

**Evaluación de la Asociación Planta – Micorrizas en el Cultivo de Soya Variedad Flor
Blanca, Municipio de Fuentedeoro - Meta**

Julieth Paola Torres Cardozo

Omar Garcia Cuesta

Asesora

Adriana Lucia Diaz Bobadilla

Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD

Escuela de Ciencias Agrícolas, Pecuarias y del Medio Ambiente ECAPMA

Agronomía

2025

Dedicatoria

Dedicatoria Julieth Torres

Quiero dedicar este proyecto primeramente a Dios quien me inspiro a seguir adelante con esta tesis del programa de agronomía. A mi esposo, quien me ha impulsado por ser cada día mejor y brindarme su apoyo incondicional, gracias por siempre estar a mi lado. A mi madre, quien ha sido una fuente constante de gran inspiración y motivación para mi crecimiento personal y profesionalmente.

Dedicatoria Omar Garcia

Primeramente, le dedico este logro a Dios que ha sido guía absoluta en este camino de aprendizaje. Le dedico este triunfo profesional a mi esposa que siempre creyó en mí y con su ejemplo me demostró que todo es posible, a mis padres que siempre me han apoyado sin cuestionar mis decisiones.

Agradecimientos

Agradecimientos Julieth Torres

Quiero agradecer y enaltecer a Dios quien me ha guiado en todo momento durante todo el proceso de aprendizaje en la universidad, porque ha sido luz en los momentos difíciles y me ha brindado el don de la paciencia y la perseverancia. Le doy gracias a mi esposo quien ha estado siempre para apoyarme, cuidarme y brindarme lo mejor, gracias a mi madre que con sus consejos y ejemplo me hizo una mujer fuerte y luchadora. Gracias a mis suegros quienes también me apoyaron en todo este proceso.

Agradecimientos de Omar Garcia

En primer lugar, agradecer a Dios por darme la oportunidad de lograr llegar a este momento de culminación de mi carrera como agrónomo. A mi esposa y compañera de vida por apoyarme y animarme a lograr superar mis adversidades y a mis padres por ser un ejemplo de superación y constancia.

Agradecemos a la Universidad Nacional Abierta y a Distancia por el espacio de aprendizaje, ha sido un lugar para enriquecer nuestro conocimiento, conocer personas maravillosas como nuestros tutores, agradecemos a los tutores Adriana Diaz Bobadilla y Jairo Rincón, quienes han estado apoyándonos y guiándonos, y por supuesto a todos los tutores que siempre han estado a disposición de compartirnos su conocimiento y enseñarnos sobre esta bonita profesión como lo es la Agronomía. Así mismo, hemos de destacar la labor de la UNAD como medio por brindarnos la posibilidad de graduarnos como agrónomos. Gracias a los compañeros que conocimos en el camino por compartir sus experiencias y conocimientos.

Finalmente, agradecemos a quien lee este apartado, por permitir que nuestra experiencia, investigación incurra en su repertorio.

Resumen

El presente estudio tuvo como objetivo evaluar el efecto de la inoculación con *Piriformospora indica* sobre variables de crecimiento y producción en el cultivo de soya (*Glycine max L.*) variedad Flor Blanca, bajo condiciones edafoclimáticas del municipio de Fuentedeoro, Meta. El experimento se estableció mediante un diseño de bloques completos al azar con tres bloques y dos tratamientos: sin inoculación y con inoculación micorrízica. Se evaluaron variables vegetativas (longitud de planta y número de hojas) y componentes reproductivos (número de vainas por planta, número de granos por planta y número total de granos por unidad experimental). Los resultados indicaron que las variables vegetativas, así como el número de vainas y granos por planta, no presentaron diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos ($p > 0,05$). Sin embargo, el número total de granos por parcela mostró diferencias significativas ($p = 0,0153$), evidenciando un incremento en la producción acumulada en el tratamiento inoculado. El rendimiento expresado en kg/ha se estimó a partir del número total de granos y del peso de 100 granos, observándose una tendencia descriptiva superior en el tratamiento con micorrizas. Se concluye que, bajo las condiciones del ensayo, la inoculación con *P. indica* no modificó significativamente las variables de crecimiento ni los componentes reproductivos individuales por planta, pero sí incrementó significativamente la producción total de granos por unidad experimental, lo que sugiere su utilidad como alternativa biológica en sistemas productivos de soya establecidos en suelos de fertilidad limitada.

Palabras clave: Soya, *Piriformospora indica*, inoculación micorrízica, rendimiento, producción de granos.

Abstract

The objective of this study was to evaluate the effect of inoculation with *Piriformospora indica* on growth and yield-related variables in soybean (*Glycine max L.*) variety Flor Blanca under edaphoclimatic conditions in the municipality of Fuentedeoro, Meta (Colombia). The experiment was established using a randomized complete block design with three blocks and two treatments: a non-inoculated control and mycorrhizal inoculation. Vegetative variables (plant length and number of leaves) and reproductive components (number of pods per plant, number of grains per plant, and total number of grains per experimental unit) were assessed. The results showed that vegetative traits, as well as the number of pods and grains per plant, did not present statistically significant differences between treatments ($p > 0.05$). However, the total number of grains per plot exhibited significant differences ($p = 0.0153$), indicating an increase in cumulative grain production under the inoculated treatment. Yield expressed in kg/ha was estimated based on the total number of grains and the weight of 100 grains, showing a higher descriptive trend in the mycorrhizal treatment. It is concluded that, under the conditions of this study, inoculation with *P. indica* did not significantly modify vegetative growth or individual reproductive components per plant, but it did significantly increase total grain production per experimental unit, suggesting its potential as a biological alternative for soybean production systems established in soils with limited fertility.

Keywords: Soybean, *Piriformospora indica*, mycorrhizal inoculation, yield components, grain production.

Tabla de contenido

Introducción	12
Planteamiento del Problema	14
Justificación	16
Objetivos.....	18
Objetivo General.....	18
Objetivos Específicos.....	18
Marco Conceptual y Teórico	19
Contexto Edáfico de los Suelos del Municipio de Fuentedeoro.....	19
Dinámica de los Suelos.....	19
Suelos de los Valles y Terrazas Aluviales	20
Los Microorganismos Eficientes y la Agricultura	21
Las Tropas Biológicas de la Naturaleza en el Suelo.....	22
Las Micorrizas	24
Tipos de Micorrizas	24
Características Biológicas de las Micorrizas <i>Piriformospora indica</i> (<i>P. indica</i>).....	25
Modo de Acción del Hongo <i>Piriformospora indica</i> (<i>P. indica</i>).....	26
Intercambio de Nutrientes.....	26
Beneficios del Uso de Micorrizas <i>Piriformospora indica</i> (<i>P. indica</i>)	27
Ventajas de las Micorrizas en la Agricultura	27
Beneficios para el Hongo.....	27
Beneficios para las Plantas.....	28
Aumento de la Absorción de Nutrientes.	28

Mejora en la Salud de las Plantas.	28
Aplicaciones.....	28
Impacto de las Micorrizas en el Cultivo de Soya	28
Efecto en el Crecimiento.....	29
Resistencia a Estrés.....	29
Agricultura Sostenible y Uso de Micorrizas	29
Metodología	30
Generalidades del Estudio.....	30
Ubicación Geográfica del Estudio.	30
Diseño del Experimento.....	30
Selección y Descripción del Cultivo.....	31
Dinámica Poblacional.	32
Metodología del Estudio.....	33
Manejo del Cultivo de Soya Variedad Flor Blanca.	33
Manejo Agronómico: Control de Plagas, Enfermedades y Fertilización.	35
Variables Evaluadas.....	36
Componente Desarrollo vegetativo y productivo del cultivo	36
Componente Productivo y Estimación de Rendimiento.	37
Análisis Estadístico.....	37
Resultados.....	39
Variable: Longitud de la Planta	39
Variable: Número de Hojas por Planta (NH).....	41
Variable: Productividad	42

Número de Vainas por Plantas.....	42
Producción Soya: Rendimiento (kg/ha).....	44
Discusión.....	48
Conclusiones.....	50
Recomendaciones	51
Referencias Bibliográficas	53
Apéndices.....	56

Lista de Tablas

Tabla 1 <i>Longitud promedio (cm) de plantas de soya con y sin micorrizas en cada fecha de evaluación.</i>	39
Tabla 2 <i>Evolución del número de hojas de la soya con y sin micorrizas.</i>	41
Tabla 3 <i>Número de vainas promedio por planta en soya con y sin micorrizas.</i>	43
Tabla 4 <i>Componentes productivos estimados por unidad experimental en soya.</i>	45
Tabla 5 <i>Comparación de vainas productivas estimadas por repetición en soya.....</i>	46

Lista de Figuras

Figura 1 <i>Delimitación del área experimental</i>	30
Figura 2 <i>Esquema del diseño experimental BCA</i>	31
Figura 3 <i>Análisis de suelo finca La Floresta</i>	34
Figura 4 <i>Manejo de plagas, enfermedades, arvenses y aplicación de fertilizantes</i>	35
Figura 5 <i>Longitud de planta (cm) por unidad experimental en soya con y sin micorrizas</i>	40
Figura 6 <i>Evolución del número de hojas de la soya con y sin micorrizas</i>	42
Figura 7 <i>Número de vainas por planta por unidad experimental en soya</i>	43
Figura 8 <i>Número total de granos por parcela (NTGPPar) en soya con y sin micorrizas</i>	45

Apéndice

Apéndice A <i>Caracterización suelos del municipio de Fuentedeoro</i>	56
Apéndice B <i>Caracterización zonas aledañas a la investigación</i>	57
Apéndice C <i>Análisis de varianza ANOVA en sistema SAS</i>	58

Introducción

La soya (*Glycine max L.*) es un cultivo de alta relevancia a nivel mundial debido a su contenido de proteína y aceite vegetal, lo que la convierte en una fuente esencial para la alimentación humana y animal. En la región del Ariari (Meta), aunque su producción aún no alcanza niveles representativos, enfrenta limitaciones relacionadas con la eficiencia en el aprovechamiento de los nutrientes del suelo, lo que incrementa la dependencia de fertilizantes sintéticos y, por tanto, los costos de producción. En este contexto, los hongos micorrízicos arbusculares (HMA) representan una alternativa biológica para mejorar la eficiencia nutricional y la sostenibilidad de los sistemas agrícolas, al favorecer la simbiosis entre el hongo y las raíces de las plantas, optimizando la absorción de nutrientes del suelo (Revista Contexto Ganadero, 2023).

Complementariamente, diversos estudios han evidenciado que la inoculación con hongos micorrízicos arbusculares (HMA) puede influir en el crecimiento vegetal y en la absorción de nutrientes como nitrógeno y fósforo, así como en la acumulación de biomasa en plantas tratadas. Wu, Y. *et al.* (2024), En investigaciones recientes han reportado incrementos importantes en biomasa vegetal, concentración y absorción de nutrientes, lo que sugiere un potencial efecto favorable de estas asociaciones en el desempeño del cultivo

Asimismo, bajo condiciones de estrés edáfico, como suelos ácidos o con baja disponibilidad de fósforo, la inoculación con micorrizas se ha asociado con mejoras en la tolerancia del cultivo, al influir en la dinámica microbiana del suelo y favorecer la presencia de microorganismos funcionales, además de contribuir a la reducción de patógenos y al incremento de biomasa (Wen, Z. *et al.*, 2023).

En Colombia, investigaciones realizadas en suelos andisoles degradados han mostrado que la colonización micorrízica y el número de esporas pueden aumentar con la edad del cultivo, dependiendo de la especie y del sistema de siembra empleado (Gómez, A. *et al.*, 2011). Estos antecedentes respaldan que la aplicación de micorrizas en sistemas agrícolas puede contribuir a mejorar la eficiencia en la absorción de nutrientes y a promover prácticas más sostenibles. Además, al optimizar el aprovechamiento de los recursos del suelo, su uso podría aportar indirectamente a la reducción de fertilizantes sintéticos, con implicaciones en costos de producción y rentabilidad del cultivo (Revista Contexto Ganadero, 2023).

Con base en lo anterior, el presente estudio tuvo como propósito evaluar el efecto de la inoculación con micorrizas en plantas de soya variedad Flor Blanca. Se analizaron variables de crecimiento como la longitud de planta y el número de hojas, así como componentes productivos como el número de vainas y el rendimiento estimado (kg/ha), bajo un diseño de bloques completos al azar. Los resultados buscan aportar evidencia para sustentar la implementación de estrategias de producción más sostenibles, eficientes y viables para la región del Ariari.

Planteamiento del Problema

El cultivo de soya en el municipio de Fuentedeoro (Meta) se ha posicionado como una alternativa agroindustrial con potencial de expansión. Sin embargo, su productividad puede verse limitada por factores estrechamente asociados a las propiedades fisicoquímicas del suelo, entre ellas el pH, el contenido de materia orgánica (MO) y la capacidad de intercambio catiónico (CIC). Estas variables influyen en la disponibilidad de nutrientes y en la eficiencia con que la planta los absorbe: un pH adecuado favorece la disponibilidad nutricional, mientras que condiciones de acidez o valores extremos pueden restringir la absorción o inducir desequilibrios. Por su parte, la materia orgánica contribuye a mejorar la estructura del suelo, aporta nutrientes y estimula la actividad microbiana; y la CIC refleja la capacidad del suelo para retener y suministrar cationes esenciales, reduciendo pérdidas por lixiviación y mejorando la eficiencia de la fertilización.

En el municipio de Fuentedeoro, la baja fertilidad natural se evidencia en el análisis edáfico realizado, en el cual se registraron valores de pH = 5,8; MO = 0,5% y CIC = 7,5 cmol(+)/kg. Estas condiciones indican acidez moderada, bajo contenido de materia orgánica y limitada capacidad de retención de nutrientes, lo que puede restringir el desarrollo del cultivo y aumentar la dependencia de fertilización externa para sostener rendimientos aceptables.

Esta dependencia de fertilizantes sintéticos, aunque puede ser efectiva a corto plazo, tiende a generar problemas de sostenibilidad cuando se mantiene sin estrategias complementarias adaptadas a las condiciones locales, al favorecer el deterioro progresivo de la estructura y la actividad biológica del suelo (Gómez *et al.*, 2011). En este sentido, la falta de alternativas biológicas ajustadas al contexto edafoclimático regional limita el aprovechamiento del suelo

como un sistema vivo y dinámico, y reduce las posibilidades de implementar prácticas de producción más sostenibles.

Los hongos micorrízicos arbusculares (HMA) representan una herramienta agronómica de interés, ya que pueden contribuir al equilibrio edáfico al mejorar la absorción de nutrientes y estimular la actividad de microorganismos benéficos asociados a la rizosfera (Camarena-Gutiérrez, 2012). No obstante, en la región del Ariari existen pocos estudios que documenten el efecto de la inoculación micorrízica sobre el crecimiento y la productividad de la soya, especialmente bajo condiciones de baja fertilidad y acidez moderada.

Por lo anterior, surge la siguiente pregunta de investigación:

¿Cómo influye la inoculación con *Piriformospora indica* en el crecimiento vegetativo y los componentes productivos de la soya (*Glycine max L.*) variedad Flor Blanca, cultivada bajo condiciones de fertilidad natural limitada en el municipio de Fuentedeoro (Meta)?

Justificación

Según el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (2019), la producción nacional de soya se concentra principalmente en la altillanura y el piedemonte del departamento del Meta, región que aporta más del 85 % de la oferta nacional. Este cultivo tiene un papel estratégico en la agroindustria, especialmente en la producción de torta de soya destinada a alimentos balanceados.

De acuerdo con las Evaluaciones Agropecuarias Municipales (EVA, 2022), en Colombia se registró una producción de 173.760 toneladas en 71.865 hectáreas, con un rendimiento promedio de 2,46 t/ha. Para el mismo año, el departamento del Meta produjo 168.170 toneladas en un área de 69.823 hectáreas, representando el 96,79 % de la producción nacional (UPRA, 2023). Estos datos evidencian la importancia regional del cultivo y su impacto en la economía agrícola.

No obstante, en zonas del piedemonte llanero como el municipio de Fuentedeoro, la producción enfrenta limitaciones asociadas a la baja fertilidad natural del suelo, caracterizada por reducidos contenidos de materia orgánica y condiciones de acidez moderada. Estas condiciones incrementan la dependencia de fertilizantes de síntesis química, lo que puede afectar la sostenibilidad productiva y la calidad biológica del suelo (Silva & Salamanca, 1998).

En este contexto, los hongos micorrízicos arbusculares (HMA) constituyen una alternativa biotecnológica con potencial para mejorar la eficiencia en la absorción de nutrientes y fortalecer la actividad biológica del suelo. La simbiosis micorrízica incrementa la superficie efectiva de absorción radicular, favorece la captación de fósforo y otros nutrientes esenciales, y contribuye a la estabilidad estructural del suelo (Pérez, Osorio & Álvarez, 2012). Asimismo,

promueve la actividad de microorganismos fijadores de nitrógeno y solubilizadores de fósforo, mejorando la fertilidad biológica (Corbera & Nápoles, 2022).

A pesar de estos antecedentes, en el municipio de Fuentedeoro no se reportan estudios experimentales que evalúen el efecto de la inoculación micorrízica sobre el crecimiento y los componentes productivos de la soya bajo condiciones locales de fertilidad limitada. Por ello, el presente trabajo busca generar evidencia técnica que contribuya al desarrollo de estrategias de manejo más sostenibles, orientadas a mejorar la eficiencia nutricional del cultivo y fortalecer la resiliencia de los sistemas productivos del Ariari.

Objetivos

Objetivo General

Evaluar el efecto de la inoculación con *Piriformospora indica* en el crecimiento vegetativo y los componentes productivos del cultivo de soya (*Glycine max L.*) variedad Flor Blanca, bajo condiciones de fertilidad limitada en el municipio de Fuentedeoro (Meta).

Objetivos Específicos

Determinar el efecto de la inoculación micorrízica sobre la longitud de la planta durante las diferentes etapas de evaluación.

Evaluar el comportamiento del número de hojas por planta como indicador del desarrollo vegetativo.

Analizar el efecto de la inoculación con micorrizas sobre el número de vainas por planta.

Cuantificar el número total de granos por unidad experimental y evaluar su comportamiento mediante análisis de varianza (ANOVA).

Estimar el rendimiento potencial del cultivo en función de los componentes productivos obtenidos.

Marco Conceptual y Teórico

Contexto Edáfico de los Suelos del Municipio de Fuentedeoro

Los suelos de Fuentedeoro pertenecen principalmente a formaciones aluviales de origen cuaternario, con predominio de texturas francas a finas, drenaje imperfecto y reacción ácida (pH entre 5,5 y 6,0). De acuerdo con el estudio de CIDETER (2017), estos suelos presentan contenidos bajos de materia orgánica (menores al 1%) y escasa disponibilidad de nitrógeno y fósforo, lo cual limita el desarrollo radicular y la productividad de los cultivos.

La fertilidad natural de estos suelos se ve condicionada por su composición mineral, el régimen de inundaciones periódicas y la poca estabilidad de la materia orgánica. En este contexto, los sistemas de producción requieren estrategias que fortalezcan la actividad biológica del suelo para mejorar su capacidad de retención y disponibilidad de nutrientes, lo cual constituye la base agronómica para la inoculación con micorrizas arbusculares

Dinámica de los Suelos

El suelo constituye uno de los componentes más dinámicos del ecosistema terrestre, ya que sustenta la vida vegetal y animal, regula el ciclo de nutrientes y actúa como reservorio de agua y materia orgánica. Es la capa superficial resultante de la interacción entre materiales minerales, materia orgánica, agua, aire y organismos vivos, donde las plantas desarrollan sus raíces y obtienen los nutrientes necesarios para su crecimiento (FAO, 2020; Lal, 2015).

La formación del suelo es un proceso complejo que ocurre a lo largo del tiempo bajo la influencia de factores ecológicos y ambientales. Entre estos se incluyen el material parental, el clima, los organismos, el relieve y el tiempo de exposición, cuyos efectos combinados determinan las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo (Jenny, 1941; Brady & Weil, 2019). La descomposición de restos orgánicos, heces animales, residuos vegetales y otros

materiales biológicos contribuye al enriquecimiento del horizonte superficial, generando condiciones favorables para el desarrollo de la vida microbiana y vegetal (Jaramillo, 2002). Entre los factores formadores del suelo, el clima ocupa un papel determinante. La temperatura influye directamente en la velocidad de las reacciones químicas y en los procesos de meteorización. A mayor temperatura, la descomposición y mineralización son más rápidas, mientras que las variaciones térmicas producen ciclos de expansión y contracción en las rocas, que favorecen su fragmentación y posterior transformación en partículas minerales más finas (Brady & Weil, 2019).

