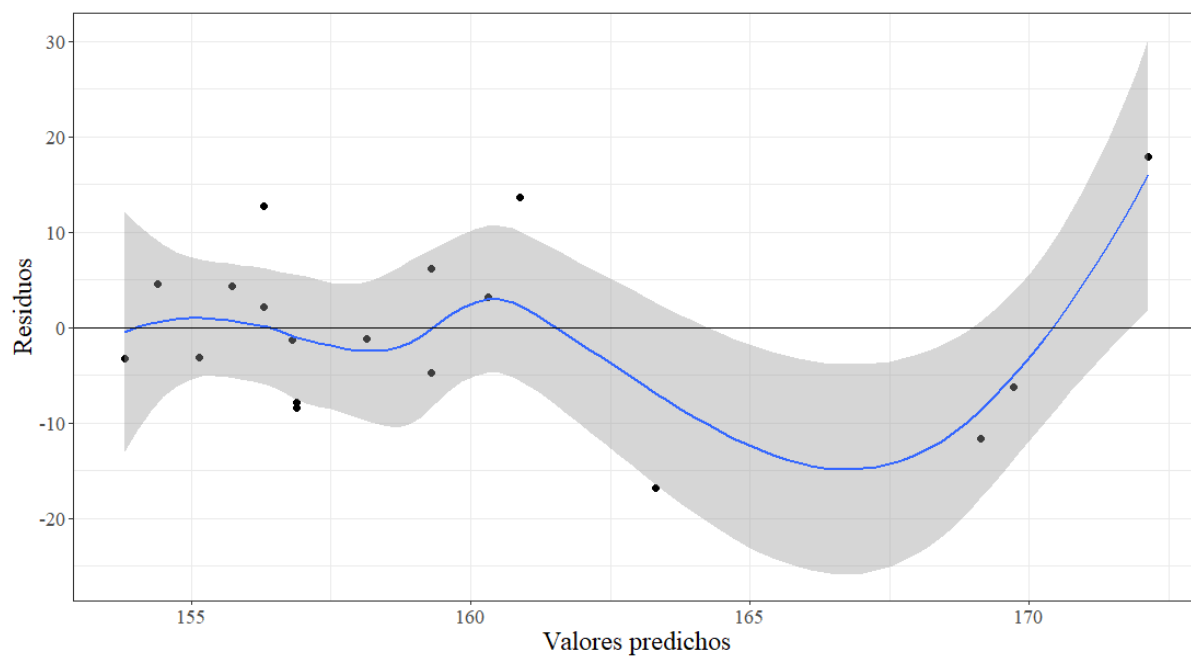


c) Número de turiones por metro lineal de tamaño mayor a 17 cm y menor a 26 cm.

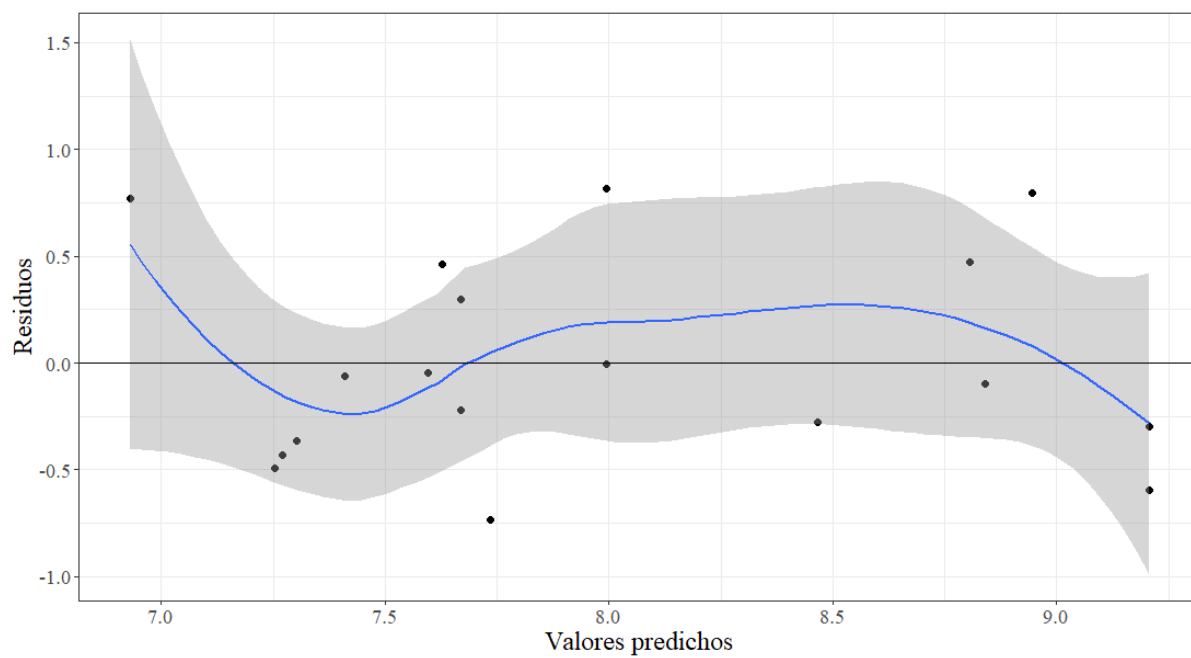




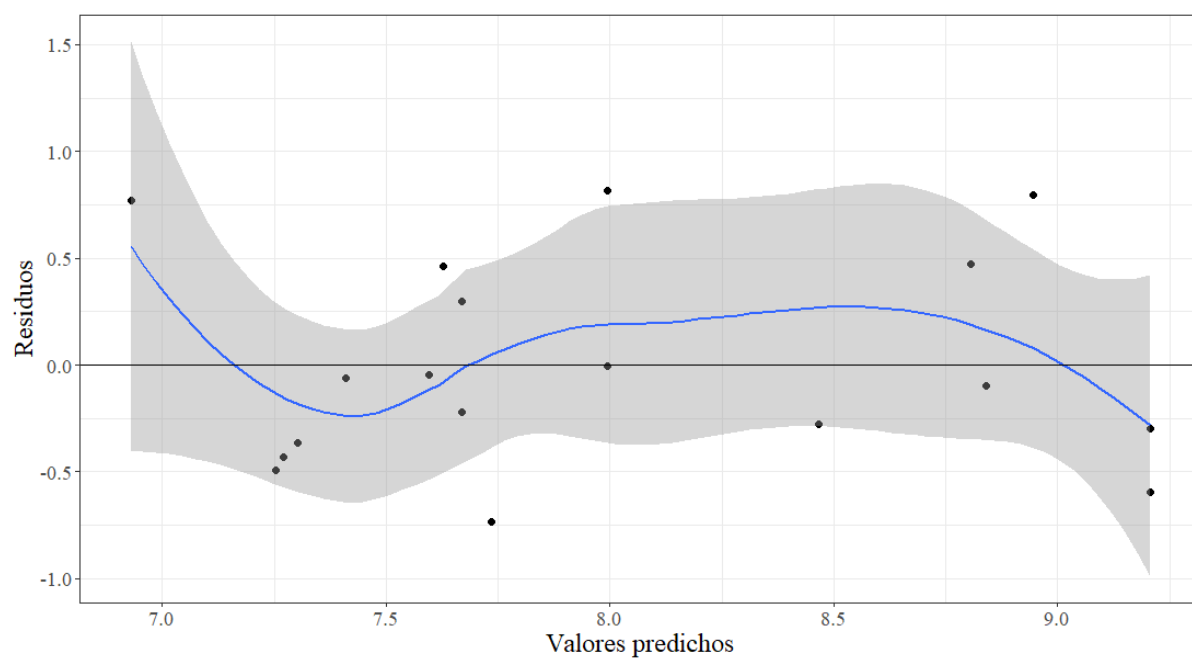
d) Número de turiones por metro lineal de tamaño mayor a 26 cm.



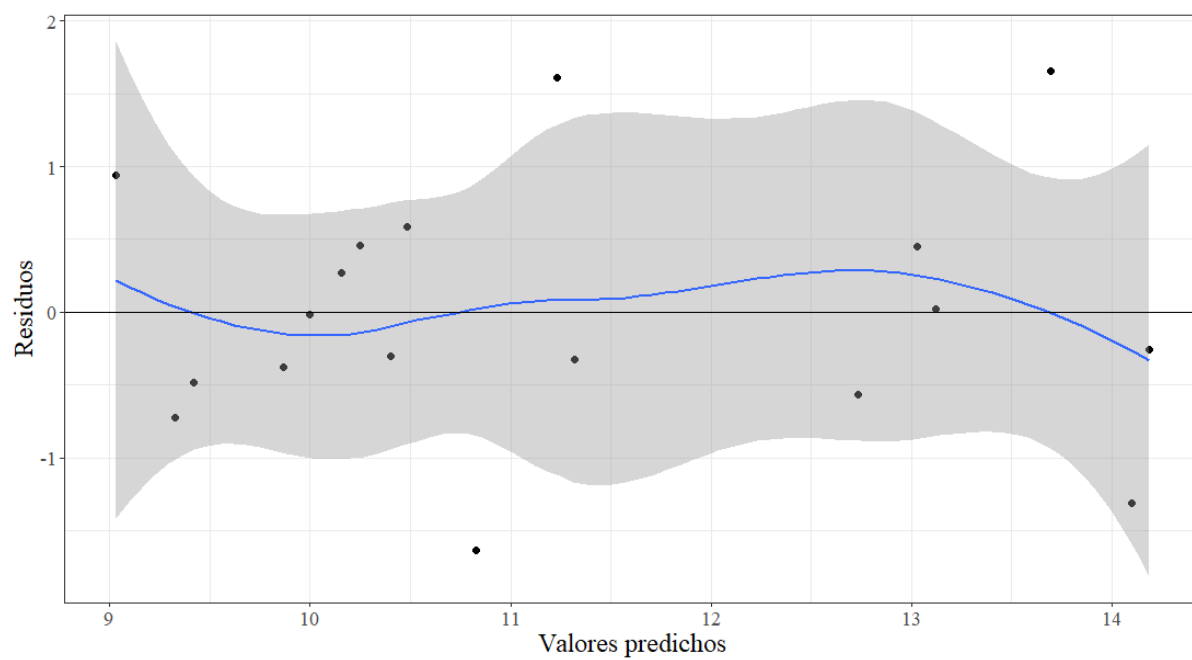
e) Número de turiones por metro lineal.



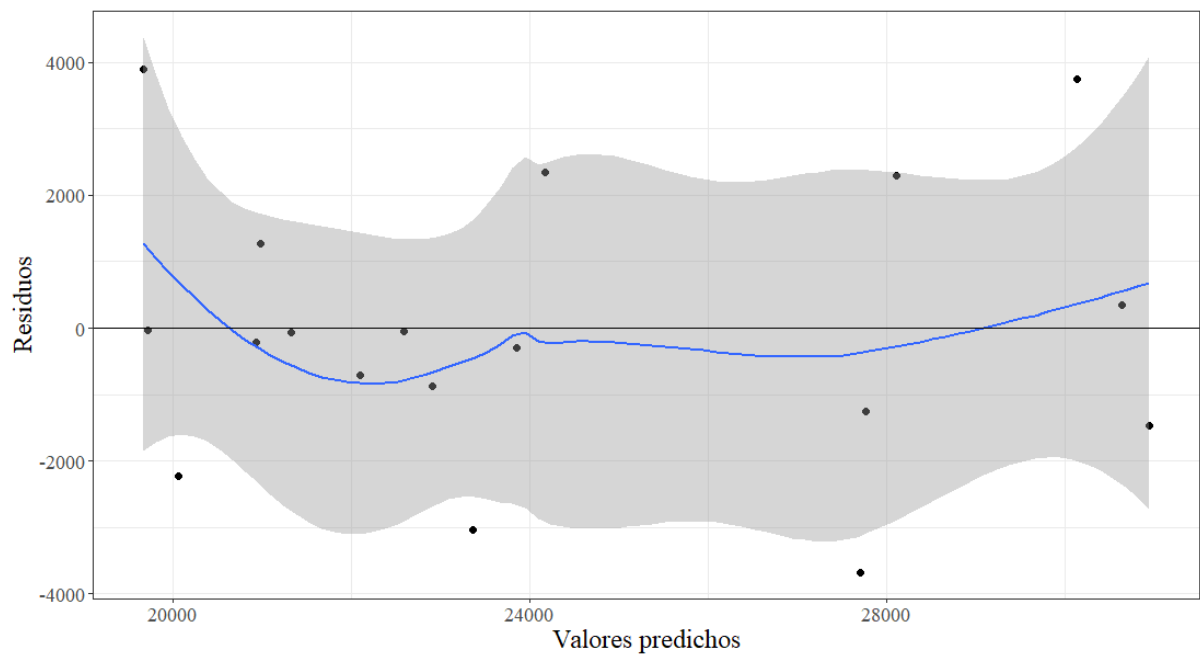
f) Calibre de turiones



g) Peso de turiones



h) Rendimiento de turiones por hectárea.



Anexo 3. Prueba de normalidad de varianzas de Shapiro-Wilks (modificado) de los indicadores paramétricos evaluados.

Indicador	W	p valor
r		
NTC1	0.9840 6	0.9821
NTC2	0.9616 8	0.6344
NTC3	0.9669 9	0.7396
NTC4	0.9819 3	0.9677
NTCM	0.9616 8	0.6343
CT	0.9271	0.1726
PT	0.9607 1	0.6154
R	0.959	0.5825

Nota: Cuando  $p$  es  $> 0.05$  aceptamos la hipótesis nula (existe continuidad de varianzas); si  $p$  es  $\geq 0.05$  aceptamos la hipótesis alternativa (no existe continuidad de varianzas).

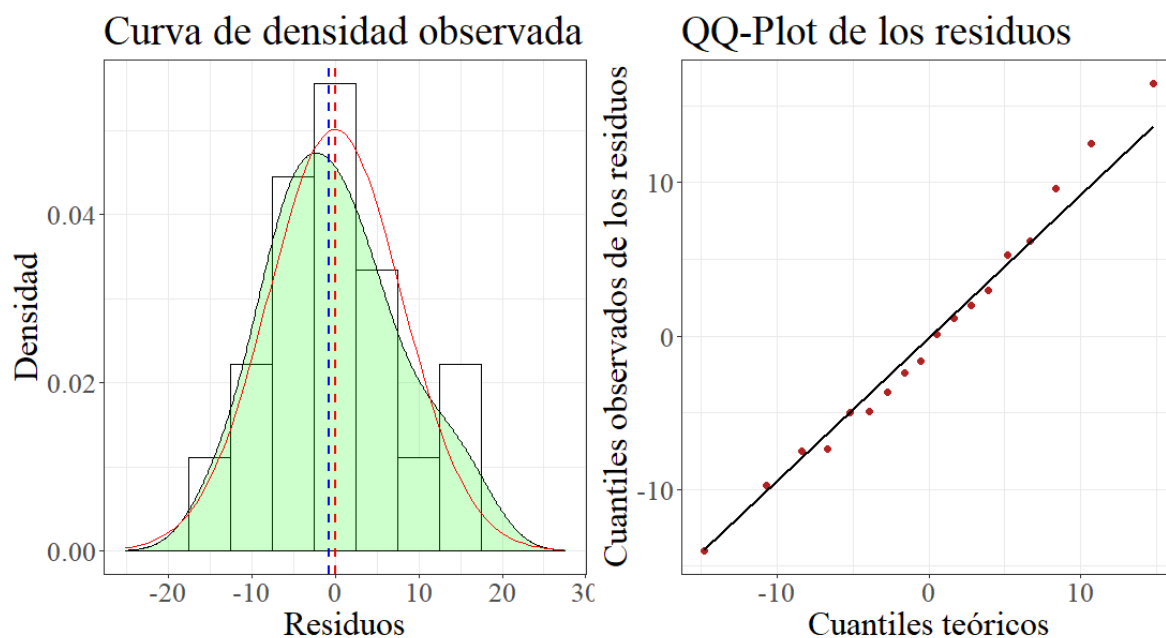
Anexo 4. Prueba de normalidad de varianzas de Lilliefors (Kolmogorov - Smirnov) de los indicadores paramétricos evaluados.