Estos procesos físicos y biológicos explican la diversidad de suelos presentes en el municipio de Fuentedeoro, donde las condiciones tropicales entre ellas la alta humedad aceleran la alteración de los materiales parentales y promueven una intensa actividad biológica en la superficie edáfica.

Suelos de los Valles y Terrazas Aluviales

Los suelos del municipio de Fuentedeoro pertenecen principalmente a valles y terrazas aluviales formados por depósitos recientes del río Ariari, caracterizados por texturas medias a finas, drenaje de imperfecto a moderado y baja fertilidad natural. Según el Documento Técnico de Soporte del Esquema de Ordenamiento Territorial elaborado por CIDETER (2017), estos suelos presentan un contenido reducido de materia orgánica, acidez moderada y deficiencias de nutrientes esenciales como fósforo, potasio y nitrógeno, lo que limita su capacidad para sostener cultivos de mediana y alta demanda nutricional.

En los valles aluviales, los suelos suelen ser poco desarrollados, con horizontes superficiales delgados, variabilidad en la humedad y presencia de capas arenosas o limosas que disminuyen la capacidad de intercambio catiónico (CIC), afectando la disponibilidad de

nutrientes y la retención de agua. Por su parte, las terrazas aluviales muestran expresiones de procesos de oxidación y reducción, evidenciadas por moteados y variaciones de color, lo que refleja fluctuaciones hídricas y restricciones de drenaje que reducen la oxigenación del sistema radicular (CIDETER, 2017).

Debido a estas condiciones, los suelos del Ariari presentan limitaciones para el cultivo de soya, especialmente en la absorción de fósforo, un nutriente fundamental para el desarrollo radicular y la formación de vainas. Investigaciones previas han señalado que los suelos ácidos y pobres en fósforo reducen el crecimiento y rendimiento de la soya, y que las asociaciones con hongos micorrízicos pueden mejorar significativamente la disponibilidad de nutrientes y la eficiencia de absorción en este tipo de suelos (Corbera & Nápoles, 2022).

En este sentido, la baja fertilidad natural de los suelos aluviales de Fuentedeoro justifica la evaluación de alternativas biológicas como los hongos micorrízicos arbusculares, capaces de incrementar la exploración radicular, mejorar la disposición de fósforo y otros nutrientes, y favorecer la colonización microbiana benéfica en suelos con bajo contenido de materia orgánica.:

Los Microorganismos Eficientes y la Agricultura

La agricultura convencional ha tendido a subestimar la actividad biológica del suelo, priorizando el uso de agroquímicos y prácticas intensivas que deterioran su estructura y disminuyen su capacidad natural de recuperación. El uso excesivo de fertilizantes sintéticos y la labranza continua afectan la materia orgánica, compactan el suelo y reducen la diversidad microbiana, generando sistemas agrícolas dependientes de insumos externos y con menor resiliencia ecológica (Silva & Salamanca, 1998; Bonilla *et al.*, 2020). Esta degradación repercute no solo en la productividad, sino también en la salud ambiental, humana y animal.

En contraste, la agricultura ecológica promueve prácticas sostenibles que buscan mantener la fertilidad biológica del suelo, favorecer la biodiversidad microbiana y reducir el uso de agroquímicos. Este enfoque permite obtener alimentos de mayor calidad, conservar los recursos naturales y mejorar la salud del ecosistema (FAO, 2020).

Los microorganismos del suelo desempeñan funciones esenciales en la rizosfera, entre ellas: la descomposición de materia orgánica, la fijación biológica de nitrógeno, la solubilización de fósforo y la formación de agregados estables. Estas funciones permiten mejorar la estructura del suelo, aumentar la disponibilidad de nutrientes y favorecer el crecimiento vegetal (Jaramillo, 2002; Pérez *et al.*, 2012).

Actualmente, el uso de microorganismos benéficos se ha ampliado en la agricultura para el control biológico de plagas, la rehabilitación de suelos degradados y el incremento de la productividad, debido a su capacidad de producir enzimas como proteasas, quitinasas, lipasas y sustancias bioactivas que regulan otros microorganismos y estimulan el desarrollo de las plantas (Barchuk *et al.*, 2020). De este modo, la diversidad y actividad microbiana constituyen indicadores clave de la calidad del suelo, ya que determinan su capacidad para sostener cultivos en el tiempo y su potencial de regeneración ecológica (Lal, 2015).

Las Tropas Biológicas de la Naturaleza en el Suelo

La biota del suelo está compuesta por diversos microorganismos y animales que cumplen funciones clave en el reciclaje de nutrientes. Las bacterias, en particular, descomponen los residuos orgánicos, generando compuestos útiles para otros organismos y ayudando a formar materia orgánica disponible. Además, contribuyen a la retención de nutrientes en la zona de las raíces y producen sustancias como vitaminas y hormonas que estimulan el crecimiento vegetal (Bonilla *et al.*, 2020).

Algunas bacterias producen proteínas y metabolitos que controlan plagas, promueven el crecimiento vegetal mediante la solubilización de fósforo y reguladores como el ácido indol acético, además de fijar nitrógeno en consorcios microbianos. Como biofertilizantes, representan una alternativa sostenible y ecológica (Pérez *et al.*, 2012).

Los hongos descomponen materia orgánica resistente, retienen nutrientes en su biomasa y liberan CO₂ al suelo; degradan compuestos simples primero y luego materiales más complejos como lignina y proteínas. Este proceso genera ácidos orgánicos que favorecen la formación de humus y sustancias húmicas (de Lucas *et al.*, 2012).

En los suelos agrícolas, los protozoarios son grandes productores de nitrógeno disponible. A través de su interacción con bacterias liberan amonio (NH₄⁺), una forma fácilmente absorbible por las raíces, aportando entre el 40 y el 80 % del nitrógeno que las plantas utilizan (USDA NRCS, 2022). Por su parte, los nemátodos poseen menor contenido de nitrógeno que bacterias y hongos; al alimentarse de ellos liberan amonio que queda disponible para las plantas y para otros organismos del suelo (IUCN, 2018).

Los organismos del suelo habitan donde hay alimento, nutrientes, humedad y espacio, especialmente en zonas con materia orgánica como raíces, residuos y humus. Por ello, son más abundantes en áreas forestales o cultivos con alta biomasa. Su actividad varía según el clima y el manejo agrícola, ya que muchos permanecen latentes y se activan cuando aumenta la disponibilidad de alimentos (FAO, 2015).

La descomposición de la materia orgánica es un proceso aeróbico. En suelos agrícolas, los residuos superficiales activan un ciclo de carbono más lento, lo que favorece la formación de humus estable y reduce la emisión de CO₂. La labranza, por el contrario, incorpora aire y residuos al suelo, acelerando la descomposición microbiana y reduciendo la materia orgánica

(Bonilla *et al.*, 2020; Martínez, 2008).

Dependiendo de la composición química de los residuos, la descomposición puede ser rápida (azúcares y proteínas), lenta (celulosa, grasas y resinas) o muy lenta (lignina). La fracción activa de la materia orgánica es la principal fuente de alimento para los organismos vivos del suelo, y está influenciada por el clima, la humedad, la vegetación, los aportes orgánicos y las prácticas culturales como la labranza (de Lucas *et al.*, 2012).

Las Micorrizas

Son asociaciones simbióticas mutualistas entre hongos y raíces de las plantas, donde el hongo ayuda a la planta a absorber agua y nutrientes (como fósforo y nitrógeno) del suelo a cambio de carbohidratos, actuando como una extensión del sistema radicular para mejorar el crecimiento, la salud y la resistencia de las plantas, y permitiendo reducir el uso de fertilizantes. Son clave para la agricultura sostenible y la salud del suelo, mejorando la estructura y la tolerancia a estrés. Se reconocen como estructuras similares a un engrosamiento que se generan alrededor de las raíces de las plantas (*rhizos*) cuando se asocian con ciertos hongos (*mycos*) esto ocurre de forma natural y es una simbiosis mutualista, es decir, ambos organismos (planta y hongo) salen beneficiados. Para la planta, las micorrizas mejoran la absorción de nutrientes minerales al permitir el micelio a las raíces alcanzar lugares donde no llegarían, optimizar la absorción de agua de la planta (hasta un 60%) y aumentar su resistencia frente a condiciones de estrés hídrico. (Carillo *et al.*, 2022).

Tipos de Micorrizas

Estos son los distintos tipos de micorrizas, (Acosta, 2021):

Ectomicorrizas. Este tipo de micorriza está formada por dos tipos de hongos, los Basidiomicetes y Ascomicetes. Tras su unión desarrollan una espesa capa de micelio justo sobre

la zona cortical de las raíces nutricias de la planta formando una especie de red. Por esto, se las conoce también como las formadoras de manto. Este ejemplo de micorriza es muy común es especies de tipo forestal y leñosas.

Endomicorrizas. Al contrario que el grupo anterior a este grupo de micorrizas se las distingue porque no forman un manto fúngico en la raíz de la planta. Los hongos que las producen se caracterizan por colonizar de manera intercelular el córtex radical. A su vez se dividen en tres variedades:

Orquideomicorrizas: son las que están ligadas a la familia de las orquídeas. Estos suelen formar ovillos en las células de la raíz de la planta.

Ericomicorrizas: ligadas a la Familia Ericáceas, estas conforman una estructura compacta entre las células del hongo y las raíces.

Micorrizas arbusculares: se caracterizan por crear un entramado de arbusculos intracelulares por donde se realizará la transferencia de nutrientes.

Ectendomicorrizas. Este tipo presenta una colonización dual de los hongos con las raíces. Esto significa que forman un manto cortical tanto externo como interno en el córtex.

Características Biológicas de las Micorrizas Piriformospora indica (P. indica)

Piriformospora indica es un hongo endófito del orden Sebacinales, conocido por su capacidad única de cultivarse in vitro, a diferencia de la mayoría de los hongos micorrízicos arbusculares. Fue aislado inicialmente de raíces de orquídeas en el desierto de Thar, en India, por Varma y colaboradores (1999).

Se caracteriza por la presencia de clamidosporas piriformes (en forma de pera), ubicadas en cadenas o agrupaciones, que facilitan su identificación. Este hongo posee un ciclo de vida flexible, capaz de sobrevivir tanto en el suelo como en asociación con una amplia variedad de

plantas hospedadoras, incluyendo especies agrícolas, medicinales y ornamentales (Singh *et al.*, 2003).

P. indica actúa como endófito radicular, colonizando preferentemente las células corticales sin causar daño tisular. Su capacidad de multiplicarse en medios artificiales lo convierte en un microorganismo biotecnológico de gran interés, apto para aplicaciones agrícolas y formulaciones comerciales de biofertilizantes (Saboya, 2018).

Modo de Acción del Hongo *Piriformospora indica* (*P. indica*)

Intercambio de Nutrientes

El hongo extiende una red de filamentos (hifas) por el suelo, captando nutrientes y agua que la raíz por sí sola no alcanzaría. El modo de acción de *Piriformospora indica* se basa en una simbiosis mutualista con la planta hospedera. La colonización radicular inicia con la germinación de las clamidosporas y el crecimiento de hifas que penetran el córtex radicular, estableciendo una red inter e intracelular a través de la cual ocurre el intercambio de nutrientes (Deshmukh *et al.*, 2006).

Durante esta interacción, la planta provee carbohidratos al hongo, mientras que *P. indica* facilita la absorción de fósforo, nitrógeno, micronutrientes y agua, gracias a la expansión del micelio más allá de la zona de exploración de las raíces. Asimismo, estimula la síntesis de hormonas como ácido indolacético y citoquininas, que favorecen el crecimiento vegetal (Singh *et al.*, 2017).

Este hongo también aumenta la tolerancia al estrés hídrico y salino, reduce la incidencia de patógenos radiculares y activa rutas antioxidantes en los tejidos de la raíz, mejorando el estado fisiológico de la planta. En cultivos como cebada, arroz y soya, se ha observado un

incremento significativo en biomasa, longitud y rendimiento como resultado de esta interacción simbiótica (Corbera & Nápoles, 2022).

Beneficios del Uso de Micorrizas *Piriformospora indica* (*P. indica*)

Los hongos micorrízicos arbusculares pueden generar múltiples beneficios agronómicos en los cultivos. Entre los efectos más importantes se encuentra el mayor crecimiento y desarrollo vegetal, resultado de una mejor absorción de agua y nutrientes minerales gracias a la expansión del micelio y a la mayor exploración del suelo (Pérez *et al.*, 2012).

Asimismo, las micorrizas potencian la actividad de otros microorganismos benéficos como *Rhizobium*, *Azospirillum* y *Azotobacter*, lo cual incrementa la fijación de nitrógeno y la disponibilidad de nutrientes en la rizosfera, fortaleciendo la nutrición de la planta (Camarena-Gutiérrez, 2012).

Otra ventaja ampliamente documentada es el aumento de la tolerancia a enfermedades y a condiciones de estrés ambiental, como sequía o salinidad. Las plantas micorrizadas presentan mayor desarrollo radicular y activan mecanismos fisiológicos que mejoran su resistencia frente a patógenos y variaciones climáticas (Carillo *et al.*, 2022).

Además, los hongos micorrízicos producen glomalinas, glicoproteínas del suelo que favorecen la formación de agregados estables, mejoran la estructura edáfica y aumentan la retención de humedad, facilitando la adaptación de los cultivos en suelos salinos o degradados (FAO, 2018).

Ventajas de las Micorrizas en la Agricultura

Beneficios para el Hongo

En la asociación micorrízica el hongo recibe compuestos orgánicos, principalmente azúcares (carbohidratos), producidos durante la fotosíntesis de la planta. Estos nutrientes le

permiten crecer y desarrollarse, completando su ciclo de vida mientras contribuye al suministro de agua y nutrientes minerales a la planta.

Beneficios para las Plantas

Aumenta drásticamente la superficie de absorción, proporcionando nutrientes y agua, y mejorando la estructura del suelo gracias a la producción de glomalinas (un pegamento biológico). Las micorrizas juegan un papel crucial en la mejora de la nutrición de las plantas, especialmente en suelos pobres en nutrientes. Los principales beneficios incluyen:

Aumento de la Absorción de Nutrientes.

Las hifas de los hongos extienden la red de raíces, permitiendo a las plantas acceder a un mayor volumen de suelo, lo que incrementa la disponibilidad de nutrientes como fósforo y nitrógeno (Pérez *et al.*, 2012).

Mejora en la Salud de las Plantas.

Las micorrizas no solo mejoran la absorción de nutrientes, sino que también aumentan la resistencia de las plantas a condiciones adversas, como sequías o enfermedades (Carillo, *et al.*, 2022).

Aplicaciones

Biofertilizante y bioestimulador: Se usan en agricultura, viveros y jardinería para promover plantas más sanas y productivas.

Biorremediación: Ayudan a restaurar suelos degradados y contaminados.

Impacto de las Micorrizas en el Cultivo de Soya

Numerosos estudios han demostrado que la inoculación con micorrizas puede aumentar el crecimiento y el rendimiento del cultivo de soya. Por ejemplo, la aplicación de micorrizas ha

mostrado mejoras en la longitud de la planta, el número de vainas y la producción total de granos (Corbera, *et al.*, 2022).

Efecto en el Crecimiento.

La inoculación con micorrizas puede llevar a un crecimiento más robusto de la soya, resultando en plantas más saludables y productivas (Ojeda, *et al.*, 2020).

Resistencia a Estrés.

Las micorrizas ayudan a las plantas a manejar mejor el estrés hídrico, lo que es especialmente importante en regiones afectadas por sequías o cambios climáticos (Dodd & Pérez *et al.*, 2012).

Agricultura Sostenible y Uso de Micorrizas

La incorporación de micorrizas en la agricultura está alineada con los principios de sostenibilidad, ya que permite reducir la dependencia de insumos químicos y promover prácticas de manejo más amigables con el medio ambiente. Esto es fundamental en el contexto actual, donde la agricultura enfrenta desafíos relacionados con el cambio climático y la degradación de los suelos (Silvia & Salamanca., 1998).

El uso de micorrizas puede contribuir a la restauración de la fertilidad del suelo y a la mejora de los ecosistemas agrícolas, proporcionando un enfoque más holístico para la producción agrícola sostenible en la región.

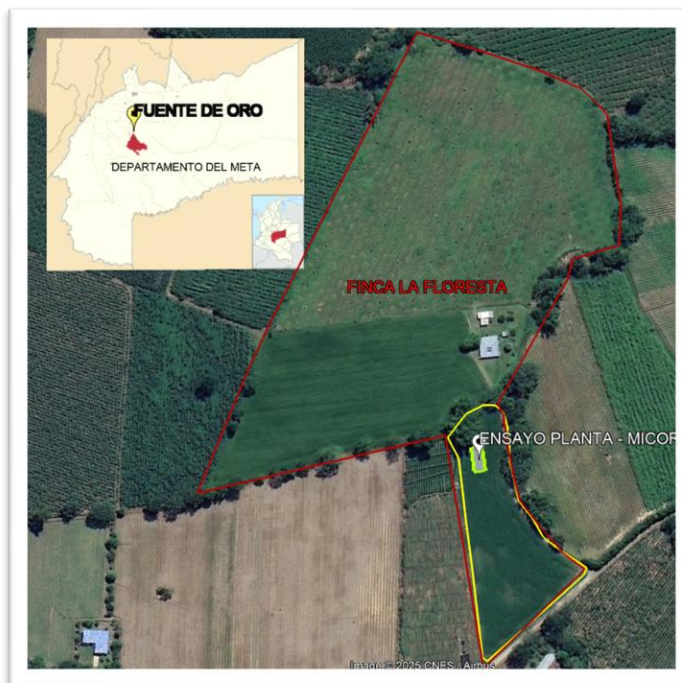
Metodología

Generalidades del Estudio

Ubicación Geográfica del Estudio.

Figura 1

Delimitación del Área Experimental



Nota: Tomado de: Google Earth (2024)

El ensayo se realizó en la finca La Floresta, ubicada en la Vereda El Triunfo, a 9 km del casco urbano del municipio de Fuentedeoro (Meta). El sitio experimental se encuentra a 260 m s. n. m., con temperaturas promedio entre 18 y 24 °C.

Diseño del Experimento.

Se empleó un diseño de bloques completos al azar (BCA), con tres bloques y dos tratamientos: T1 (testigo, sin inoculación) y T2 (inoculación con *Piriformospora indica*). Cada tratamiento contó con tres repeticiones, correspondientes a una unidad experimental por bloque, para un total de seis unidades experimentales.

Los tratamientos fueron:

T1 (Testigo): sin inoculación micorrízica.

T2 (Micorrizas): inoculación con *Piriformospora indica* al momento de la siembra.

Cada unidad experimental tuvo un área de 3 m × 2 m (6 m²); el área total del experimento fue de 36 m². Este diseño permitió comparar el desempeño del cultivo entre tratamientos, controlando parcialmente la variabilidad espacial del lote a través del efecto de bloque.

Figura 2

Esquema del Diseño Experimental BCA

<i>T1 (Testigo)</i>	<i>T2 (Micorrizas)</i>	<i>T2 (Micorrizas)</i>	<i>T1 (Testigo)</i>	<i>T1 (Testigo)</i>	<i>T2 (Micorrizas)</i>
Bloque 1		Bloque 2		Bloque 3	

Nota: T1= Testigo (sin micorrizas); T2= Tratamiento con micorrizas (*Piriformospora indica*).

Fuente: Elaboración propia (2025).

Selección y Descripción del Cultivo.

Se desarrolló el ensayo en el cultivo de soja (*Glycine max L.*) variedad Flor Blanca. Esta variedad se encuentra actualmente en proceso de registro ante el Instituto Colombiano Agropecuario (ICA), por lo cual no dispone de una ficha técnica oficial que detalle sus características agronómicas específicas. De acuerdo con la información suministrada por el ingeniero agrónomo responsable de la semilla, esta variedad presenta un hábito de crecimiento indeterminado, lo que implica que la planta continúa la emisión de nuevos entrenudos y hojas aun después de haber iniciado la fase reproductiva. Esta condición permite que el crecimiento

vegetativo y la formación de estructuras productivas ocurran de manera simultánea, influyendo en la dinámica fisiológica y en la distribución de asimilados durante el ciclo del cultivo.

Adicionalmente, esta variedad se caracteriza por presentar un porte alargado, con tendencia a un crecimiento tipo trepador o semipostrado, asociado a una elongación continua del tallo principal. Desde el punto de vista agronómico, el comportamiento morfológico de la planta puede variar según la densidad de siembra: en poblaciones altas, la soya tiende a expresar menor ramificación lateral debido a la competencia por luz y espacio; mientras que en poblaciones bajas puede desarrollar un mayor número de ramas. Cabe destacar que dichas ramas también mantienen un crecimiento indeterminado, prolongando su desarrollo vegetativo durante el periodo reproductivo.

En términos generales, la soya se caracteriza por poseer un sistema radicular bien desarrollado, con abundantes raíces secundarias y terciarias que incrementan la exploración del suelo. Esta arquitectura radicular favorece el establecimiento de interacciones con microorganismos benéficos, particularmente hongos micorrízicos, al ofrecer mayor superficie para la colonización. Asimismo, la especie es ampliamente reconocida por su capacidad para establecer relaciones simbióticas en el suelo, lo que puede contribuir a procesos fisiológicos asociados a la absorción de nutrientes y al desempeño general de la planta.

Dinámica Poblacional.

La población correspondió a la totalidad de plantas establecidas en cada unidad experimental. Para el seguimiento de variables de crecimiento, se seleccionaron y marcaron 10 plantas representativas por unidad experimental (muestra), para un total de 60 plantas evaluadas en todo el experimento.

Metodología del Estudio

La siembra se realizó el 15 de septiembre mediante voleo, ajustando la densidad para lograr una distribución homogénea en cada unidad experimental. En el tratamiento T2 se aplicaron 10 g de inoculante de *Piriformospora indica* por unidad experimental al momento de la siembra, distribuyéndolo de forma uniforme en la zona radicular. Las unidades experimentales del tratamiento testigo no recibieron inoculación.


Durante el ciclo del cultivo se implementó un manejo agronómico uniforme para ambos tratamientos, incluyendo labores tradicionales del sistema productivo de la zona (control de arvenses, plagas, enfermedades y fertilización).

Manejo del Cultivo de Soya Variedad Flor Blanca.

Suelo. De acuerdo con el análisis de suelo realizado en 2023 se determinan las características fisicoquímicas del suelo en la finca La Floresta. El suelo tiene un pH de 5,8, lo que indica acidez moderada. Además, muestra un bajo contenido de materia orgánica muy bajo (0,50%), y una capacidad de intercambio catiónico (CIC) de 7,5 cmol (+) /kg, lo que refleja una fertilidad natural limitada. En cuanto a la disponibilidad de nutrientes, se evidencian niveles bajos de fósforo y nitrógeno, mientras que los contenidos de calcio, magnesio y potasio se encuentran en rangos adecuados. Tal como se evidencia en la *imagen 1*. A pesar de estas condiciones, el suelo es apto para el establecimiento del cultivo de soya, teniendo en cuenta que se deben realizar prácticas adecuadas para el manejo y fertilización del cultivo.

Figura 3

Análisis de Suelo Finca La Floresta

Laboratorio de suelos		LABORATORIO DE SUELOS TERRALLANOS										
		RESULTADOS DE ANALISIS QUIMICOS DE SUELOS										
NIT. 17350824-5 Teléfono: 316 4727041 Kilómetro 2 vía Aeropuerto - Vereda La Aurora Villavicencio, Meta												
SOLICITANTE: OMAR GARCIA											FECHA RECIBO	
PROPIETARIO: OMAR GARCIA					FINCA: LA FLORESTA			26 8 23				
VEREDA: EL TRIUNFO				MUNICIPIO: FUENTE DE ORO			DEPTO: META					FECHA ENTREGA
No. LABORATORIO: 595				No MUESTRA:				30 8 23				
Textura	pH	C	M. O.	C/N	N.T.	P	Al	RELACION DE CATIONES				
	1:1	%	%	%	%	ppm	meq/100g	Ca/Mg	Ca/K	Mg/K	(Ca+Mg)/K	
Fa/L	5,8	0,29	0,50	9,67	0,03	75,20	0,20	2,00	14,12	7,06	21,18	
	Med. ácido				0,10 - 0,20	40,00	0,10 - 1,00	3,00 - 6,00	15,00 - 30,00	10,00 - 15,00	20,00 - 40,00	
					B	A	N	B	B	B	N	
PARAMETROS	COMPLEJO DE CAMBIO meq / 100 g						% DE SATURACIONES					
	CIC	BT	Ca	Mg	K	Na	SCa	SMg	SK	SNa	STAI	STB
Resultado Análisis	7,5	3,81	2,40	1,20	0,17	0,04	32,00	16,00	2,27	0,53	4,99	50,80
Rango Adecaudo			3,00 - 10,00	1,50 - 3,90	0,20 - 0,40	0,10 - 1,90	50,00 - 60,00	10,00 - 20,00	2,00 - 3,00	5,00 - 15,00	25,50	35,00 - 50,00
Calificación			B	B	B	B	B	N	N	B	B	A
PARAMETROS	ELEMENTOS MENORES - Partes por Millón (ppm)											
	Cu	Fe	Mn	Zn	B	S						
Resultado Análisis	3,90	287,50	56,25	2,30	0,13	0,51						
Rango Adecaudo	1,00 - 3,00	20,00-100,00	10,00 - 20,00	2,00 - 4,00	0,30 - 0,60	10,00 - 20,00						
Calificación	A	A	A	N	B	B						

Nota: En la imagen se aprecia el análisis de suelo realizado en la finca la floresta, donde se realiza el ensayo de interacción micorrizas – planta.

Interpretación agronómica del análisis de suelo. El suelo presenta una acidez moderada (pH 5,8), condición compatible con el cultivo de soya, aunque puede restringir la disponibilidad de algunos nutrientes esenciales, especialmente el fósforo. El bajo contenido de materia orgánica y la limitada capacidad de intercambio catiónico reflejan una reducida fertilidad natural y una escasa capacidad de retención de nutrientes, lo que hace necesario un manejo nutricional ajustado a estas condiciones.

Desde la perspectiva agronómica, estas características pueden afectar el crecimiento inicial, la nodulación y la productividad del cultivo si no se corrigen mediante prácticas adecuadas. Por esta razón, el manejo nutricional se orienta al uso de fertilización foliar con el

propósito de mejorar la eficiencia en la absorción de nutrientes y estimular el desarrollo radicular.

A partir de los resultados obtenidos, se considera que la implementación futura de prácticas como la incorporación de materia orgánica y el uso de bioinsumos podría contribuir al mejoramiento de la fertilidad del suelo y a la sostenibilidad del sistema productivo, aunque dichas prácticas no se aplican en el presente estudio.

Siembra. Para el establecimiento del ensayo se utiliza semilla de soya (*Glycine max L.*) variedad Flor Blanca, procedente de un lote local en proceso de validación agronómica, la cual actualmente no cuenta con registro ICA. Su selección se basa en la adaptación observada en la región del Ariari y en su disponibilidad para investigación en suelos de baja fertilidad.

La siembra se realiza por voleo el 15 de septiembre, ajustando la densidad para lograr una distribución homogénea de plantas en cada unidad experimental. En cada bloque se establece un tratamiento con micorrizas al azar, para un total de tres unidades experimentales micorrizadas.

En estos tratamientos, se aplica un total de 10 g de inoculante *Piriformospora indica*, distribuido de manera uniforme entre las tres unidades experimentales al momento de la siembra, directamente en la zona radicular. Los tratamientos testigo no reciben aplicación de micorrizas. Durante el ciclo del cultivo se implementan las prácticas agronómicas básicas de la zona, manteniendo un manejo tradicional y uniforme para ambos tratamientos.

Manejo Agronómico: Control de Plagas, Enfermedades y Fertilización.

El control de plagas y enfermedades se realiza en tres aplicaciones, según la incidencia en campo, integrando en cada intervención la fertilización, conforme se presenta en la *imagen 2*.

Figura 4

Manejo de Plagas, Enfermedades, Arvenses y Aplicación de Fertilizantes

# Aplicación	Fecha de aplicación	Control	Ingredientes activos	Nombre comercial	Tipo	Dosis (ml)
1	3/10/2024	Arvenses	Inex	Inex	Pegante	0,24
			Glifosato	Round Up brio	Herbicida	2,64
			Profenofos 50% + Lufenuron 50%	Big Bang	Insecticida	0,36
2	17/10/2024	Coadyudante	Fasten	Fasten	Coadyudante	0,36
		<i>Colletotrichum spp. / Septoria glycines</i>	Prothioconazole	Motum	Fungicida	0,36
		<i>Spodoptera frugiperda</i>	Methomyl	Lannate	Insecticida	1,2
		Fertilización	Algas marinas Ecklonia maxima + Ascophyllum nodosum + giberilinas	Raizus	Fertilizante	0,84
3	3/11/2024	Coadyudante	Aceites minerales	Cosmo Flux	Coadyudante	0,36
		<i>Colletotrichum spp. / Septoria glycines</i>	Carbendazin	Carbendazin	Fungicida	0,84
		<i>spodoptera frugiperda / Aphis glycines /Euschistus heros</i>	Tiametoxam + Clorantropilprole	Voliam Flexy	Insecticida	0,18
		Fertilización	0,10% Nitrógeno total (N) 0,05% Ácido fosfórico disponible (P2O5) 4,00% Potasio soluble (K2O)	Stimplex	Fertilizante	0,6
4	22/11/2024	Coadyudante	Fasten	Fasten	Coadyudante	0,36
		<i>Colletotrichum spp. / Septoria glycines</i>	Prothioconazole	Motum	Fungicida	0,24
		<i>Elasmopalpus lignosellus</i>	Clothianidin	Feris	Insecticida	0,18
		<i>Spodoptera frugiperda / Rachiplusia nu</i>	Emamectina Benzoato	Berraco	Insecticida	0,18
Fertilización	Potasio soluble en agua (K2O)	Tricho K	Fertilizante	1,2		

Nota: en la figura 2 se especifica el tratamiento del cultivo en cuanto al control de plagas y enfermedades, fertilización y control de arvenses que se realiza durante su ciclo vegetativo.

Variables Evaluadas.

Durante el ciclo de cultivo se midieron las siguientes variables agronómicas:

Componente Desarrollo vegetativo y productivo del cultivo

Se realizaron seis evaluaciones a los 10, 20, 30, 40, 50 y 60 días después de la siembra (DDS) en las plantas marcadas de cada unidad experimental.

- Longitud de planta (cm): medida cada 10 días (10–60 DDS).
- Número de hojas por planta (NH): registrado cada 10 días (10–60 DDS).
- Número de vainas por planta (NV): cuantificado a los 60 DDS (o en cosecha, según el procedimiento aplicado).

- Número total de granos por parcela (NTGPPar): determinado al final del ciclo, con base en el total de granos estimado por unidad experimental.

Componente Productivo y Estimación de Rendimiento.

Para estimar componentes productivos, se contabilizó el número de vainas por planta en las plantas seleccionadas y se obtuvo el promedio por unidad experimental. Con el fin de aproximar el número de vainas efectivamente productivas, se consideró una pérdida potencial del 20% asociada a vainas vanas o afectadas, por lo cual se utilizó:

$$\text{Vainas productivas} = 0,8 \times \text{Total de vainas}$$

El número de granos por planta se estimó a partir de la proporción de vainas con tres granos (78%) y con dos granos (22%), determinada mediante evaluación de campo, y se calculó como:

$$\text{Granos por planta} = (\text{vainas} \times 0,78 \times 3) + (\text{vainas} \times 0,22 \times 2)$$

Posteriormente, el número total de granos por unidad experimental se obtuvo multiplicando los granos por planta por el número total de plantas por unidad experimental (NTP). Finalmente, el rendimiento estimado (kg/ha) se calculó de manera descriptiva a partir del peso de 100 granos, expresando la producción por unidad experimental y extrapolando a hectárea.

Nota técnica: estas estimaciones se reportan como tendencia descriptiva y no como inferencia estadística directa.

Análisis Estadístico.

Los datos de longitud de planta, número de hojas, número de vainas por planta y número total de granos por parcela se analizaron mediante análisis de varianza (ANOVA) bajo un diseño de bloques completos al azar, utilizando el procedimiento GLM de SAS, con un nivel de

significancia de $\alpha = 0,05$. Las variables derivadas de estimaciones agronómicas como el rendimiento kg/ha se presentaron de manera descriptiva.

Resultados

Variable: Longitud de la Planta

La longitud de la planta se evaluó cada diez días (10, 20, 30, 40, 50 y 60 días después de la siembra) con el fin de analizar el efecto de la inoculación con micorrizas sobre el crecimiento vegetativo del cultivo. Los datos fueron analizados mediante análisis de varianza (ANOVA) bajo un diseño de bloques completos al azar, utilizando el procedimiento GLM del software SAS.

Tabla 1

Longitud Promedio (cm) de Plantas de Soya Con y Sin Micorrizas en cada Fecha de Evaluación.

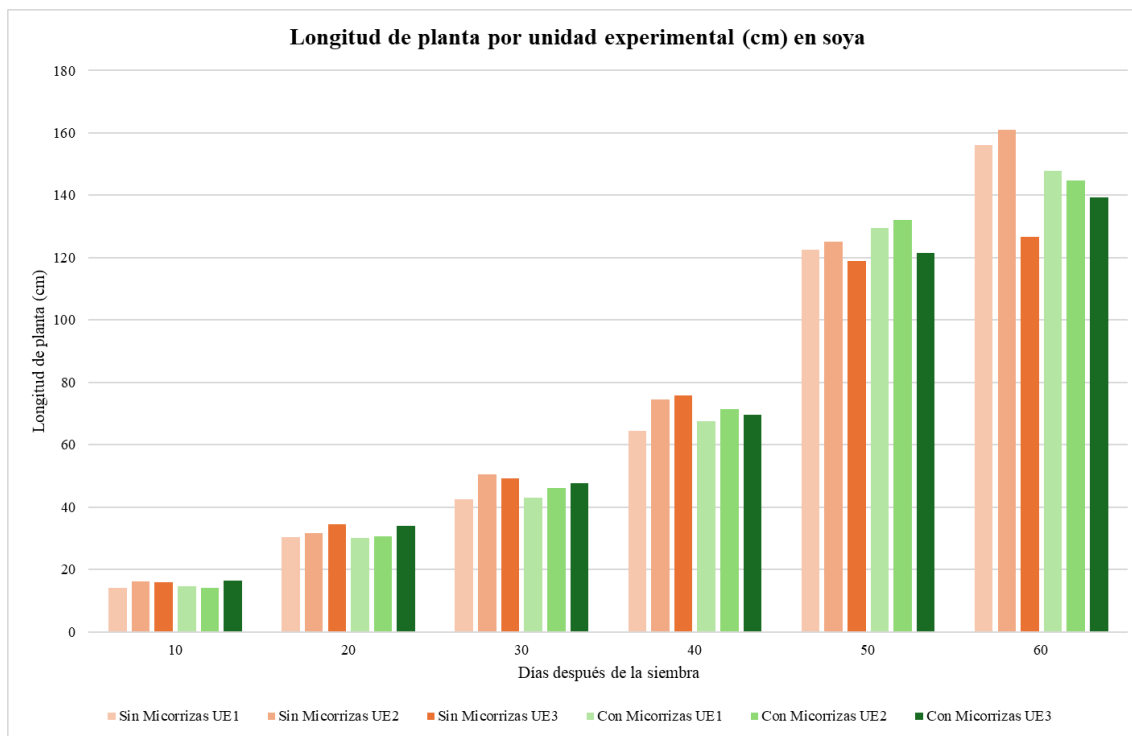
Longitud de la planta		
Días de tomas de datos	T- Sin Micorrizas	T- Con Micorrizas
10	15,4	15
20	32,2	31,6
30	47,4	45,6
40	71,6	69,5
50	122,2	127,7
60	147,9	144

Al comparar los promedios por tratamiento, se observaron variaciones leves en la longitud según la fecha de evaluación. Durante los primeros días (10–40), el tratamiento sin micorrizas presentó valores ligeramente superiores. A los 50 días después de la siembra se registró una mayor longitud promedio en el tratamiento con micorrizas, mientras que en la evaluación final (60 días) el tratamiento sin inoculación mostró nuevamente un valor ligeramente mayor.

Sin embargo, el análisis de varianza indicó que estas diferencias no fueron estadísticamente significativas ($p > 0,05$), lo que sugiere que la inoculación con *Piriformospora indica* no produjo un efecto comprobable sobre la longitud de la planta bajo las condiciones del ensayo.

Figura 5

Longitud de Planta (cm) por Unidad Experimental en Soya Con y Sin Micorrizas



El gráfico muestra el comportamiento de la longitud por unidad experimental dentro de cada bloque. En ambos tratamientos se evidenció un incremento progresivo del crecimiento a lo largo del ciclo del cultivo, con variabilidad entre unidades experimentales. Aunque algunas unidades inoculadas presentaron valores ligeramente superiores en etapas avanzadas, el patrón general fue similar entre tratamientos, en concordancia con el resultado estadístico no significativo. La variedad evaluada presenta hábito de crecimiento indeterminado y porte semiprostrado, lo que favorece la elongación continua del tallo principal y de las ramas. Durante el ensayo se registró acame por efecto del viento, condición que puede inducir respuestas gravitropicas y redistribución hormonal que incrementan la elongación del tallo. Este factor pudo influir en las variaciones observadas entre unidades experimentales, independientemente del tratamiento aplicado.

Variable: Número de Hojas por Planta (NH)

El número de hojas por planta se registró como indicador del desarrollo foliar del cultivo durante el periodo de evaluación. Esta variable presentó un incremento progresivo conforme avanzaron los días después de la siembra, reflejando el crecimiento normal del cultivo en ambos tratamientos.

Tabla 2

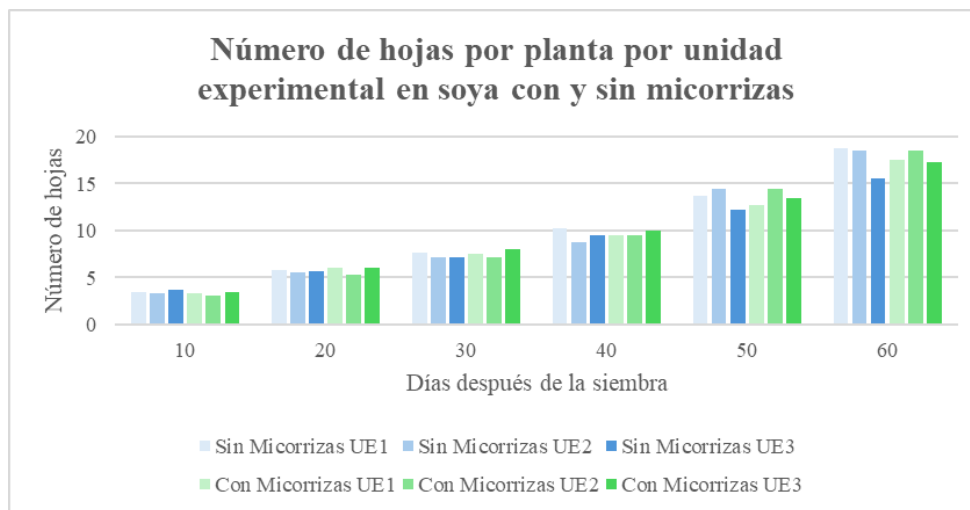
Evolución del Número de Hojas de la Soya Con y Sin Micorrizas.

Número de hojas por planta		
Días de tomas de datos	T- Sin Micorrizas	T- Con Micorrizas
10	3,5	3,3
20	5,7	5,8
30	7,3	7,6
40	9,5	9,7
50	13,5	13,6
60	17,6	17,8

Los promedios mostraron un incremento progresivo en ambos tratamientos a lo largo del periodo de evaluación. Las diferencias entre plantas inoculadas y no inoculadas fueron leves y variables según la fecha, sin evidenciar una tendencia consistente a favor de alguno de los tratamientos. El análisis estadístico indicó que estas variaciones no fueron estadísticamente significativas ($p > 0,05$), lo que sugiere que la inoculación con *Piriformospora indica* no produjo un efecto comprobable sobre la emisión de hojas bajo las condiciones del ensayo.

Figura 6

Evolución del Número de Hojas de la Soya Con y Sin Micorrizas



El gráfico presenta el comportamiento del número de hojas en cada unidad experimental dentro de los bloques. Se observa un aumento gradual del número de hojas en todas las unidades, con variabilidad interna propia del diseño experimental. Aunque en algunas fechas las unidades inoculadas registraron valores ligeramente superiores, el patrón general fue comparable entre tratamientos, en concordancia con el resultado del ANOVA.

Variable: Productividad

Número de Vainas por Plantas

El número de vainas por planta se evaluó a los 60 días después de la siembra como un componente directamente relacionado con el rendimiento del cultivo. De manera descriptiva, el tratamiento inoculado con micorrizas presentó un promedio mayor de vainas por planta en comparación con el tratamiento sin inoculación (tabla 3), lo que sugiere una posible tendencia favorable asociada al uso de *Piriformospora indica*.