Indicador r	D	p valor
NTC1	0.08016	
	8	0.9913
NTC2	0.18838	0.0909
	4	
NTC3	0.12614	0.6304
NTC4	0.10559	0.8594
NTCM	0.09094	0.9587
CT	0.17028	0.1818
PT	0.13857	0.4786
R	0.17176	0.1724

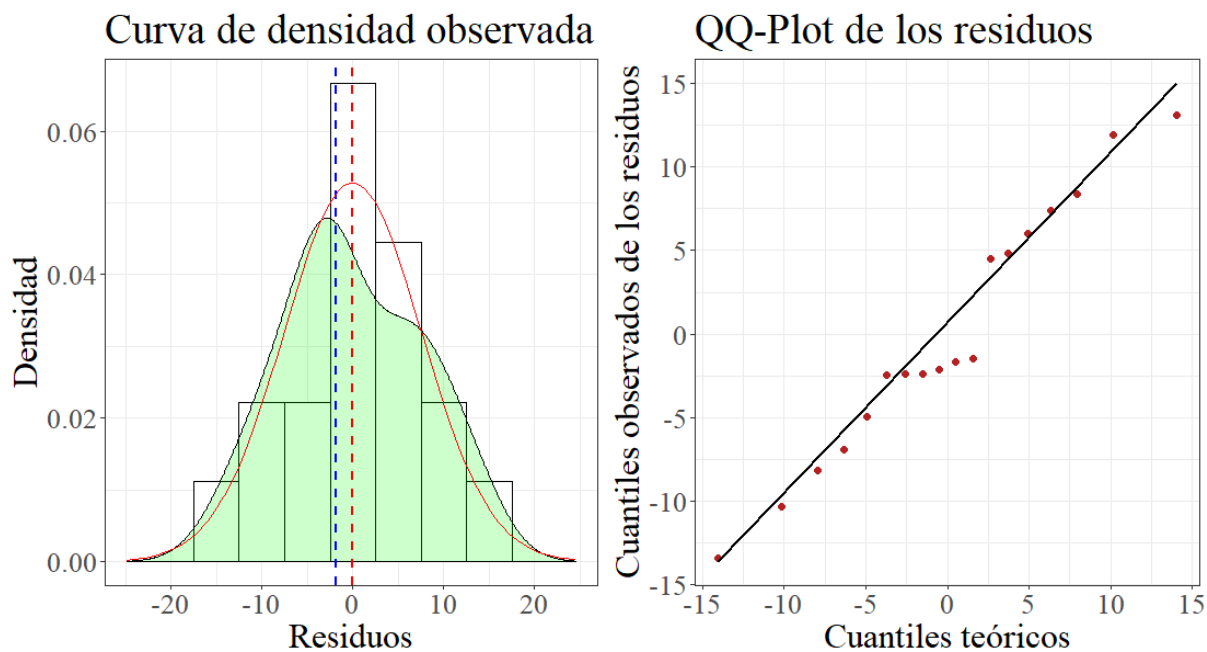
Nota: Si p es mayor a 0.05 se acepta la hipótesis nula (existe normalidad de varianzas); si p es menor igual a 0.05 se acepta la hipótesis alternativa (no existe normalidad de varianzas).

Anexo 5. Gráficos cuantil – cuantil e histograma de normalidad de varianzas de los indicadores paramétricos evaluados.

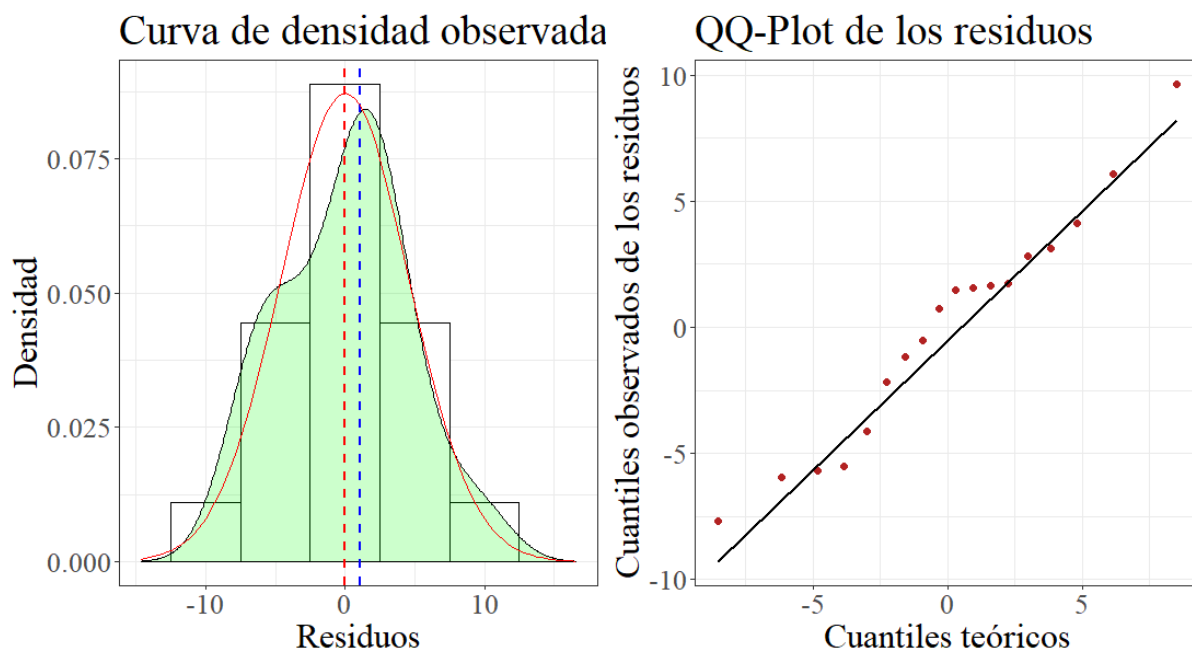
- a) Número de turiones por metro lineal de tamaño menor a 9 cm.