Tabla 3

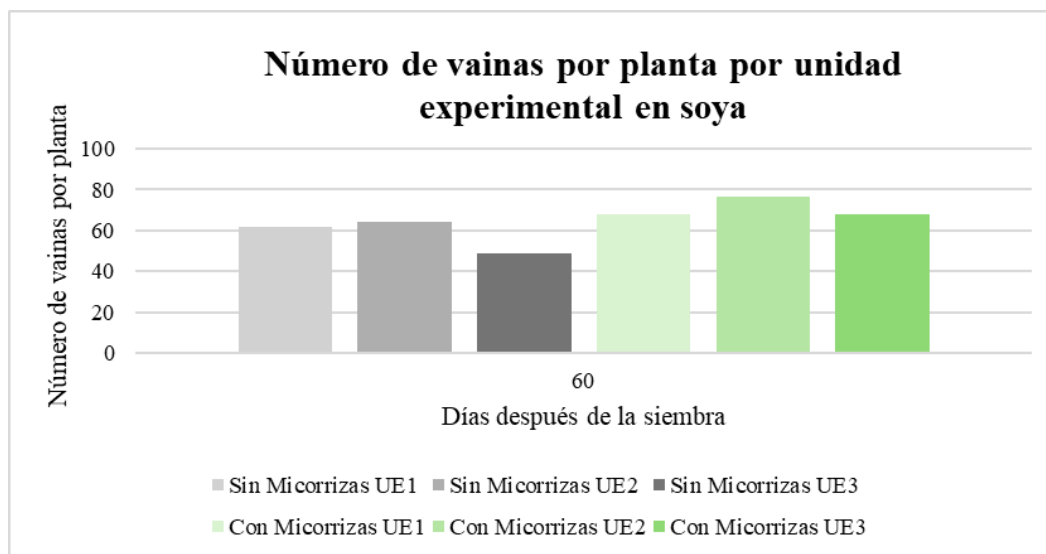
Número de Vainas Promedio por Planta en Soya Con y Sin Micorrizas

Número de vainas por planta	
Tratamiento	Promedio de vainas
Sin Micorrizas	58,3
Con Micorrizas	70,9

El análisis de varianza realizado mediante el procedimiento GLM en SAS indicó que las diferencias observadas entre tratamientos no fueron estadísticamente significativas ($p = 0,1148$). Por lo tanto, bajo las condiciones del ensayo, no se evidenció un efecto estadísticamente comprobable de la inoculación micorrízica sobre el número de vainas por planta.

Figura 7

Número de Vainas por Planta por Unidad Experimental en Soya



El gráfico muestra la variabilidad del número de vainas entre las unidades experimentales evaluadas para cada tratamiento. En general, las unidades inoculadas tendieron a presentar valores superiores en comparación con aquellas sin inoculación, evidenciando una tendencia descriptiva favorable al tratamiento micorrízico. Sin embargo, el análisis de varianza realizado

mediante el procedimiento GLM en SAS indicó que estas diferencias no fueron estadísticamente significativas ($p = 0,1148$).

Producción Soya: Rendimiento (kg/ha)

La producción del cultivo se evaluó mediante componentes reproductivos asociados al rendimiento, considerando el número total de granos obtenidos por unidad experimental y su estimación en kilogramos por hectárea. Para ello, se cuantificaron las vainas productivas por planta y se estimó el total de granos por parcela a partir de la proporción general de vainas con dos y tres granos, complementando el cálculo con el peso real de 100 granos determinado para cada tratamiento.

En este sentido, la producción se interpretó desde dos enfoques:

1. El comportamiento estadístico del número total de granos por unidad experimental (variable analizada mediante ANOVA en SAS), y
2. La estimación agronómica del rendimiento expresado en kg/ha, calculada a partir del peso del grano.

Componentes Productivos por Unidad Experimental (UE).

En la Tabla 4 se presentan los principales componentes productivos registrados en cada unidad experimental. De manera general, las unidades inoculadas con micorrizas mostraron valores superiores tanto en el número total de vainas como en el número total de granos por unidad experimental, evidenciando una tendencia favorable del tratamiento micorrízico sobre la producción final.

Tabla 4

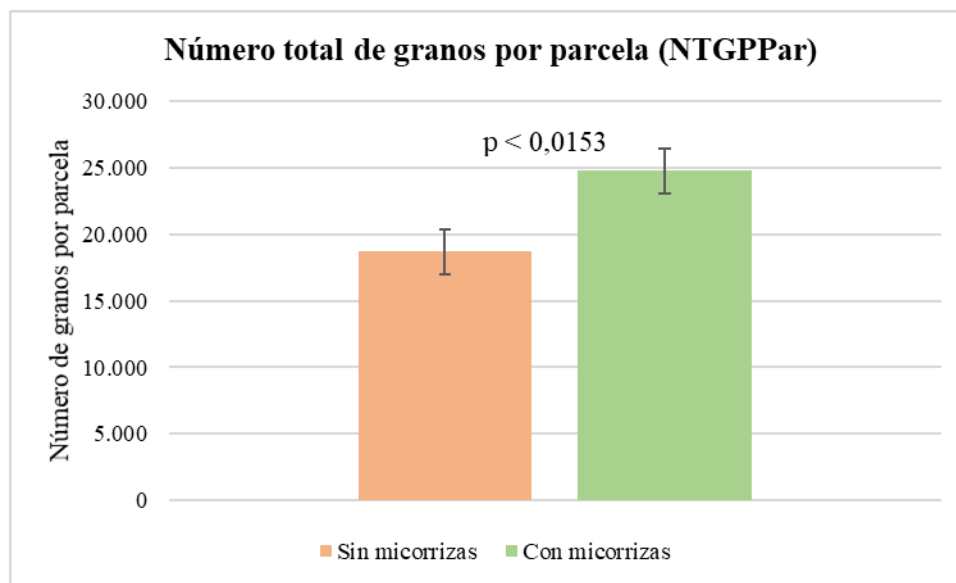
Componentes Productivos Estimados por Unidad Experimental en Soya.

Produccion estimada por unidad experimental				
Tratamiento	# plantas/UE	# vainas/planta	Total vainas/UE	Total granos/UE
Sin micorrizas	152	61,9	7.527,04	20.925,17
Sin micorrizas	138	64,3	7.098,72	19.734,44
Sin micorrizas	142	48,7	5.532,32	15.379,85
Con Micorrizas	169	68,1	9.207,12	25.595,79
Con Micorrizas	154	76,8	9.461,76	26.303,69
Con Micorrizas	148	67,9	8.039,36	22.349,42

Al comparar ambos tratamientos, se observa que el total de granos por unidad experimental fue consistentemente mayor en las parcelas inoculadas con *Piriformospora indica*, lo cual sugiere un efecto positivo sobre la acumulación de estructuras reproductivas y el llenado final del cultivo.

Figura 8

Número Total de Granos por Parcela (NTGPPar) en Soya Con y Sin Micorrizas



Nota: Las barras representan el promedio \pm EE. Se observaron diferencias significativas entre tratamientos ($p = 0,0153$).

El número total de granos por parcela (NTGPPar) fue significativamente mayor en el tratamiento inoculado con *Piriformospora indica* en comparación con el tratamiento sin micorrizas ($p = 0,0153$), lo que evidencia un efecto positivo de la inoculación sobre la producción acumulada de granos por unidad experimental.

Rendimiento estimado extrapolado a hectárea.

A partir del total de granos obtenido por unidad experimental y del peso real de 100 granos medido para cada tratamiento, se calculó el rendimiento estimado expresado en kilogramos por hectárea. Los resultados se presentan en la Tabla 5.

Tabla 5

Comparación de Vainas Productivas Estimadas por Repetición en Soya.

Tratamiento	Producción estimada por unidad experimental		Rendimiento estimado (Kg/Ha)
	Peso de 100 granos (gr)	Peso total/UE	
Sin micorrizas	15	3.138,78	5.231,29
Sin micorrizas	15	2.960,17	4.933,61
Sin micorrizas	15	2.306,98	3.844,96
Con Micorrizas	17	4.351,28	7.252,14
Con Micorrizas	17	4.471,63	7.452,71
Con Micorrizas	17	3.799,40	6.332,34

De manera descriptiva, el tratamiento inoculado presentó un rendimiento promedio estimado de 7.012,40 kg/ha, mientras que el tratamiento sin micorrizas registró 4.669,95 kg/ha, reflejando una tendencia productiva superior en presencia de *P. indica*.

Cabe resaltar que el rendimiento expresado en kg/ha corresponde a una estimación agronómica derivada del peso del grano, ya que esta variable no fue incluida directamente como respuesta en el ANOVA. No obstante, el incremento significativo detectado en el número total de granos por parcela respalda el comportamiento productivo observado en el tratamiento micorrízico.

Interpretación agronómica del efecto micorrízico.

El aumento en la producción total de granos por unidad experimental puede estar asociado a la función de las micorrizas como bioestimulantes, favoreciendo una mayor eficiencia en la absorción de nutrientes, especialmente fósforo, así como un mejor desempeño fisiológico durante el llenado reproductivo. En este contexto, la inoculación con *Piriformospora indica* mostró potencial para mejorar la productividad del cultivo de soya bajo condiciones edáficas limitantes.

Discusión

Los resultados obtenidos en las variables de crecimiento vegetativo, como longitud de planta y número de hojas, indicaron que la inoculación con *Piriformospora indica* no generó diferencias estadísticamente significativas bajo las condiciones del ensayo ($p > 0,05$). Aunque se observaron variaciones puntuales entre unidades experimentales, estas no mostraron un patrón consistente que permitiera atribuir un efecto directo del tratamiento sobre el desarrollo vegetativo.

La ausencia de respuesta significativa en estas variables puede relacionarse con factores edáficos y ambientales del sitio experimental. Cuando la disponibilidad de nutrientes en el suelo es moderada o suficiente, la contribución adicional de la simbiosis micorrízica puede no manifestarse de forma evidente en variables morfológicas tempranas. Asimismo, el hábito de crecimiento indeterminado de la variedad evaluada implica una dinámica continua entre desarrollo vegetativo y reproductivo, lo que puede atenuar diferencias estructurales entre tratamientos.

En cuanto a los componentes reproductivos individuales, el número de vainas por planta y el número de granos por planta no presentaron diferencias estadísticas significativas entre tratamientos ($p = 0,1148$). Esto sugiere que la inoculación no modificó de manera directa la producción por planta en términos unitarios.

Sin embargo, el análisis de varianza evidenció un comportamiento distinto al evaluar el número total de granos por parcela (NTGPPar), variable que integra el efecto acumulado del tratamiento a nivel de unidad experimental. En este caso, se detectaron diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos ($p = 0,0153$), indicando que la inoculación micorrízica incrementó la producción total de granos bajo las condiciones del ensayo.

Este resultado es agronómicamente relevante, ya que el rendimiento final del cultivo depende del total de estructuras reproductivas logradas por unidad de área y no únicamente del desempeño individual por planta. Es posible que la micorriza haya favorecido procesos fisiológicos asociados a la absorción de nutrientes, particularmente fósforo, así como una mayor eficiencia en el llenado de grano durante la fase reproductiva, efectos que se reflejan con mayor claridad cuando se analiza la producción acumulada.

Respecto a la estimación del rendimiento expresado en kg/ha, los valores calculados mostraron una tendencia superior en el tratamiento con micorrizas. Aunque esta variable no fue incluida directamente en el análisis inferencial, el incremento significativo en el número total de granos por parcela respalda la coherencia de dicha estimación y sugiere un efecto productivo positivo asociado a la inoculación.

Con base en los resultados obtenidos, los hallazgos indican que, bajo las condiciones específicas del experimento, la inoculación con *Piriformospora indica* no modificó significativamente las variables vegetativas ni los componentes reproductivos individuales por planta; no obstante, sí generó un aumento significativo en la producción total de granos por unidad experimental, evidenciando su potencial como bioinsumo para mejorar la productividad del cultivo de soya.

Conclusiones

La inoculación con *Piriformospora indica* en el cultivo de soya variedad Flor Blanca no generó diferencias estadísticamente significativas en las variables de crecimiento vegetativo evaluadas (longitud de planta y número de hojas) bajo las condiciones del ensayo.

El número de vainas por planta presentó valores promedio superiores en el tratamiento inoculado; sin embargo, el análisis estadístico indicó que esta diferencia no fue significativa ($p = 0,1148$).

En la variable productividad, el número total de granos por parcela mostró un incremento en el tratamiento con micorrizas, evidenciando un efecto favorable sobre este componente del rendimiento.

La estimación del rendimiento indicó una tendencia descriptiva superior en el tratamiento inoculado en términos de producción por unidad experimental; no obstante, estos resultados deben interpretarse con cautela debido a que parte del rendimiento se basó en cálculos agronómicos complementarios.

En general, la respuesta del cultivo a la inoculación micorrízica pudo estar influenciada por factores ambientales, edáficos y por el número limitado de repeticiones, lo cual pudo reducir la capacidad de detectar diferencias estadísticas.

Aunque no se evidenciaron efectos significativos en todas las variables, las tendencias observadas sugieren el potencial del uso de bioinsumos micorrízicos, por lo que se recomienda continuar con evaluaciones en diferentes condiciones de suelo y con mayor tamaño experimental.

Recomendaciones

Ampliar el alcance experimental

Se recomienda desarrollar nuevas evaluaciones del uso de micorrizas en el cultivo de soya bajo diferentes condiciones edafoclimáticas, épocas de siembra y niveles de fertilidad. Esto permitirá determinar con mayor precisión la estabilidad del efecto micorrízico en escenarios productivos contrastantes y validar su comportamiento en condiciones de campo a mayor escala.

Integración con bioinsumos complementarios

Se sugiere evaluar la inoculación con *Piriformospora indica* en combinación con otros microorganismos benéficos, como *Rhizobium*, *Azotobacter* o *Azospirillum*, así como con estrategias de manejo nutricional sostenible. El análisis de posibles interacciones sinérgicas podría contribuir a optimizar la eficiencia en la absorción de nutrientes y el desempeño productivo del cultivo.

Evaluaciones de largo plazo en el suelo

Se propone implementar estudios de seguimiento que permitan analizar el efecto acumulativo de la inoculación micorrízica sobre la calidad del suelo, incluyendo variables como contenido de materia orgánica, disponibilidad de fósforo, estabilidad estructural y actividad microbiana. Este enfoque permitirá valorar su contribución potencial a la sostenibilidad edáfica del sistema productivo.

Incorporar variables fisiológicas y radiculares

Se recomienda incluir en futuros estudios mediciones relacionadas con biomasa radical, arquitectura y longitud de raíces, tasa fotosintética y eficiencia en el uso del agua. Estas variables permitirían comprender con mayor profundidad los mecanismos fisiológicos asociados a la respuesta del cultivo frente a la inoculación micorrízica.

Evaluación económica y validación comercial

Finalmente, se sugiere realizar ensayos en parcelas comerciales e incorporar análisis costo–beneficio que permitan determinar la viabilidad económica de la tecnología, especialmente en sistemas donde se busque reducir la dependencia de fertilizantes químicos y fortalecer enfoques de producción sostenible.

Referencias Bibliográficas

- Arnulfo Gómez-Carabalí, Idupulapati M. Rao, and J. Tupac Otero. Influencia de la fertilización, la época y la especie forrajera en la presencia de micorriza arbuscular en un adisol degradado de Colombia.
https://revistas.unal.edu.co/index.php/acta_agronomica/article/view/21161/22134
- Bonilla Bermúdez, R. A., Rodríguez Parra, L. A., & Peña Varón, C. A. (2020). Descomposición de la materia orgánica en sistemas agrícolas tropicales. *Revista Suelos y Nutrición Vegetal*, 20(2), 45–58. <https://revistas.udea.edu.co/index.php/Suelos/article/view/342987>
- Camarena-Gutiérrez, G. (2012). Interacción planta-hongos micorrízicos arbusculares. *Revista Chapingo, serie ciencias forestales y del ambiente*, 18(3), 1-12.
<https://doi.org/10.5154/r.rchscfa.2011.11.093>
- Carrillo-Saucedo, S. M., Puente-Rivera, J., Montes-Recinas, S., & Cruz-Ortega, R. (2022). Las micorrizas como una herramienta para la restauración ecológica. *Acta Botánica Mexicana*, 129, 1-12. <https://doi.org/10.21829/abm129.2022.1932>
- Corbera-Gorotiza, J., & Nápoles-García, M. C. (2022). Estudio de cepas de *Bradyrhizobium* y la aplicación de micorriza en soya (*Glycine max* (L.) Merrill). *Cultivos Tropicales*, 43(3), 1-8. <https://www.redalyc.org/journal/1932/193275342003/193275342003.pdf>
- De Lucas *et al.* (2012). Dinámica de la materia orgánica. *Revista Ecosistemas*.
<https://www.revistaecosistemas.net/index.php/ecosistemas/article/view/646>
- Dodd, J. C., & Perez-Alfocea, F. (2012). Microbial enhancement of plant drought tolerance. *Plant and Soil*, 355(1), 57-75. <https://doi.org/10.1007/s11104-011-0995-1>
- FAO – Soil Biodiversity (2020). Biodiversidad del suelo, funciones, microorganismos y servicios ecosistémicos. <https://www.fao.org/soils-portal/soil-biodiversity/es/>

- FAO – Estado de los recursos de suelos del mundo (2015). Procesos biológicos del suelo, degradación y manejo sostenible. <https://www.fao.org/3/i5199s/i5199s.pdf>
- IUCN (2018). Biodiversidad del suelo y carbono orgánico. Funciones de la biota del suelo, descomposición, carbono y sostenibilidad. <https://portals.iucn.org/library/sites/library/files/documents/2018-004-Es.pdf>
- Ingham, E. (Soil Food Web). Ciclo microbiano del nitrógeno: depredación bacteriana, NH₄⁺ y biota del suelo. <https://www.soilfoodweb.com/soil-biology/>
- Jaramillo, D. (2002). El suelo y su relación con los ecosistemas terrestres. (Microorganismos, rizosfera, dinámica biológica). <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/1065>
- Martínez, F. (2008). Agroecología – Materia orgánica y labranza. <https://revistas.ucm.es/index.php/AGRO/article/view/AGRO0808110035A>
- Ojeda Quintana, L. J., Arteaga Rodríguez, O., Escobar Escobar, L. A., & López Milián, A. (2020). Efecto de la inoculación con hongos micorrízicos arbusculares (HMA) y humus de lombriz en el establecimiento de *Cenchrus purpureus* (Schumach.) Morrone cv. Cuba CT-115. *Idesia*, 38(2), 1-12. <https://doi.org/10.4067/S0718-34292020000200005>
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). (1995). Poscosecha y almacenamiento de granos: Pérdidas y calidad del grano. FAO. <https://www.fao.org/4/T0522E/T0522E04.htm>
- Pérez Naranjo, J. C., Osorio Vega, N. W., & Álvarez López, C. L. (2012). Crecimiento, absorción de fósforo y morfología de la raíz en espárragos inoculados con hongos micorrízicos y pseudomonas fluorescentes1. Universidad Nacional de Colombia. <https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/36494/24190-84692-1-PB.pdf?sequence=1>

- Silva Herrera, M. R., & Salamanca Solis, C. R. (1998). Las micorrizas como alternativa para el manejo sostenible de los agroecosistemas tropicales. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria - AGROSAVIA.
<https://repository.agrosavia.co/handle/20.500.12324/15957>
- Smith, J. A., & Johnson, L. B. (2020). Micorrizas: Asociaciones simbióticas entre hongos y raíces de plantas¹. Editorial de Ciencias Naturales.
<https://www.naturalsciences.com/micorrizas>
- Smith, S. E., & Read, D. J. (2008). Mycorrhizal Symbiosis (3rd ed.). Academic Press.
<https://doi.org/10.1016/B978-012370526-6.00001-4>
- |Soil Biology Primer – USDA NRCS. Protozoos, nematodos, bacterias y su rol en el nitrógeno.
https://www.nrcs.usda.gov/sites/default/files/2022-10/Soil_Biology_Primer.pdf
- Wu, Y., Chen, C. y Wang, G. La inoculación con hongos micorrízicos arbusculares mejora la biomasa vegetal y los nutrientes de nitrógeno y fósforo: un metaanálisis. BMC Plant Biol 24, 960 (2024). <https://doi.org/10.1186/s12870-024-05638-9>
- Wen Z, Yang M, Han H, Fazal A, Liao Y, Ren R, Yin T, Qi J, Sun S, Lu G, Hu S, Yang Y. Las micorrizas mejoran el crecimiento de las plantas de soja y la tolerancia al estrés del aluminio al dar forma al ensamblaje del microbioma en un suelo ácido. Microbiol Spectr. 14 de marzo de 2023; 11(2): e 0331022. doi: 10.1128/spectrum.03310-22.Epub antes de la impresión. PMID: 36916950; PMCID: PMC10100836.
https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC10100836/?utm_source

Apéndices

Apéndice A

Caracterización suelos del municipio de Fuentedeoro

Asociación Puerto Limón (PLa)	<p>Estos suelos poco evolucionados se ubican en terrenos planos o ligeramente inclinados (pendientes de 0 a 3%) y reciben constantes aportes de materiales. Sus límites fisiográficos son definidos por diques naturales, meandros abandonados y planos de desborde. Presentan texturas gruesas y colores oscuros con manchas grises y rojas, influenciadas por el nivel freático variable. Se utilizan principalmente para ganadería extensiva, cultivos transitorios y áreas en rastrojo. El complejo está compuesto por:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Puerto Limón (Aquic Tropopsamment): 60% • Humea (Tropic Aeric Fluvaquent): 20% • Caicará (Aquic Tropofluent): 15% • Inclusiones de Fluventic Tropaquent: 5%
Conjunto PUERTO LIMÓN (Aquic Tropopsamment)	<p>Estos suelos se encuentran en diques de microrrelieve convexo dentro del complejo de orillares. Presentan un horizonte superficial de textura media a moderadamente gruesa, sobre capas gruesas de color pardo a grisáceo oscuro. Son poco profundos, con drenaje imperfecto debido al nivel freático alto y capas de arena. Su fertilidad es baja, con deficiencia de nitrógeno y fósforo, pero alto contenido de calcio y potasio.</p>
Conjunto HUMEA (Tropic Aeric Fluvaquent)	<p>Estos suelos se encuentran en cauces abandonados y zonas cóncavas cerca del río Ariari. Presentan capas sin desarrollo genético, con texturas medias a finas y colores oscuros con manchas grises y rojizas, causadas por la fluctuación del nivel freático. Son suelos de drenaje deficiente, baja fertilidad (muy pobres en nitrógeno, fósforo y potasio) y con una reacción muy ácida debido al aluminio intercambiable.</p>
Asociación EL BANCO (EBa)	<p>Esta asociación de suelos se encuentra en las terrazas medias del río Ariari, en terrenos planos con pendientes de 0–3%. Son suelos profundos, bien drenados, aunque afectados por exceso de humedad en temporada de lluvias. Presentan límites abruptos con la altillanura y transiciones difusas con la napa aluvial. Tienen texturas finas, alto contenido de plintita en el subsuelo y colores pardo a pardo amarillento, con manchas grises y rojas por procesos de óxido-reducción. La composición es:</p> <ul style="list-style-type: none"> • El Banco (Aquic Dystropept): 50% • Meta (Plinthic Tropaquept): 30% • Guadalajara (Fluventic Dystropept): 20%
Conjunto EL BANCO (Aquic Dystropept)	<p>Estos suelos se localizan en áreas ligeramente inclinadas y depresionales con microrelieves de zurales que favorecen la acumulación de agua. Presentan un horizonte superficial de textura fina y color pardo oscuro con manchas grises, seguido por capas arcillosas de colores pardo amarillento y oliva pálido, con presencia creciente de plintita. Tienen drenaje imperfecto y profundidad limitada por el nivel freático alto. Su fertilidad es baja, con deficiencia de nitrógeno, potasio y fósforo, reacción ácida y contenido medio de aluminio intercambiable. Se encuentran en veredas como Alto y Bajo Guanayas, Las Delicias, Puerto Palmar, Unión del Ariari, Caño Blanco, Puerto Limón y El Kiosko.</p>
Asociación ARIARI (ASa)	<p>La unidad Asociación Ariari es la de mayor capacidad de uso para el desarrollo de cultivos, localizada cerca al río Ariari. Los suelos de esta asociación tienen poco peligro de inundación.</p> <p>Geomorfológicamente corresponde al plano aluvial de desborde, formado por sedimentos aluviales de diferentes tamaños, transportados desde la cordillera oriental. El relieve es plano con pendientes del 0-3%. Esta unidad comprende suelos de textura mediana y moderadamente gruesa; el drenaje es imperfecto a moderadamente bien drenado.</p> <p>La vegetación natural, en su mayor parte ha sido destruida para dar paso al establecimiento de cultivos y potreros. Su uso actual es de tipo comercial. Fisiográficamente la unidad presenta claro con el plano marginal y los orillares. Esta asociación está compuesta por los conjuntos Ariari (Aquic</p>

Apéndice B

Caracterización zonas aledañas a la investigación

Asociación LA ESPINITA (EEcd)	Esta unidad de suelos aluviales antiguos, con alta meteorización y en algunos casos cubierta eólica, se encuentra en terrenos ondulados con pendientes del 12–25 % y erosión ligera a moderada. Presenta afloramientos petroféricos y límites abruptos con otras unidades. Las texturas varían de finas en los domos a medias y gruesas en las pendientes, con colores rojizos y pardos. El perfil muestra horizontes de textura media a fina y colores que van del pardo grisáceo oscuro al rojo amarillento. Son suelos superficiales a moderadamente profundos, bien drenados, con baja fertilidad y alto contenido de aluminio intercambiable. Se localizan en veredas como Uricacha y Caño Loro.
Consociación BUENAVISTA (BVd)	Son suelos que forman los taludes de las terrazas de límites claros con la planicie aluvial de desborde del río Ariari y las terrazas altas. El relieve es moderado a fuertemente inclinado, con pendientes del 12 al 25% y erosión ligera. El drenaje varía de bueno a excesivamente drenado. Las texturas son moderadamente finas en las superficies y finas en el subsuelo. La cobertura vegetal está compuesta por especies de árboles nativos y pastos naturales. La consociación está compuesta por el conjunto Buenavista (Oxic Dystropept) 85%, por inclusiones de Typic Dystropept en un 15%. Fases: BVcd BUENAVISTA 7-12-25% de pendiente BVcd1 BUENAVISTA 12-25% de pendiente y erosión ligera.
Conjunto BUENAVISTA (Oxic Dystropept)	Estos suelos superficiales y bien drenados se distribuyen a lo largo del talud. Presentan un horizonte superficial pardo oscuro, de textura moderadamente fina y estructura en bloques. El subsuelo tiene textura similar, color pardo amarillento con manchas rojas y estructura subangular bien desarrollada, con presencia de piedras en algunos sectores. Son ácidos, con bajos niveles de fósforo y potasio, y contenido orgánico medio en superficie. En los bajos y rebordes de caños hay áreas depresionales formadas por aportes aluvio-coluviales. Se encuentran en veredas como Tranquitas, El Triunfo y Puerto Poveda.

Apéndice C*Análisis de varianza ANOVA en sistema SAS*

Sistema SAS

Procedimiento GLM

**Información del nivel de
clase**

Clase	Niveles	Valores
--------------	----------------	----------------

TRAT	2	1 2
------	---	-----

N.º observaciones leídas	6
---------------------------------	----------

Número de observaciones usadas	6
---------------------------------------	----------

Sistema SAS

Procedimiento GLM

Variable dependiente: BLOQ BLOQ

Origen	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	Valor F	Pr > F
Modelo	2	4.00000000	2.00000000	Infty	<.0001
Error	3	0.00000000	0.00000000		
Total corregido	5	4.00000000			

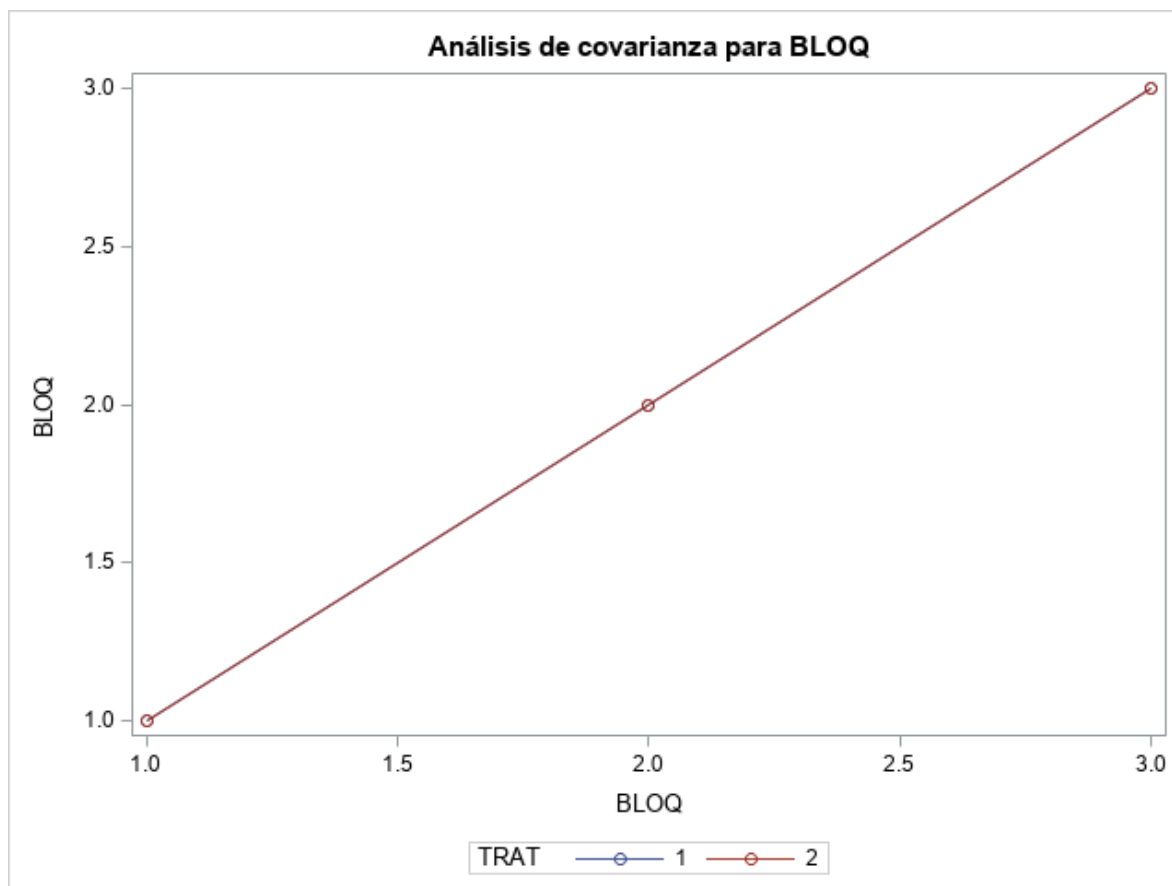
R-cuadrado	Var Coef.	Raíz MSE	Media de BLOQ
1.000000	0	0	2.000000

Origen	DF	Tipo I SS	Cuadrado de la media	Valor F	Pr > F
TRAT	1	0.00000000	0.00000000	.	.
BLOQ	1	4.00000000	4.00000000	Infty	<.0001

Origen	DF	Tipo III SS	Cuadrado de la media	Valor F	Pr > F
TRAT	1	0.00000000	0.00000000	.	.

Origen DF Tipo III SS Cuadrado de la media Valor F Pr > F

BLOQ 1 4.00000000 4.00000000 Infy <.0001



Sistema SAS

Procedimiento GLM

Variable dependiente: L10A L10A

Origen	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	Valor F	Pr > F
Modelo	2	3.22916667	1.61458333	2.62	0.2199
Error	3	1.85083333	0.61694444		
Total corregido	5	5.08000000			

R-cuadrado Var Coef. Raíz MSE Media de L10A

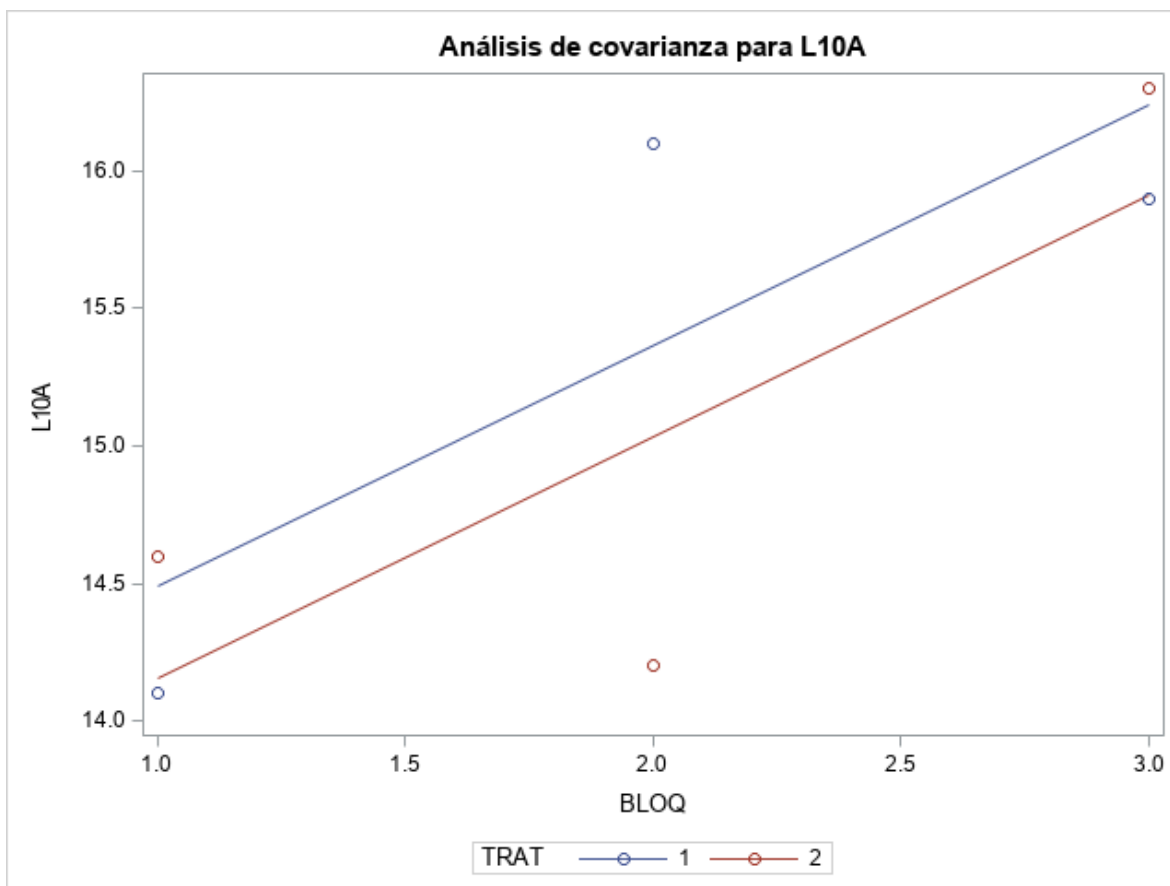
0.635663 5.167488 0.785458 15.20000

Origen	DF	Tipo I SS	Cuadrado de la media	Valor F	Pr > F
TRAT	1	0.16666667	0.16666667	0.27	0.6391
BLOQ	1	3.06250000	3.06250000	4.96	0.1122

Origen	DF	Tipo III SS	Cuadrado de la media	Valor F	Pr > F
TRAT	1	0.16666667	0.16666667	0.27	0.6391

Origen DF Tipo III SS Cuadrado de la media Valor F Pr > F

BLOQ 1 3.06250000 3.06250000 4.96 0.1122



Sistema SAS

Procedimiento GLM

Variable dependiente: L10NH L10NH

Origen	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	Valor F	Pr > F
Modelo	2	0.10416667	0.05208333	1.50	0.3536
Error	3	0.10416667	0.03472222		
Total corregido	5	0.20833333			

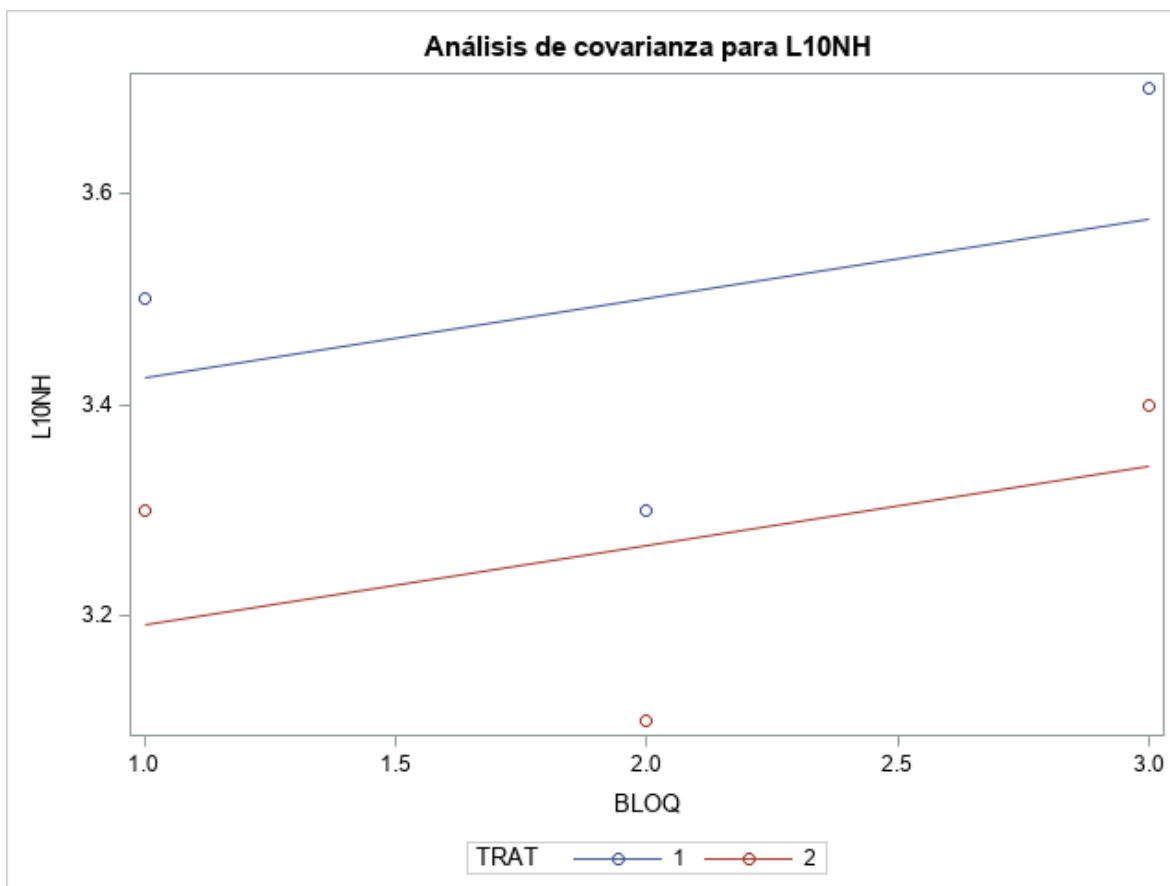
R-cuadrado	Var Coef.	Raíz MSE	Media de L10NH
0.500000	5.507557	0.186339	3.383333

Origen	DF	Tipo I SS	Cuadrado de la media	Valor F	Pr > F
TRAT	1	0.08166667	0.08166667	2.35	0.2227
BLOQ	1	0.02250000	0.02250000	0.65	0.4797

Origen	DF	Tipo III SS	Cuadrado de la media	Valor F	Pr > F
TRAT	1	0.08166667	0.08166667	2.35	0.2227

Origen DF Tipo III SS Cuadrado de la media Valor F Pr > F

BLOQ 1 0.02250000 0.02250000 0.65 0.4797



Sistema SAS

Procedimiento GLM

Variable dependiente: L20A L20A

Origen	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	Valor F	Pr > F
Modelo	2	15.75000000	7.87500000	12.28	0.0359
Error	3	1.92333333	0.64111111		
Total corregido	5	17.67333333			