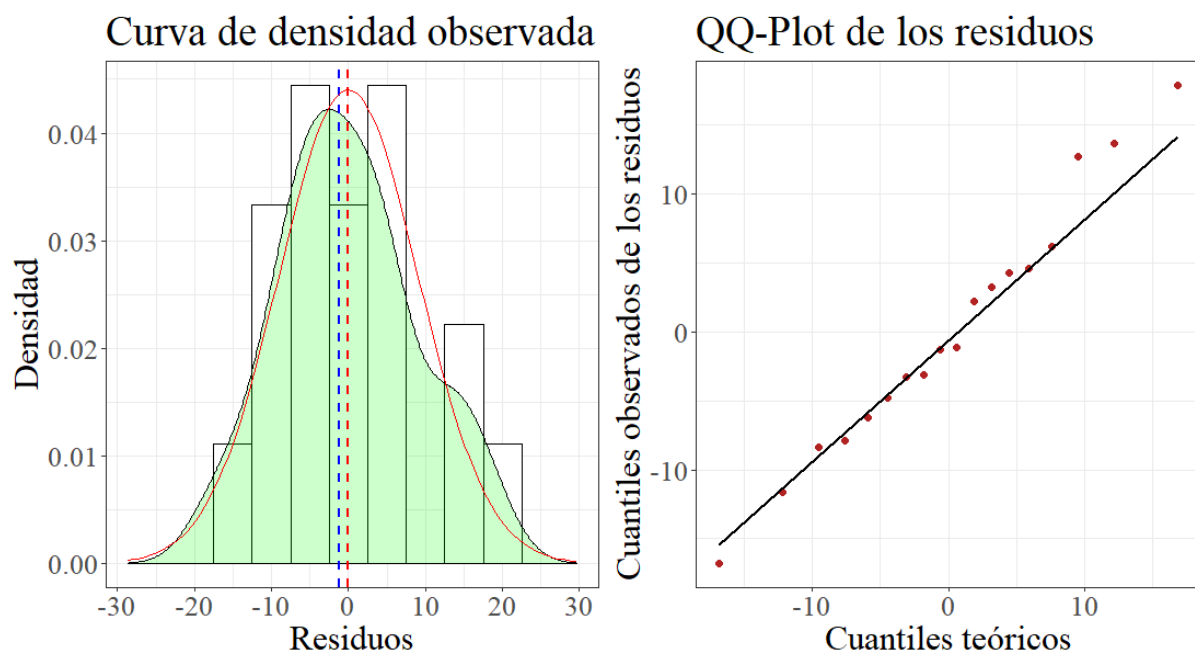
b) Número de turiones por metro lineal de tamaño mayor a 9 cm y menor a 17 cm.



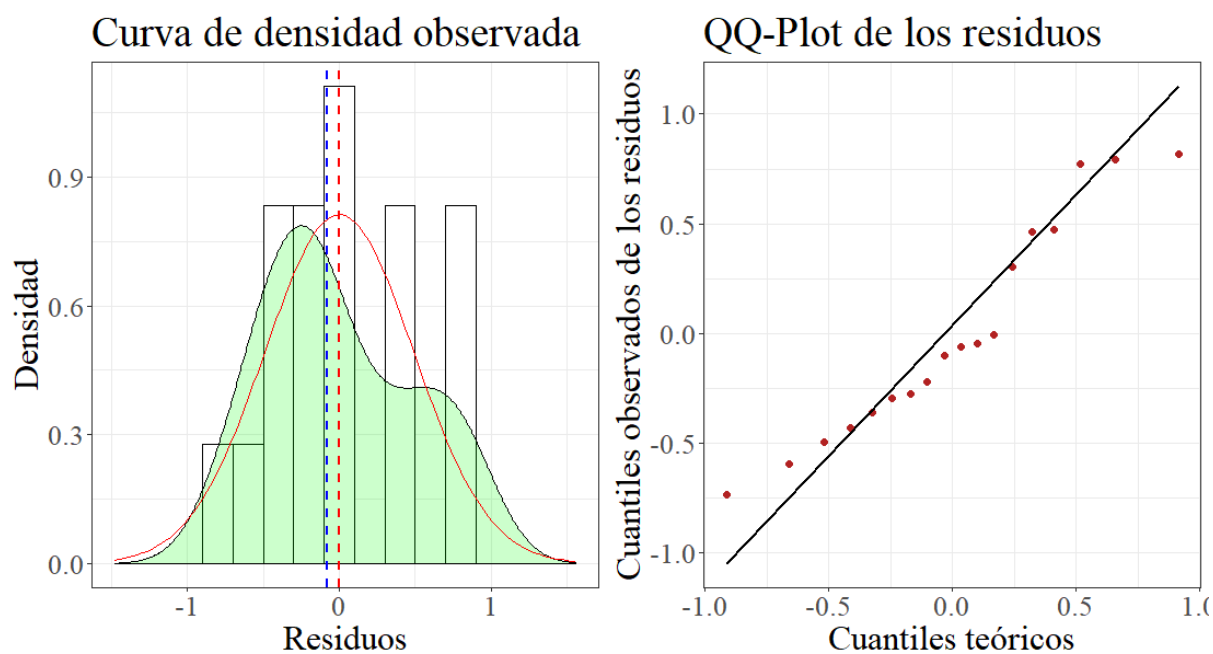
c) Número de turiones por metro lineal de tamaño mayor a 17 cm y menor a 26 cm.



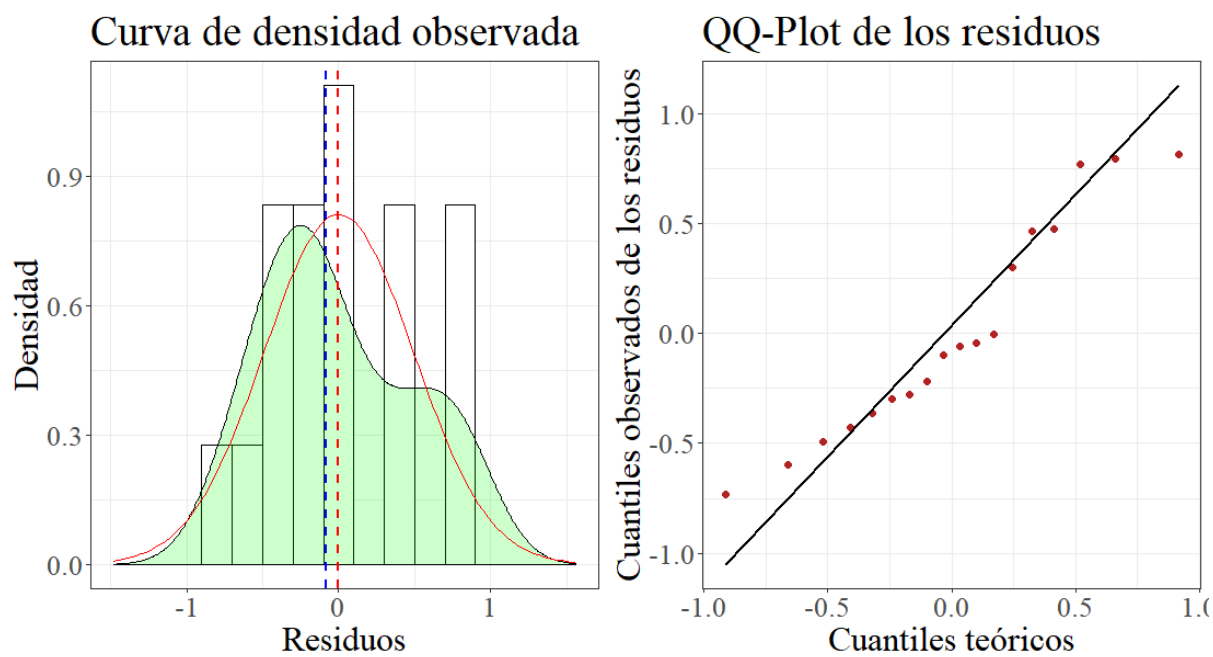
d) Número de turiones por metro lineal de tamaño mayor a 26 cm.