R-cuadrado Var Coef. Raíz MSE Media de L20A

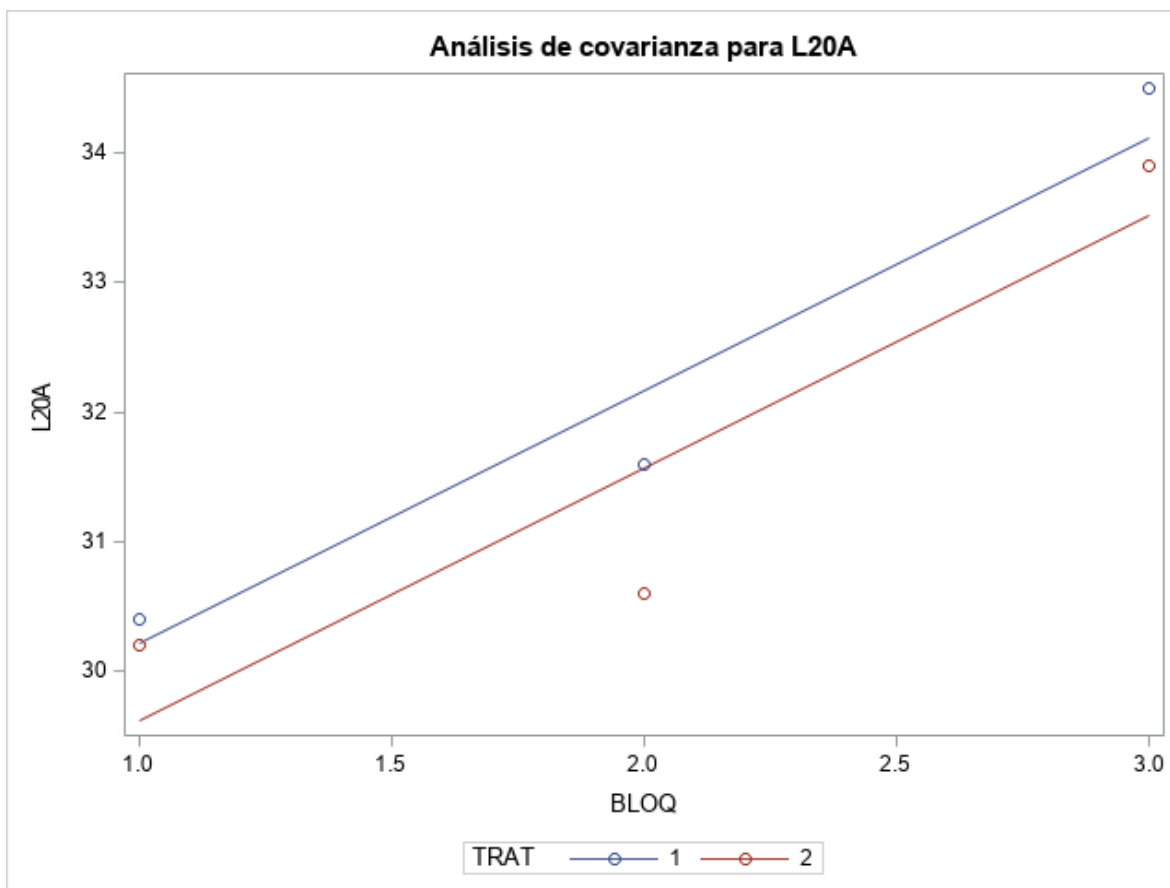
0.891173 2.512639 0.800694 31.86667

Origen	DF	Tipo I SS	Cuadrado de la media	Valor F	Pr > F
TRAT	1	0.54000000	0.54000000	0.84	0.4264
BLOQ	1	15.21000000	15.21000000	23.72	0.0165

Origen	DF	Tipo III SS	Cuadrado de la media	Valor F	Pr > F
TRAT	1	0.54000000	0.54000000	0.84	0.4264

Origen DF Tipo III SS Cuadrado de la media Valor F Pr > F

BLOQ 1 15.21000000 15.21000000 23.72 0.0165



Sistema SAS

Procedimiento GLM

Variable dependiente: L20NH L20NH

Origen	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	Valor F	Pr > F
Modelo	2	0.02666667	0.01333333	0.09	0.9131
Error	3	0.42666667	0.14222222		
Total corregido	5	0.45333333			

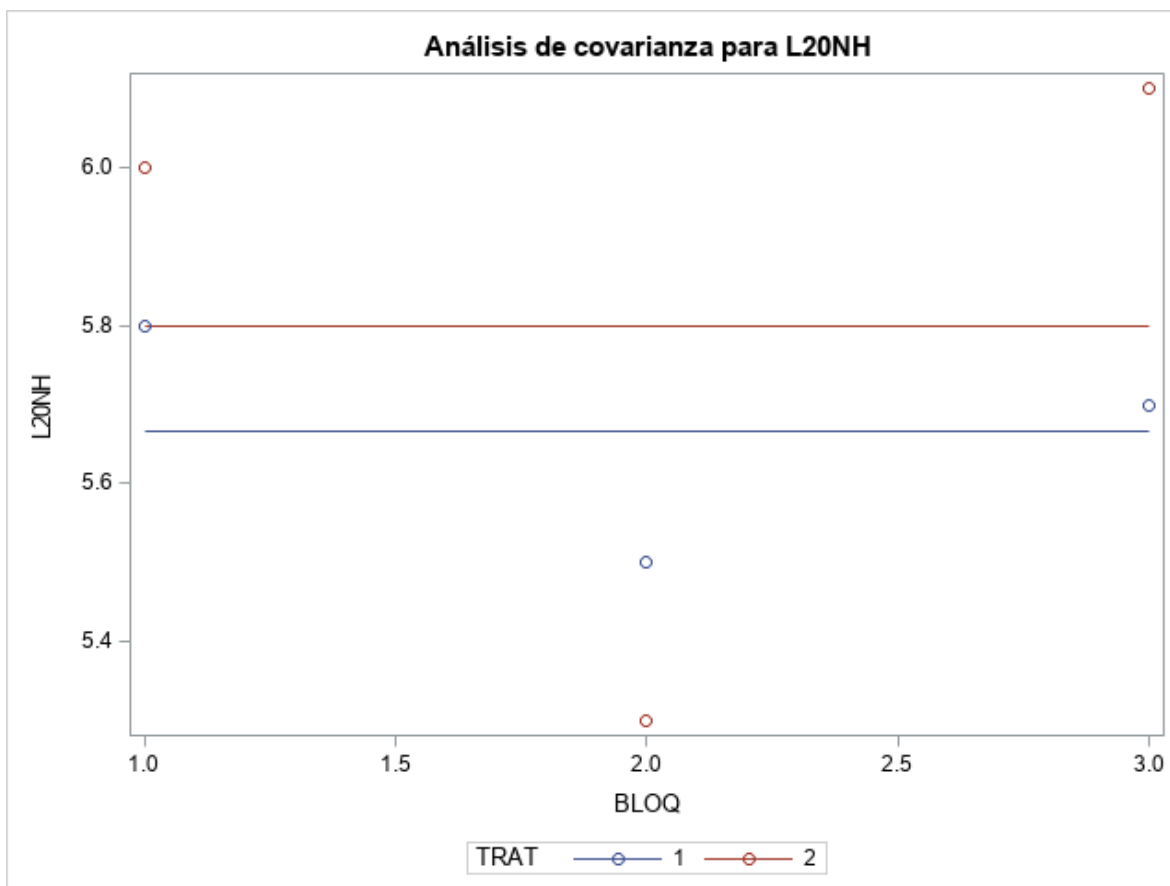
R-cuadrado	Var Coef.	Raíz MSE	Media de L20NH
0.058824	6.577737	0.377124	5.733333

Origen	DF	Tipo I SS	Cuadrado de la media	Valor F	Pr > F
TRAT	1	0.02666667	0.02666667	0.19	0.6942
BLOQ	1	0.00000000	0.00000000	0.00	1.0000

Origen	DF	Tipo III SS	Cuadrado de la media	Valor F	Pr > F
TRAT	1	0.02666667	0.02666667	0.19	0.6942

Origen DF Tipo III SS Cuadrado de la media Valor F Pr > F

BLOQ 1 0.00000000 0.00000000 0.00 1.0000



Sistema SAS

Procedimiento GLM

Variable dependiente: L30A L30A

Origen	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	Valor F	Pr > F
Modelo	2	37.53166667	18.76583333	3.62	0.1586
Error	3	15.55666667	5.18555556		
Total corregido	5	53.08833333			

R-cuadrado Var Coef. Raíz MSE Media de L30A

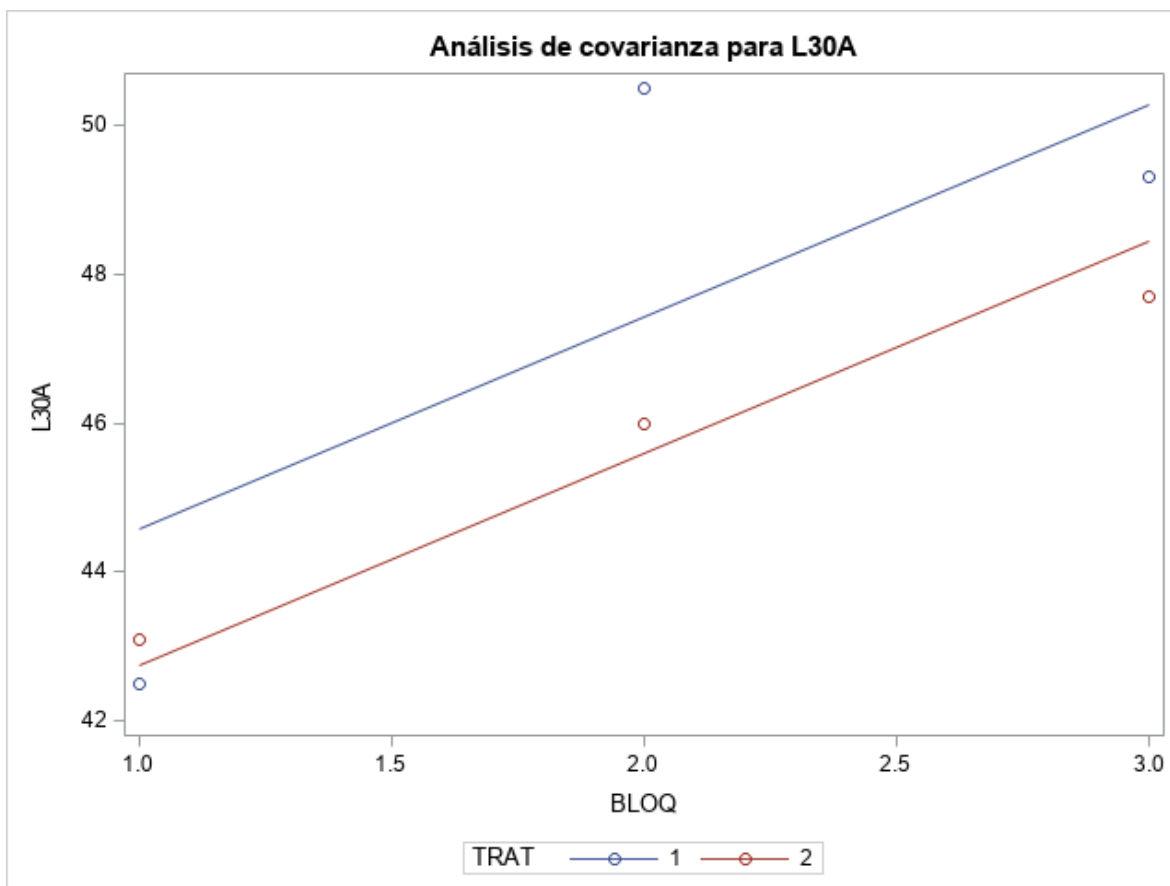
0.706966 4.895410 2.277181 46.51667

Origen	DF	Tipo I SS	Cuadrado de la media	Valor F	Pr > F
TRAT	1	5.04166667	5.04166667	0.97	0.3968
BLOQ	1	32.49000000	32.49000000	6.27	0.0875

Origen	DF	Tipo III SS	Cuadrado de la media	Valor F	Pr > F
TRAT	1	5.04166667	5.04166667	0.97	0.3968

Origen DF Tipo III SS Cuadrado de la media Valor F Pr > F

BLOQ 1 32.49000000 32.49000000 6.27 0.0875



Sistema SAS

Procedimiento GLM

Variable dependiente: L30NH L30NH

Origen	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	Valor F	Pr > F
Modelo	2	0.08166667	0.04083333	0.23	0.8076
Error	3	0.53333333	0.17777778		
Total corregido	5	0.61500000			

R-cuadrado Var Coef. Raíz MSE Media de L30NH

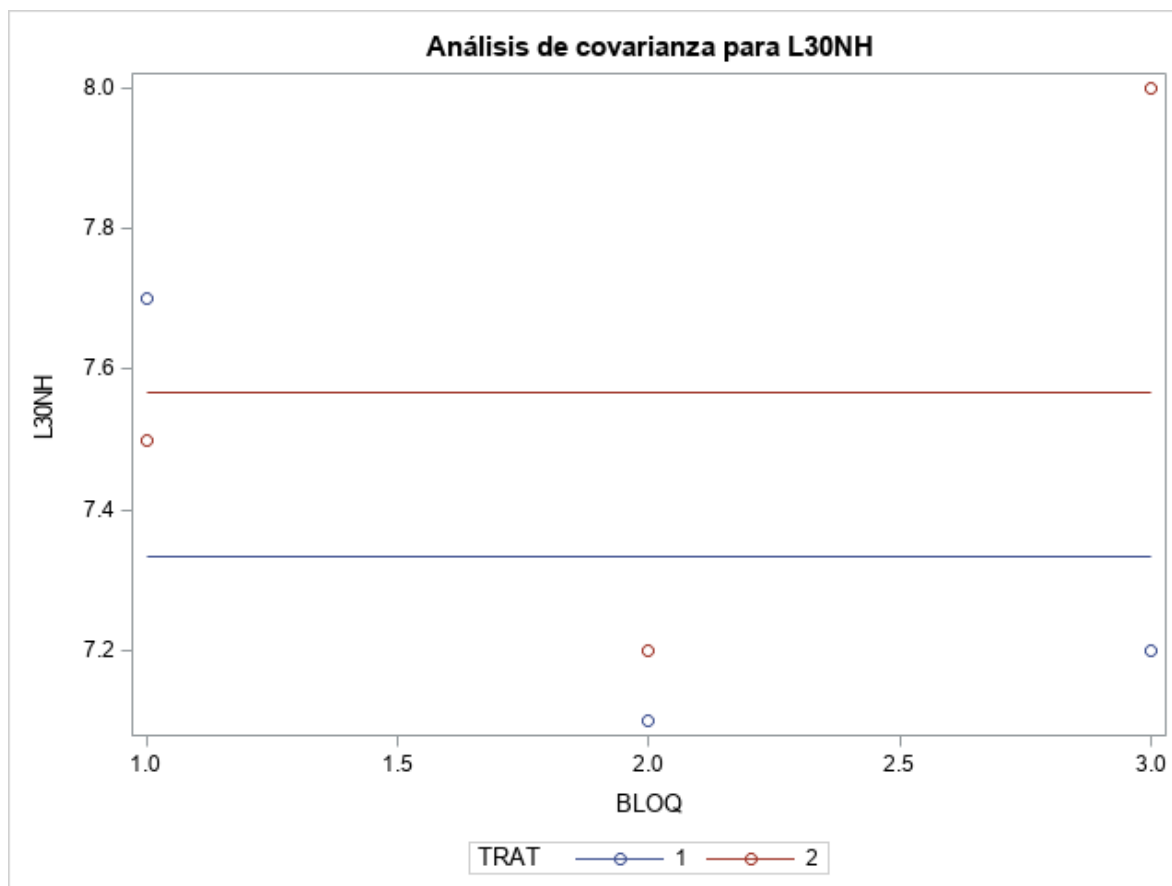
0.132791 5.659557 0.421637 7.450000

Origen	DF	Tipo I SS	Cuadrado de la media	Valor F	Pr > F
TRAT	1	0.08166667	0.08166667	0.46	0.5465
BLOQ	1	0.00000000	0.00000000	0.00	1.0000

Origen	DF	Tipo III SS	Cuadrado de la media	Valor F	Pr > F
TRAT	1	0.08166667	0.08166667	0.46	0.5465

Origen DF Tipo III SS Cuadrado de la media Valor F Pr > F

BLOQ 1 0.00000000 0.00000000 0.00 1.0000



Sistema SAS

Procedimiento GLM

Variable dependiente: L40A L40A

Origen	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	Valor F	Pr > F
Modelo	2	52.44166667	26.22083333	1.89	0.2948
Error	3	41.69333333	13.89777778		
Total corregido	5	94.13500000			

R-cuadrado Var Coef. Raíz MSE Media de L40A

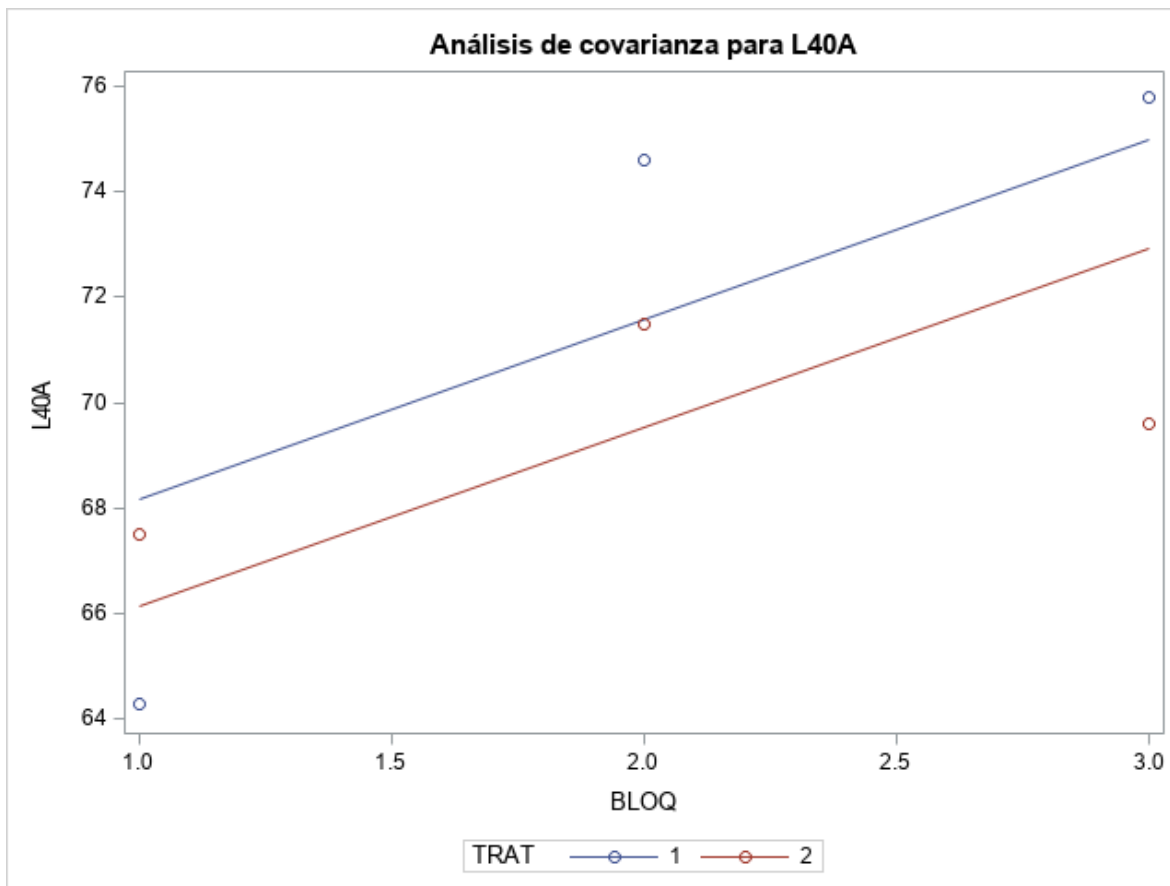
0.557090 5.284156 3.727972 70.55000

Origen	DF	Tipo I SS	Cuadrado de la media	Valor F	Pr > F
TRAT	1	6.20166667	6.20166667	0.45	0.5519
BLOQ	1	46.24000000	46.24000000	3.33	0.1657

Origen	DF	Tipo III SS	Cuadrado de la media	Valor F	Pr > F
TRAT	1	6.20166667	6.20166667	0.45	0.5519

Origen DF Tipo III SS Cuadrado de la media Valor F Pr > F

BLOQ 1 46.24000000 46.24000000 3.33 0.1657



Sistema SAS

Procedimiento GLM

Variable dependiente: L40NH L40NH

Origen	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	Valor F	Pr > F
Modelo	2	0.05166667	0.02583333	0.07	0.9355
Error	3	1.13666667	0.37888889		
Total corregido	5	1.18833333			