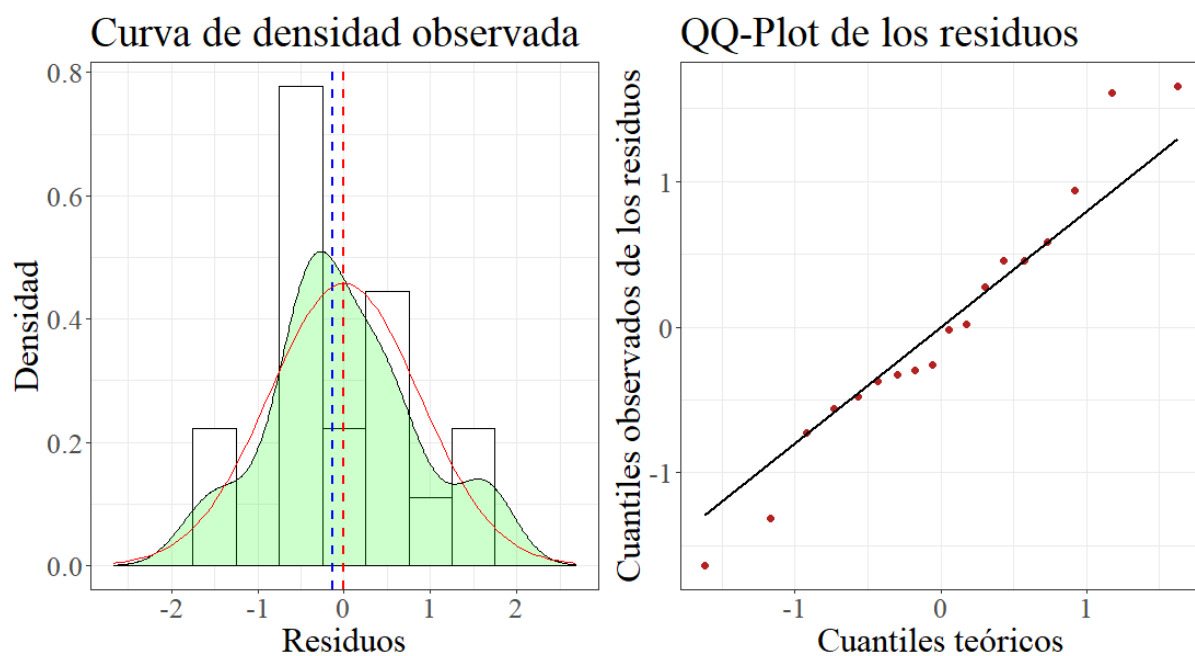
e) Número de turiones por metro lineal.



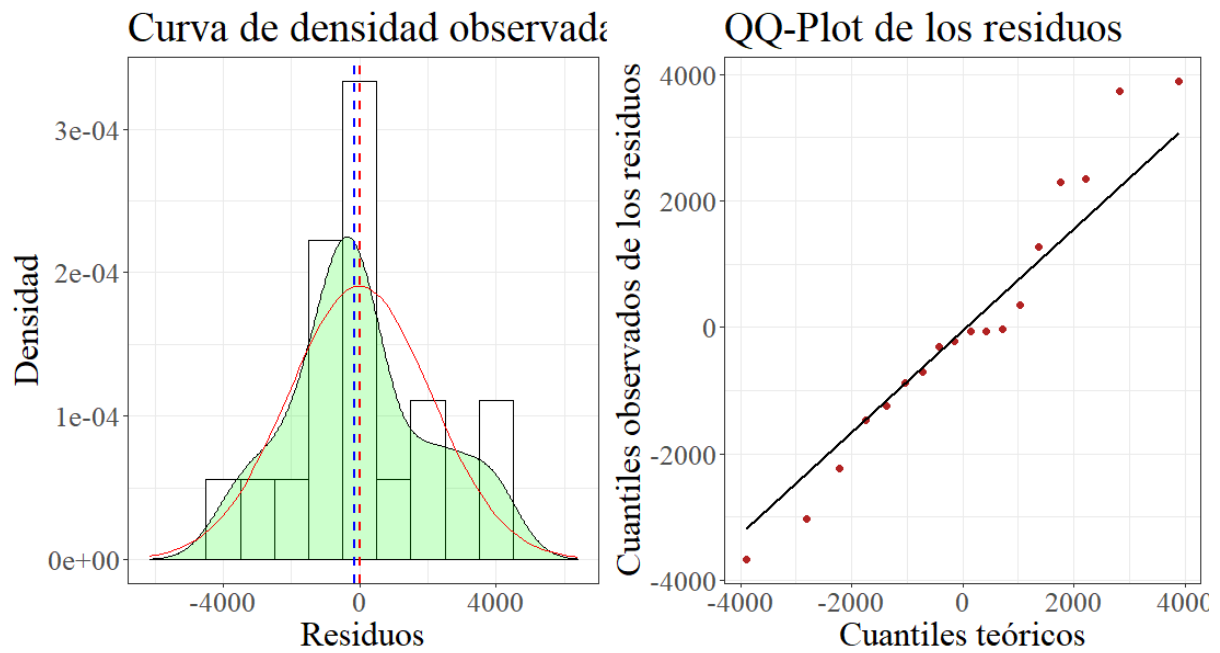
f) Calibre de turiones



g) Peso de turiones



h) Rendimiento de turiones por hectárea.



Anexo 6. Resumen de la Prueba de continuidad de varianzas de Bartlett de los indicadores paramétricos evaluados.

Indicador	Bartlett's K-square	G L	p valor
NTC1	6.0272	5	0.3036
NTC2	11.027	5	0.0508
NTC3	4.9413	5	0.4231
NTC4	5.0384	5	0.4112
NTCM	1.5066	5	0.9123
CT	2.3721	5	0.7956
PT	2.0551	5	0.8415
R	3.6209	5	0.6052

Nota: Cuando  $p$  es  $> 0.05$  aceptamos la hipótesis nula (existe continuidad de varianzas); si  $p$  es  $\geq 0.05$  aceptamos la hipótesis alternativa (no existe continuidad de varianzas).



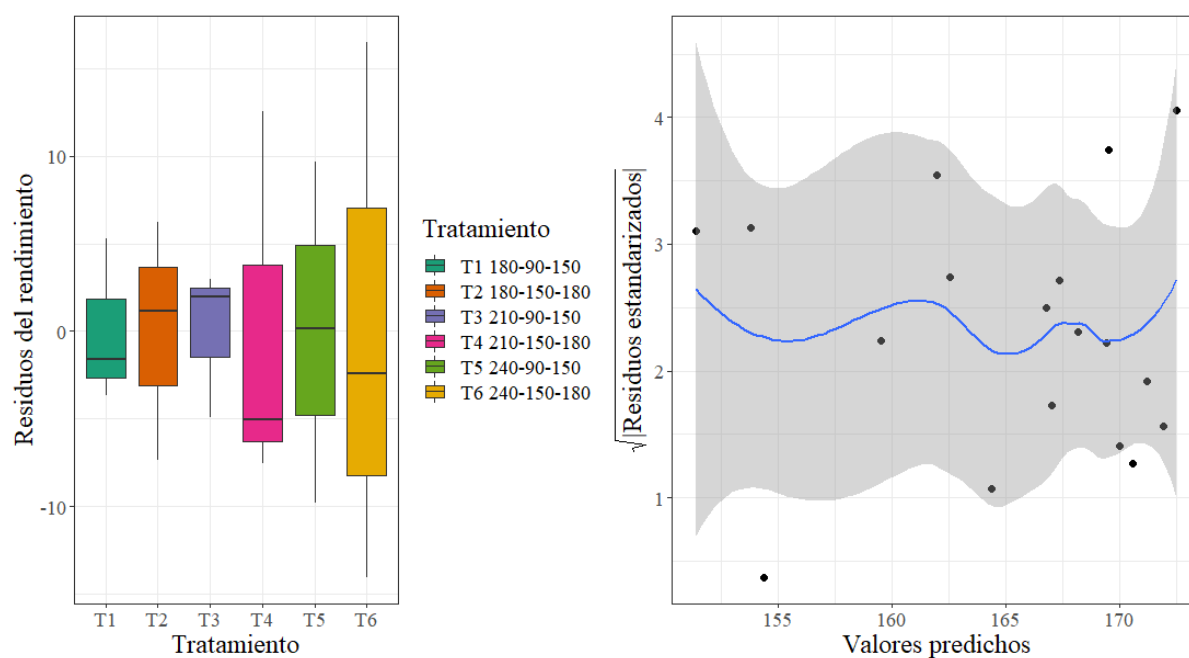
*Anexo 7. Resumen de la Prueba de continuidad de varianzas de Levene de los indicadores paramétricos evaluados.*

Indicador r	G L	F valor	p valor
NTC1	5	0.7183	0.622
NTC2	5	0.3936	0.8439
NTC3	5	0.5496	0.7361
NTC4	5	0.5546	0.7327
NTCM	5	0.2259	0.9441
CT	5	0.2598	0.9265
PT	5	0.1873	0.9618
R	5	0.2982	0.9046

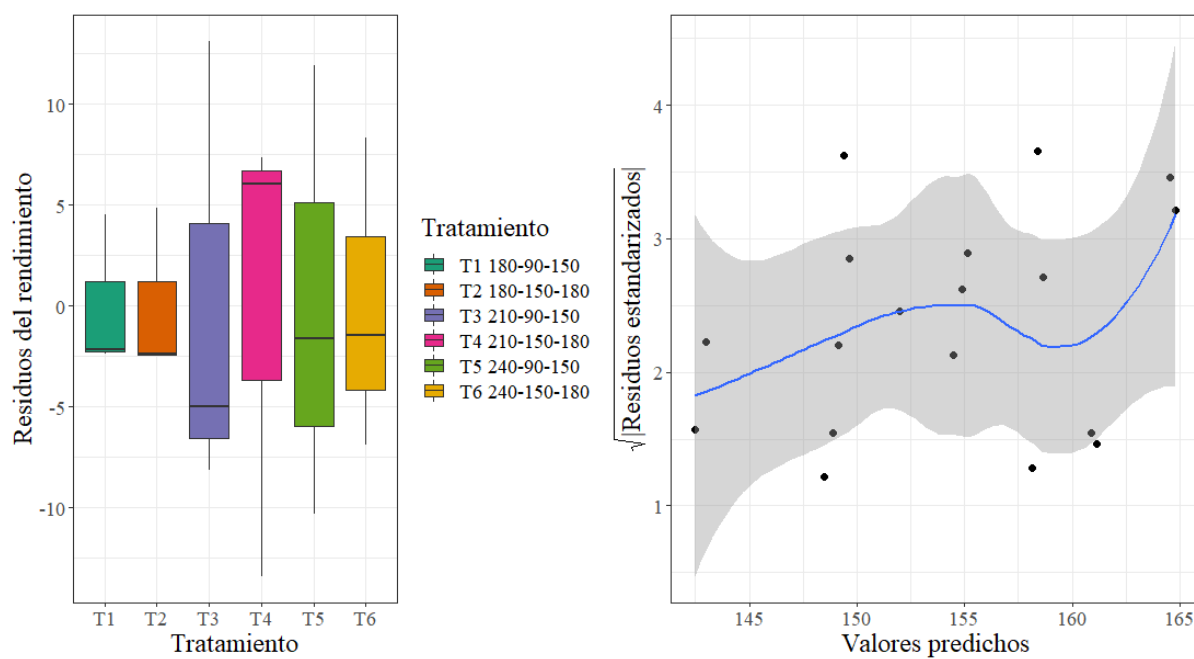
Nota: Cuando  $p$  es  $> 0.05$  aceptamos la hipótesis nula (existe continuidad de varianzas); si  $p$  es  $\geq 0.05$  aceptamos la hipótesis alternativa (no existe continuidad de varianzas).

*Anexo 8. Gráfico de cajas y de los valores predichos vs la raíz cuadrada de los residuos estandarizados absolutos para la continuidad de varianzas de los indicadores paramétricos evaluados.*

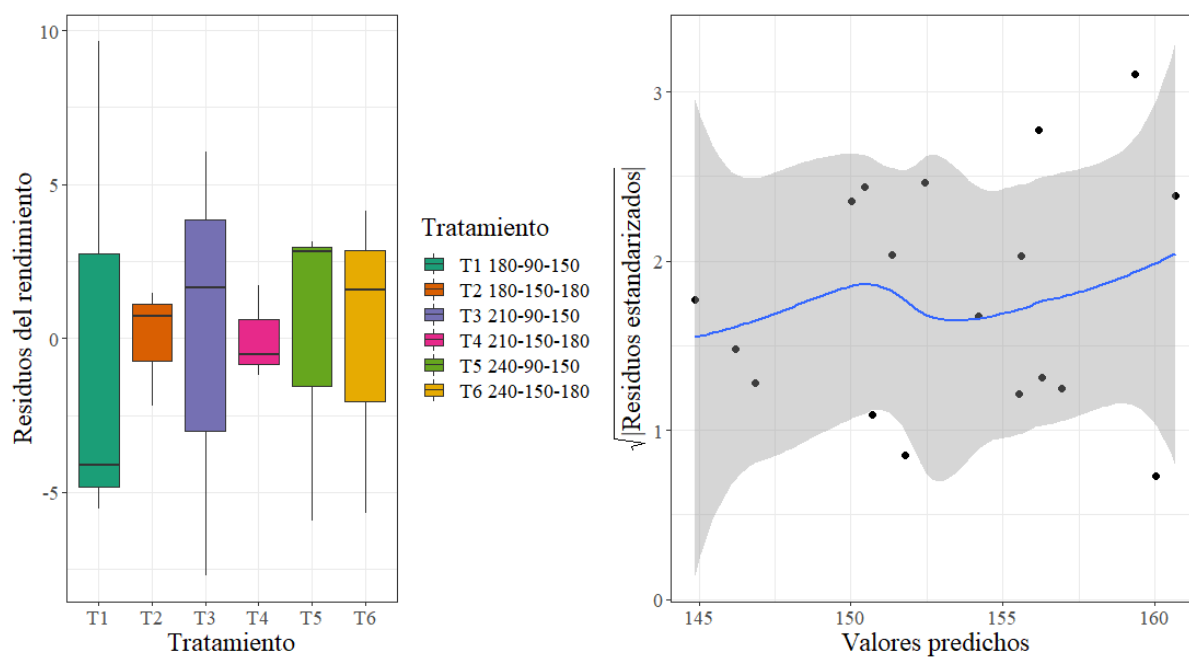
a) Número de turiones por metro lineal de tamaño menor a 9 cm.