R-cuadrado Var Coef. Raíz MSE Media de L40NH

0.043478 6.423021 0.615540 9.583333

Origen DF Tipo I SS Cuadrado de la media Valor F Pr > F

TRAT 1 0.04166667 0.04166667 0.11 0.7620

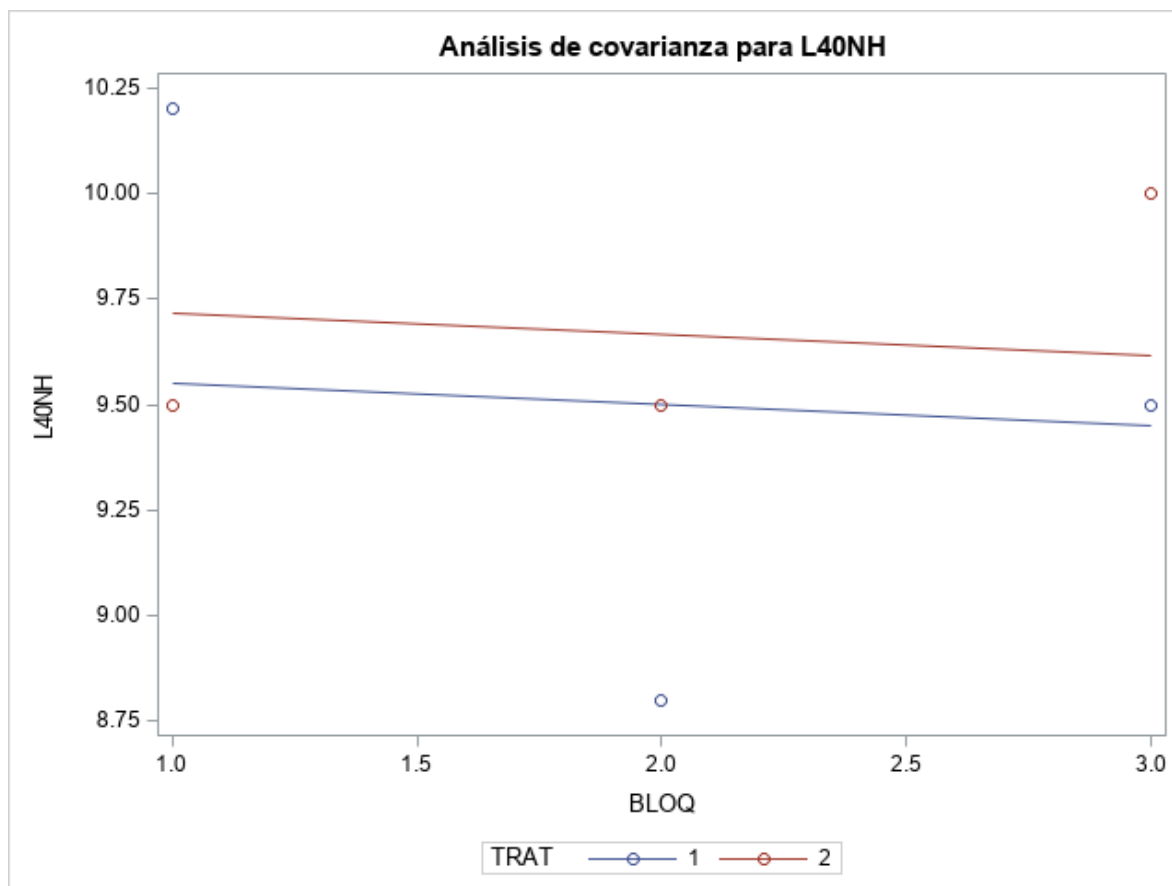
BLOQ 1 0.01000000 0.01000000 0.03 0.8813

Origen DF Tipo III SS Cuadrado de la media Valor F Pr > F

TRAT 1 0.04166667 0.04166667 0.11 0.7620

Origen DF Tipo III SS Cuadrado de la media Valor F Pr > F

BLOQ 1 0.01000000 0.01000000 0.03 0.8813



Sistema SAS

Procedimiento GLM

Variable dependiente: L50A L50A

Origen	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	Valor F	Pr > F
Modelo	2	77.2975000	38.6487500	2.50	0.2293
Error	3	46.2975000	15.4325000		
Total corregido	5	123.5950000			

R-cuadrado Var Coef. Raíz MSE Media de L50A

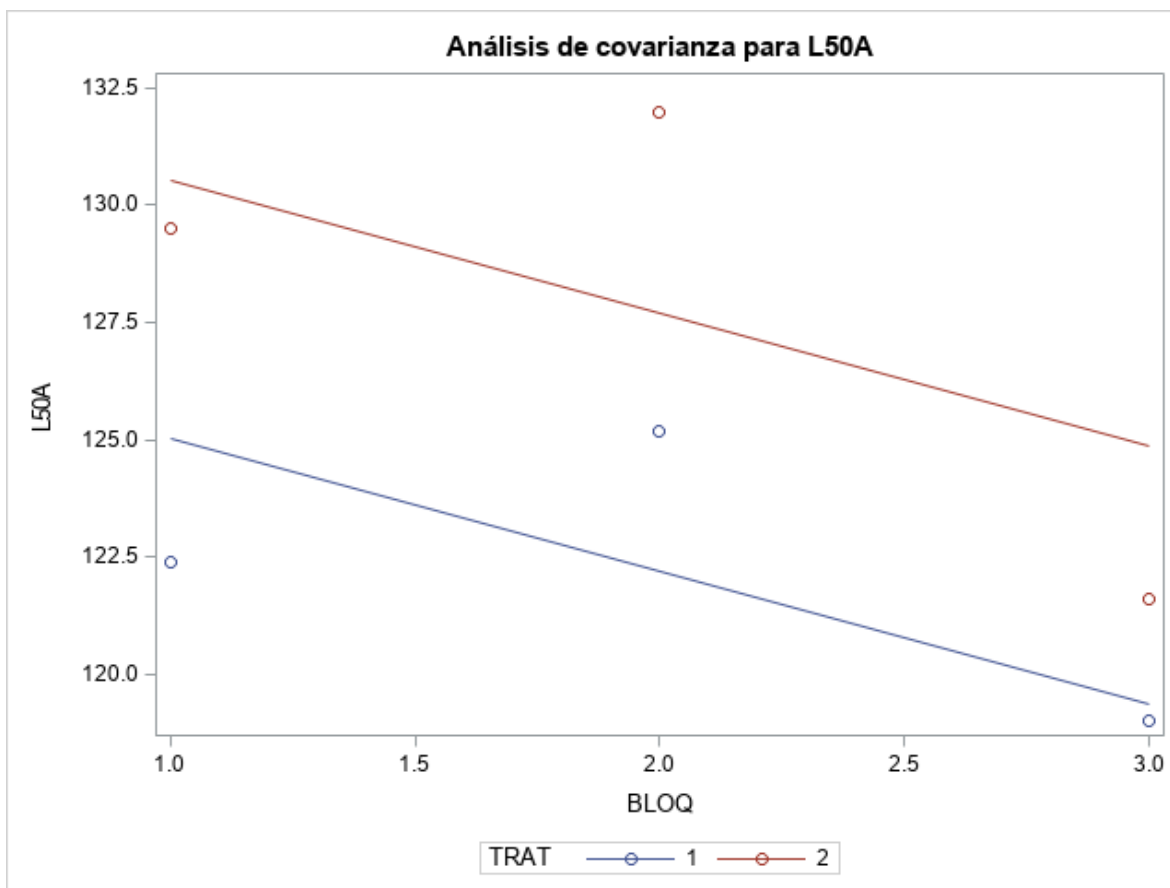
0.625410 3.143995 3.928422 124.9500

Origen	DF	Tipo I SS	Cuadrado de la media	Valor F	Pr > F
TRAT	1	45.37500000	45.37500000	2.94	0.1849
BLOQ	1	31.92250000	31.92250000	2.07	0.2459

Origen	DF	Tipo III SS	Cuadrado de la media	Valor F	Pr > F
TRAT	1	45.37500000	45.37500000	2.94	0.1849

Origen DF Tipo III SS Cuadrado de la media Valor F Pr > F

BLOQ 1 31.92250000 31.92250000 2.07 0.2459



Sistema SAS

Procedimiento GLM

Variable dependiente: L50NH L50NH

Origen	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	Valor F	Pr > F
Modelo	2	0.13750000	0.06875000	0.05	0.9532
Error	3	4.23083333	1.41027778		
Total corregido	5	4.36833333			

R-cuadrado Var Coef. Raíz MSE Media de L50NH

0.031477 8.785829 1.187551 13.51667

Origen DF Tipo I SS Cuadrado de la media Valor F Pr > F

TRAT 1 0.01500000 0.01500000 0.01 0.9244

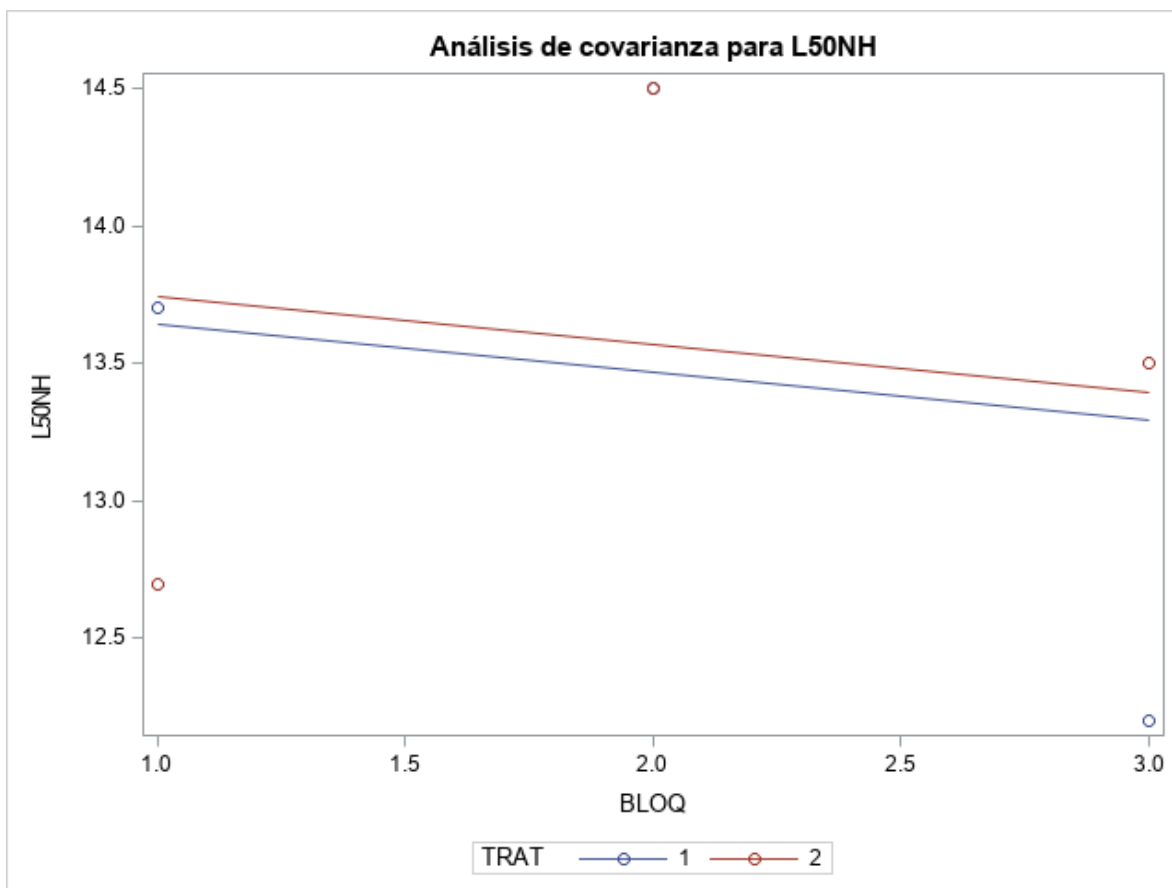
BLOQ 1 0.12250000 0.12250000 0.09 0.7874

Origen DF Tipo III SS Cuadrado de la media Valor F Pr > F

TRAT 1 0.01500000 0.01500000 0.01 0.9244

Origen DF Tipo III SS Cuadrado de la media Valor F Pr > F

BLOQ 1 0.12250000 0.12250000 0.09 0.7874



Sistema SAS

Procedimiento GLM

Variable dependiente: L60A L60A

Origen	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	Valor F	Pr > F
Modelo	2	385.3291667	192.6645833	1.58	0.3398
Error	3	365.6841667	121.8947222		
Total corregido	5	751.0133333			

R-cuadrado Var Coef. Raíz MSE Media de L60A

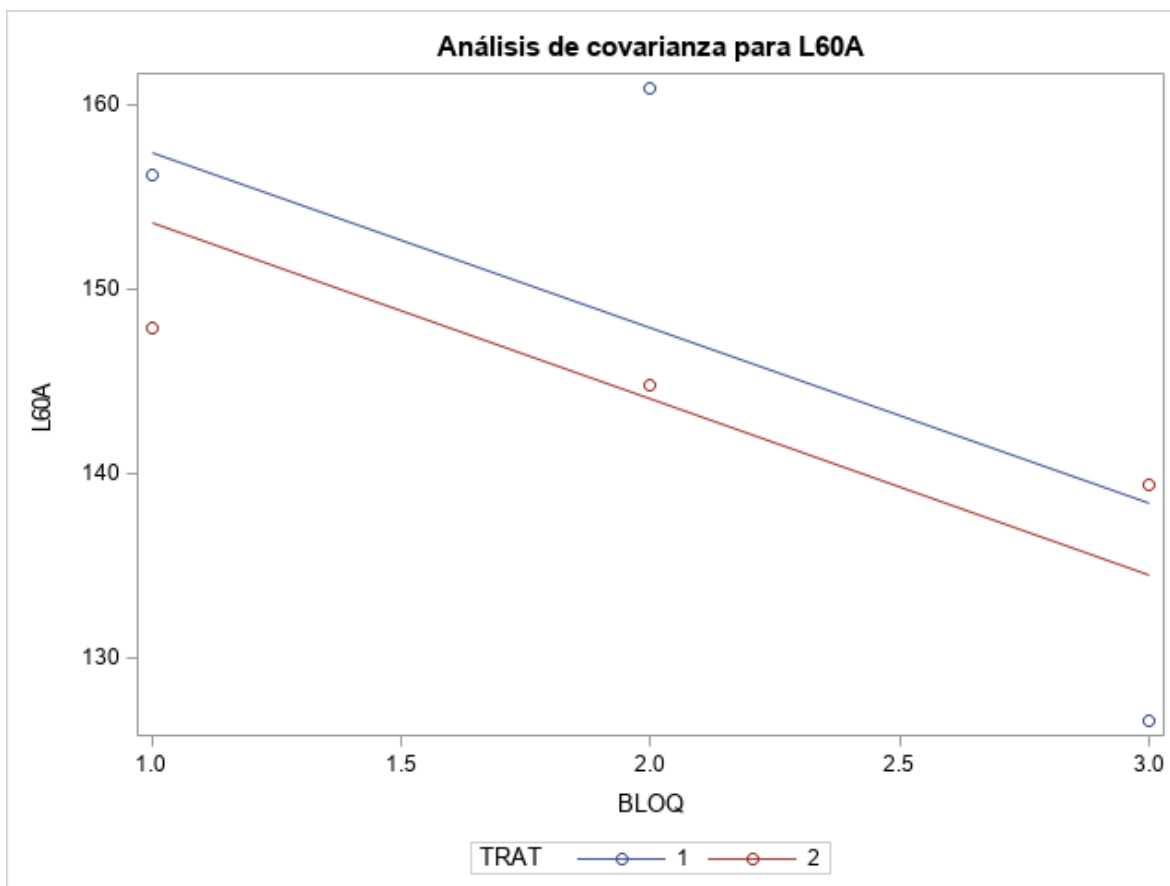
0.513079 7.563778 11.04059 145.9667

Origen	DF	Tipo I SS	Cuadrado de la media	Valor F	Pr > F
TRAT	1	22.4266667	22.4266667	0.18	0.6969
BLOQ	1	362.9025000	362.9025000	2.98	0.1829

Origen	DF	Tipo III SS	Cuadrado de la media	Valor F	Pr > F
TRAT	1	22.4266667	22.4266667	0.18	0.6969

Origen DF Tipo III SS Cuadrado de la media Valor F Pr > F

BLOQ 1 362.9025000 362.9025000 2.98 0.1829



Sistema SAS

Procedimiento GLM

Variable dependiente: L60NH L60NH

Origen	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	Valor F	Pr > F
Modelo	2	2.91666667	1.45833333	1.05	0.4523
Error	3	4.18333333	1.39444444		
Total corregido	5	7.10000000			

R-cuadrado Var Coef. Raíz MSE Media de L60NH

0.410798 6.671559 1.180866 17.70000

Origen DF Tipo I SS Cuadrado de la media Valor F Pr > F

TRAT 1 0.02666667 0.02666667 0.02 0.8988

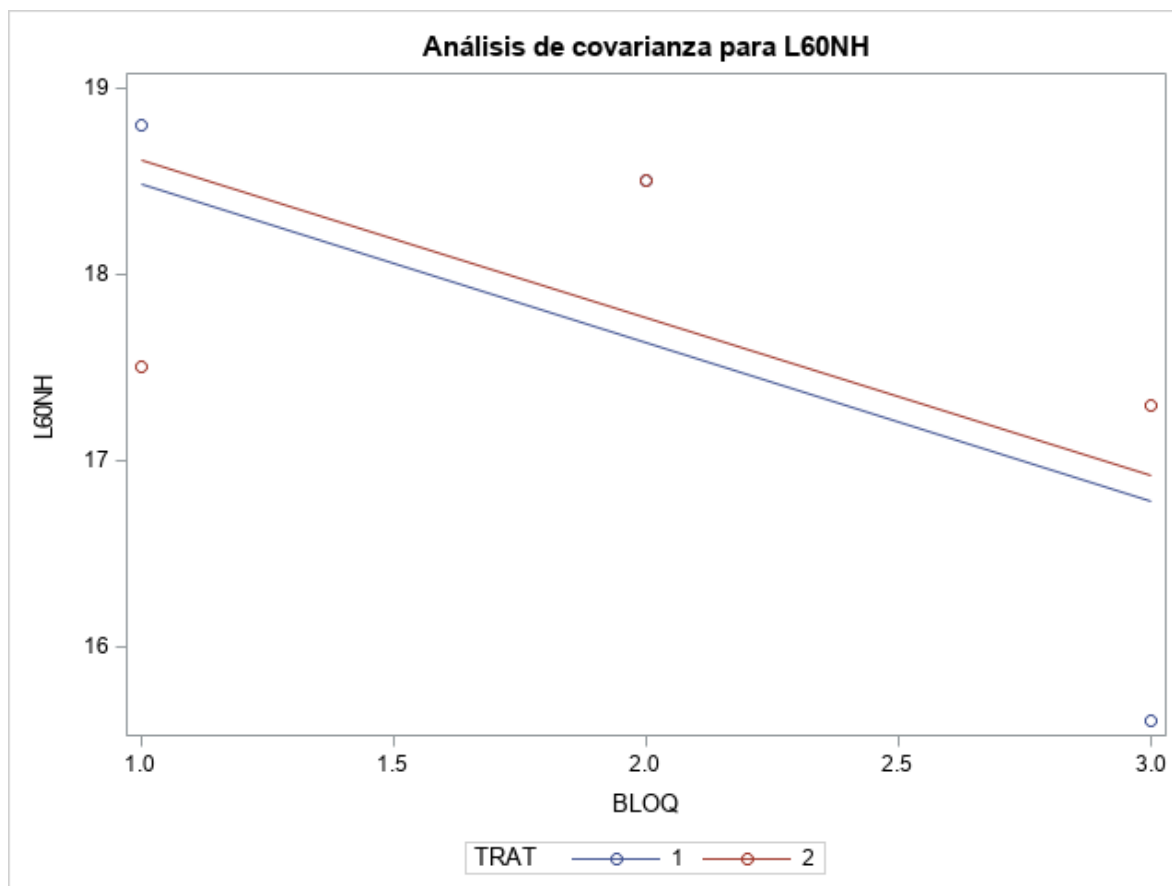
BLOQ 1 2.89000000 2.89000000 2.07 0.2456

Origen DF Tipo III SS Cuadrado de la media Valor F Pr > F

TRAT 1 0.02666667 0.02666667 0.02 0.8988

Origen DF Tipo III SS Cuadrado de la media Valor F Pr > F

BLOQ 1 2.89000000 2.89000000 2.07 0.2456



Sistema SAS

Procedimiento GLM

Variable dependiente: L60NV L60NV

Origen	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	Valor F	Pr > F
Modelo	2	284.2916667	142.1458333	2.88	0.2002
Error	3	147.8766667	49.2922222		
Total corregido	5	432.1683333			