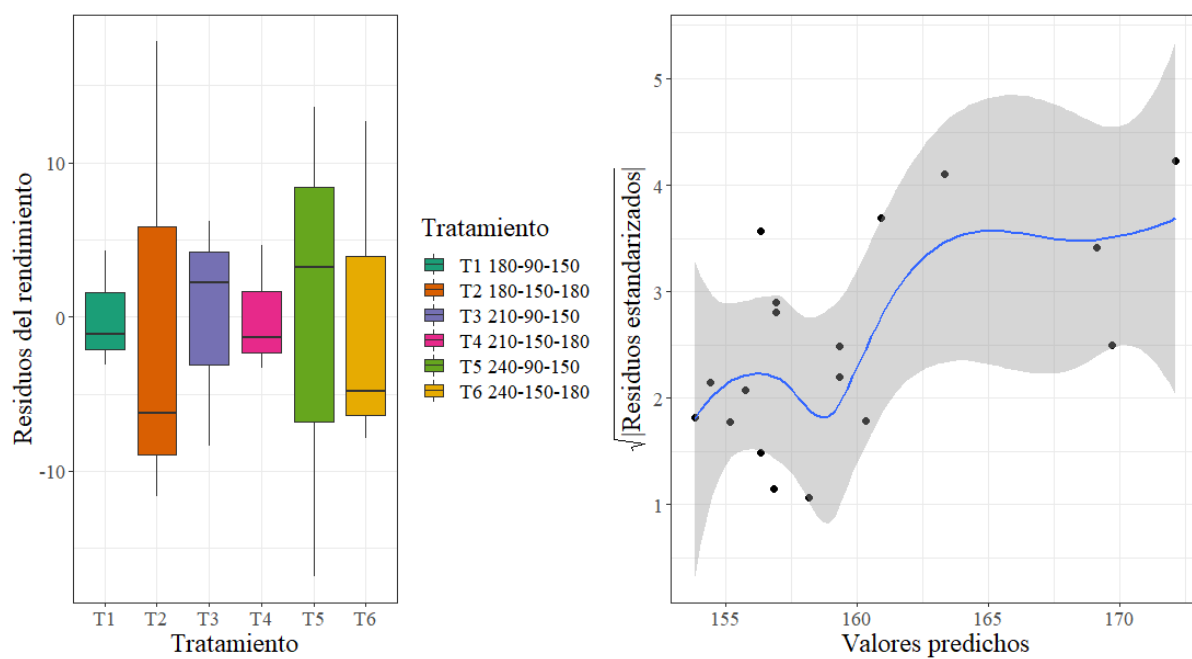
b) Número de turiones por metro lineal de tamaño mayor a 9 cm y menor a 17 cm.



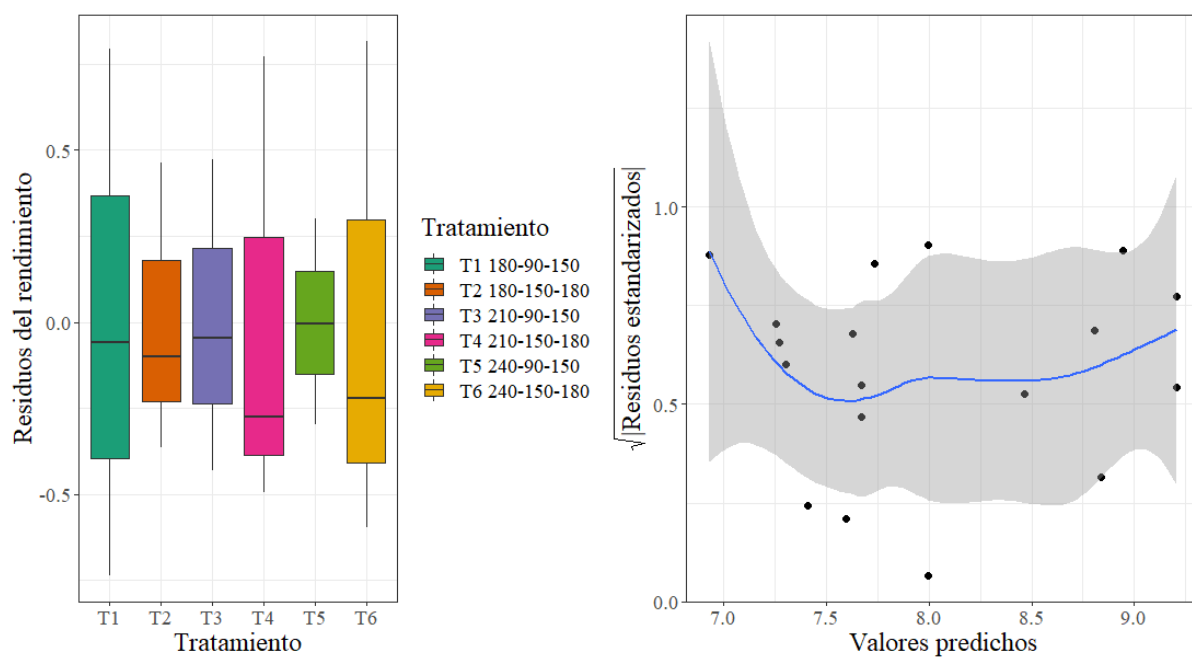
c) Número de turiones por metro lineal de tamaño mayor a 17 cm y menor a 26 cm.



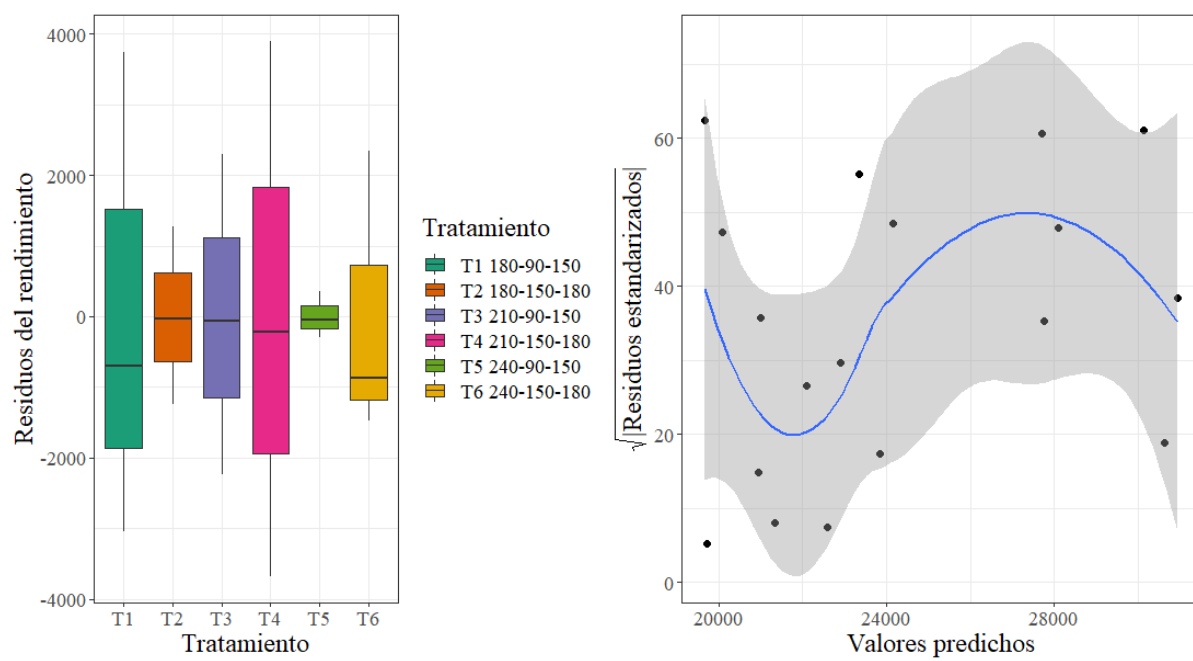
d) Número de turiones por metro lineal de tamaño mayor a 26 cm.



e) Número de turiones por metro lineal.



f) Rendimiento de turiones por hectárea.



## **CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD**

YO, Francisco Regalado Diaz, en condición de Asesor de la Tesis Titulada: **Ensayo de Nitrógeno (N), Fósforo (P) y Potasio (K), en el cultivo de espárrago (*Asparagus officinalis* L.) en la parte baja del valle Chancay - Lambayeque** presentado por los Bachilleres: Talledo Flores Christian Nicodemo; Paico Chapoñan Victor Alejandro a efecto de optar por el Título Profesional de **INGENIERO(a) AGRÓNOMO(a)** habiendo cumplido con lo establecido en el reglamento de uso del sistema anti plagio considerando que el reporte del software TURNITIN dio un porcentaje de coincidencia de 20% de la tesis antes citada, y de acuerdo a los criterios de evaluación de originalidad **NO HA SIDO PLAGIADO NI CONTIENE DATOS FALSOS**. En caso se demostrará lo contrario, asumimos responsablemente la anulación de este informe y por ende el proceso administrativo a que hubiera lugar. Que puede conducir a la anulación del título o grado emitido como consecuencia de este informe.

Se emite la presente constancia para fines de continuar con el trámite respectivo.

Lambayeque, 31/10/ 2023

  
Dr. Francisco Regalado Díaz  
Asesor

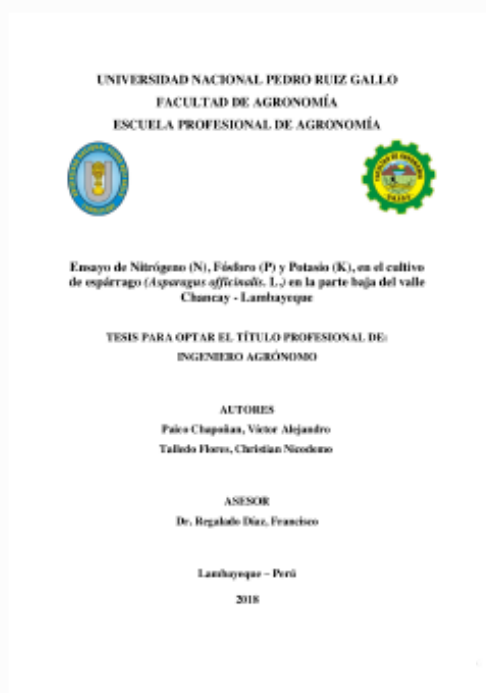


## Recibo digital

Este recibo confirma que su trabajo ha sido recibido por **Turnitin**. A continuación podrá ver la información del recibo con respecto a su entrega.

La primera página de tus entregas se muestra abajo.

Autor de la entrega:	Paico Chapoñan, Víctor Alejandro Talledo Flores, Christian Ni...
Título del ejercicio:	Quick Submit
Título de la entrega:	Ensayo de Nitrógeno (N), Fósforo (P) y Potasio (K), en el cultiv...
Nombre del archivo:	TESIS_ALEJANDRO_PAICO_ULTIMO_ok.docx
Tamaño del archivo:	2.8M
Total páginas:	79
Total de palabras:	14,864
Total de caracteres:	73,703
Fecha de entrega:	31-oct.-2023 08:19a. m. (UTC-0500)
Identificador de la entre...	2213114422



## Ensayo de Nitrógeno (N), Fósforo (P) y Potasio (K), en el cultivo de espárrago (*Asparagus officinalis*. L.) en la parte baja del valle Chancay - Lambayeque

### INFORME DE ORIGINALIDAD

<b>20%</b>	<b>21%</b>	<b>2%</b>	<b>1%</b>
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

### FUENTES PRIMARIAS

<b>1</b>	<b>hdl.handle.net</b> Fuente de Internet	<b>13%</b>
<b>2</b>	<b>repositorio.uns.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>2%</b>
<b>3</b>	<b>repositorio.unprg.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>1%</b>
<b>4</b>	<b>dspace.unitru.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>1%</b>
<b>5</b>	<b>purl.org</b> Fuente de Internet	<b>1%</b>
<b>6</b>	<b>www.ingdecoulon.com.ar</b> Fuente de Internet	<b>&lt;1%</b>
<b>7</b>	<b>repositorio.upao.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>&lt;1%</b>
<b>8</b>	<b>www.camagro.com</b> Fuente de Internet	<b>&lt;1%</b>

*Regalado*



**UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO**  
**FACULTAD DE AGRONOMÍA**  
**DECANATO**



**ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS**

En la ciudad de Lambayeque a los diecisiete días del mes abril del año dos mil diecinueve, siendo las once y treinta de la mañana, se reunieron en el Auditorio de la Facultad de Agronomía de nuestra Universidad, los miembros del Jurado, dando inicio a la lectura del Decreto N° 087-2019-FAG de fecha 09 de abril del 2019, mediante el cual autoriza la sustentación de la tesis, dicho jurado está conformado por los siguientes docentes:

**Ing. M. Sc. JORGE ZEÑA CALLACNA**  
**Ing. M. Sc. JOSÉ AVERCIO NECIOSUP GALLARDO**  
**Dr. AMÉRICO CELADA BECERRA**  
**Dr. FRANCISCO REGALADO DÍAZ**

**Presidente**  
**Secretario**  
**Vocal**  
**Patrocinador**

Para evaluar y calificar el trabajo de Tesis Titulado: "ENSAYO DE DOSIS DE NPK EN EL CULTIVO DE ESPÁRRAGO (*Asparagus officinalis* L.) EN LA PARTE BAJA DEL VALLE CHANCAY - LAMBAYEQUE", presentado por el Bachiller VÍCTOR ALEJANDRO PAICO CHAPOÑAN.

Después de escuchar la exposición y las respuestas a las preguntas formuladas por los Miembros del Jurado, se acordó calificar el trabajo como:

En consecuencia el Bachiller en referencia queda apto para recibir el Título Profesional de **INGENIERO AGRONOMO**, de conformidad con la Ley Universitaria, Estatuto y Reglamento de la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo.

Para constancia de ello firman:

**Ing. M. Sc. JORGE ZEÑA CALLACNA**  
**PRESIDENTE**

**Ing. M. Sc. JOSÉ AVERCIO NECIOSUP GALLARDO**  
**SECRETARIO**

**Dr. AMÉRICO CELADA BECERRA**  
**VOCAL**

**Dr. FRANCISCO REGALADO DÍAZ**  
**PATROCINADOR**

**OBSERVACIONES:**





**UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO**  
**FACULTAD DE AGRONOMÍA**  
**DECANATO**



**ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS**

En la ciudad de Lambayeque a los diecisiete días del mes abril del año dos mil diecinueve, siendo las once y treinta de la mañana, se reunieron en el Auditorio de la Facultad de Agronomía de nuestra Universidad, los miembros del Jurado, dando inicio a la lectura del Decreto N° 087-2019-FAG de fecha 09 de abril del 2019, mediante el cual autoriza la sustentación de la tesis, dicho jurado está conformado por los siguientes docentes:

Ing. M. Sc. JORGE ZEÑA CALLACNA  
 Ing. M. Sc. JOSÉ AVERCIO NECIOSUP GALLARDO  
 Dr. AMÉRICO CELADA BECERRA  
 Dr. FRANCISCO REGALADO DÍAZ

Presidente  
 Secretario  
 Vocal  
 Patrocinador

Para evaluar y calificar el trabajo de Tesis Titulado: "ENSAYO DE DOSIS DE NPK EN EL CULTIVO DE ESPÁRRAGO (*Asparagus Officinalis* L.) EN LA PARTE BAJA DEL VALLE CHANCAY - LAMBAYEQUE", presentado por el Bachiller CHRISTIAN NICODEMO TALLEDO FLORES.

Después de escuchar la exposición y las respuestas a las preguntas formuladas por los Miembros del Jurado, se acordó calificar el trabajo como:

B U E N O

En consecuencia el Bachiller en referencia queda apto para recibir el Título Profesional de **INGENIERO AGRONOMO**, de conformidad con la Ley Universitaria, Estatuto y Reglamento de la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo.

Para constancia de ello firman:

Ing. M. Sc. JORGE ZEÑA CALLACNA  
 PRESIDENTE

Ing. M. Sc. JOSÉ AVERCIO NECIOSUP GALLARDO  
 SECRETARIO

Dr. AMÉRICO CELADA BECERRA  
 VOCAL

Dr. FRANCISCO REGALADO DÍAZ  
 PATROCINADOR

OBSERVACIONES: .....

.....

.....