R-cuadrado Var Coef. Raíz MSE Media de L60NV

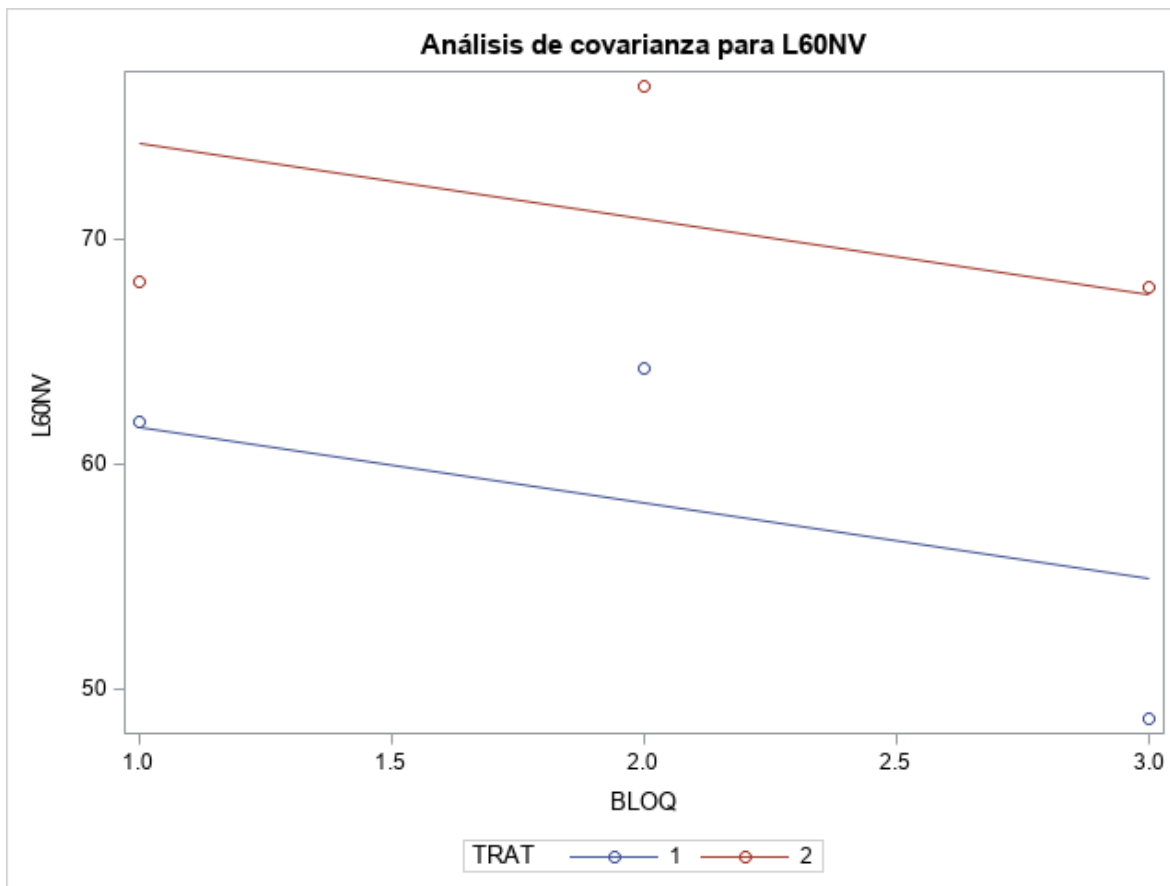
0.657826 10.86537 7.020842 64.61667

Origen	DF	Tipo I SS	Cuadrado de la media	Valor F	Pr > F
TRAT	1	239.4016667	239.4016667	4.86	0.1148
BLOQ	1	44.8900000	44.8900000	0.91	0.4103

Origen	DF	Tipo III SS	Cuadrado de la media	Valor F	Pr > F
TRAT	1	239.4016667	239.4016667	4.86	0.1148

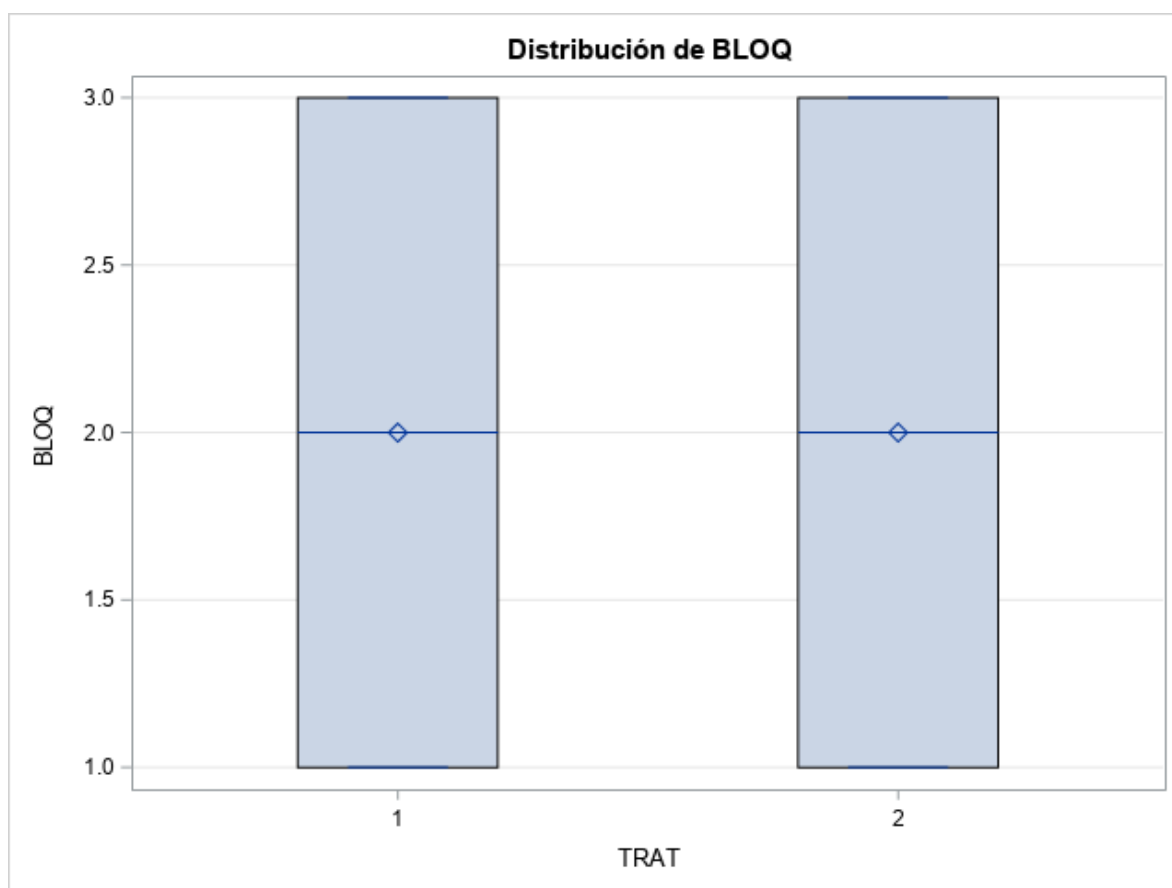
Origen DF Tipo III SS Cuadrado de la media Valor F Pr > F

BLOQ 1 44.8900000 44.8900000 0.91 0.4103



Sistema SAS

Procedimiento GLM



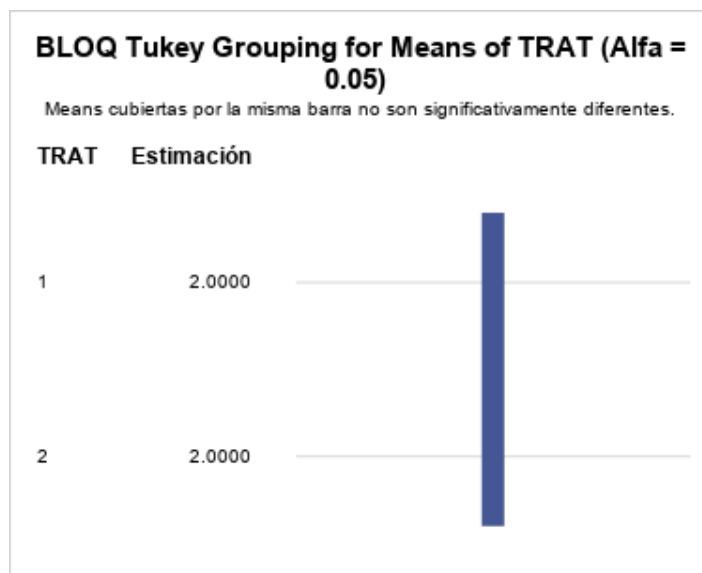
Sistema SAS

Procedimiento GLM

Prueba del rango estudentizado de Tukey (HSD) para BLOQ

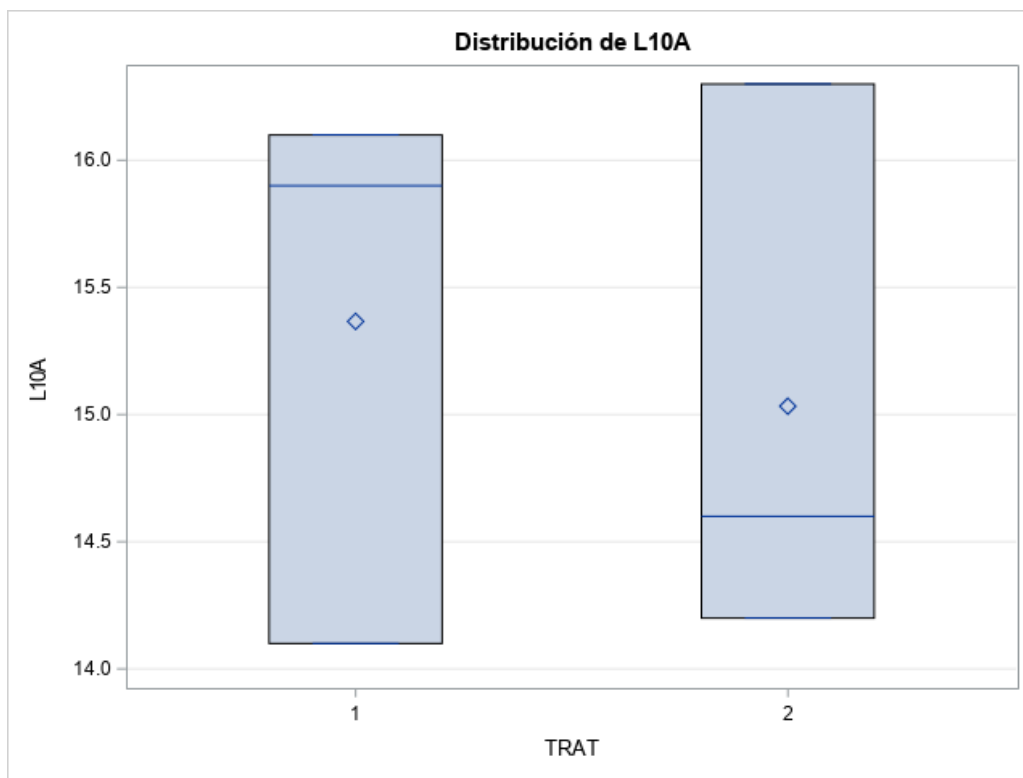
Note: This test controls the Type I experimentwise error rate, but it generally has a higher Type II error rate than REGWQ.

Alpha	0.05
Grados de error de libertad	3
Error de cuadrado medio	0
Valor crítico del rango estudentizado	4.50065
Diferencia significativa mínima	0



Sistema SAS

Procedimiento GLM



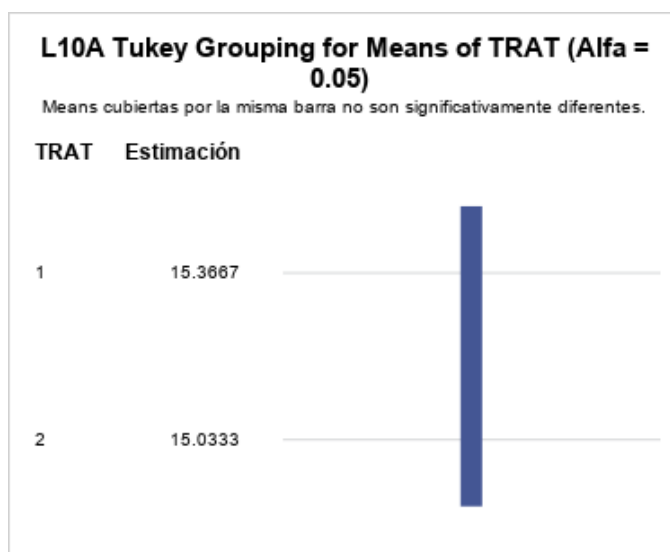
Sistema SAS

Procedimiento GLM

Prueba del rango estudentizado de Tukey (HSD) para L10A

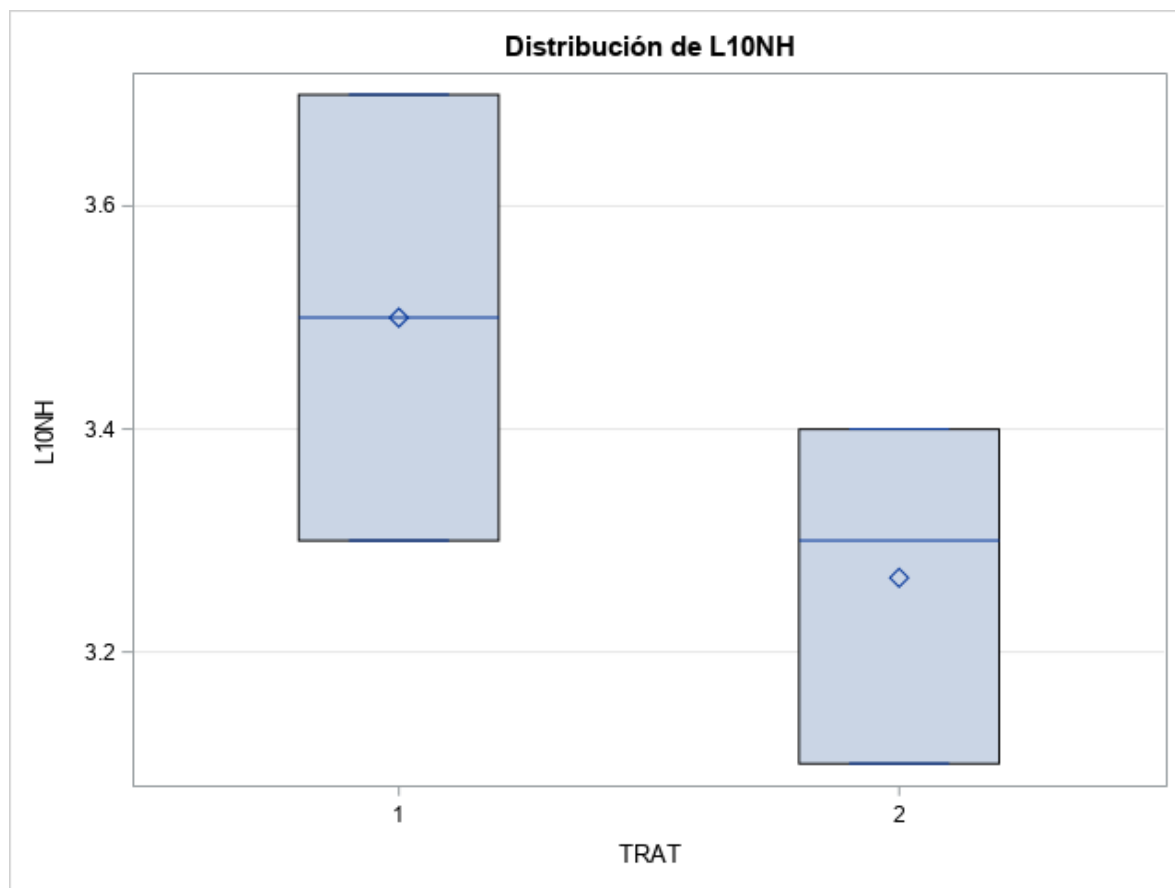
Note: This test controls the Type I experimentwise error rate, but it generally has a higher Type II error rate than REGWQ.

Alpha	0.05
Grados de error de libertad	3
Error de cuadrado medio	0.616944
Valor crítico del rango estudentizado	4.50065
Diferencia significativa mínima	2.041



Sistema SAS

Procedimiento GLM



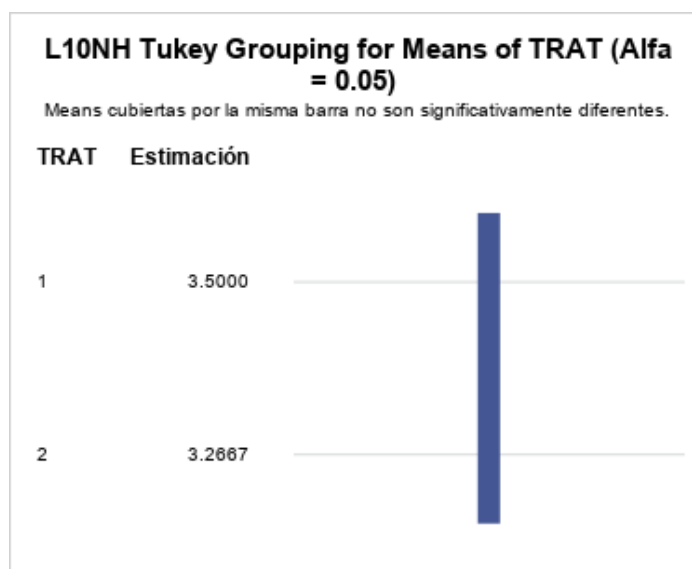
Sistema SAS

Procedimiento GLM

Prueba del rango estudentizado de Tukey (HSD) para L10NH

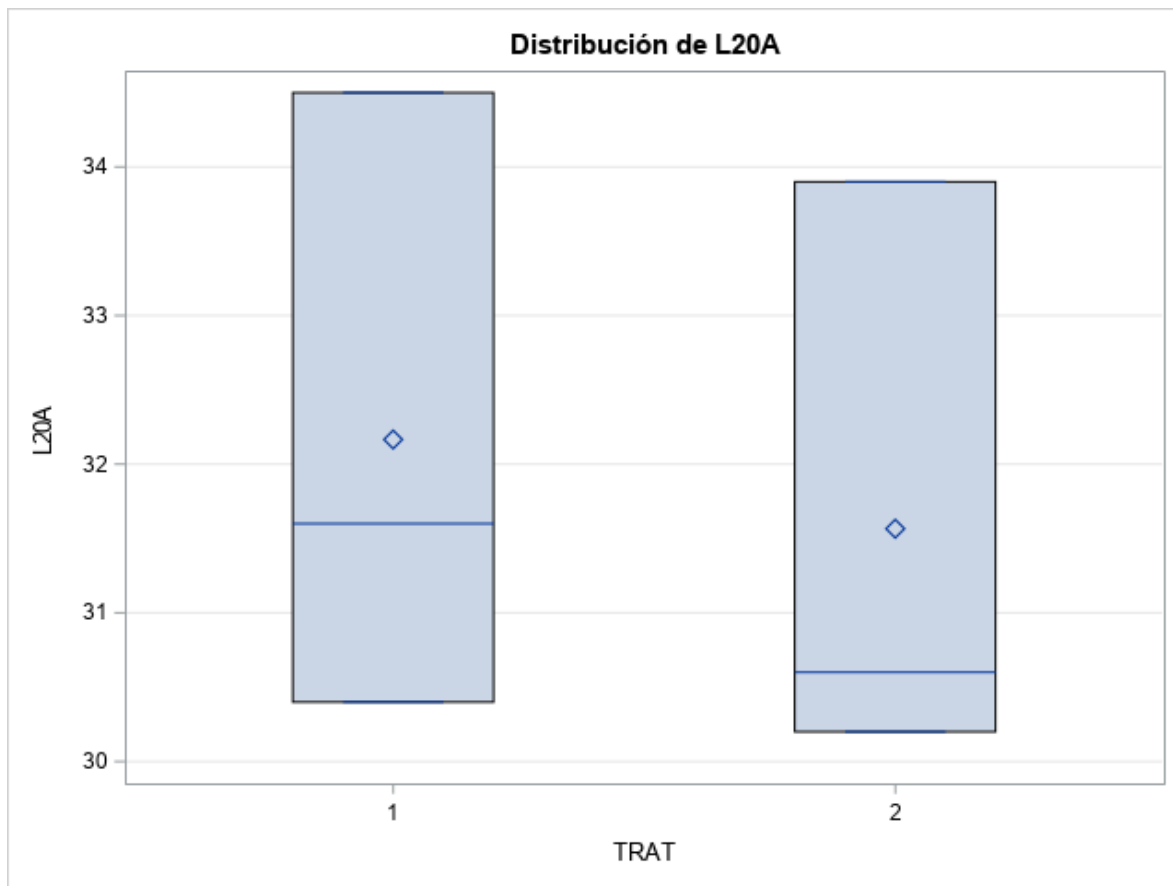
Note: This test controls the Type I experimentwise error rate, but it generally has a higher Type II error rate than REGWQ.

Alpha	0.05
Grados de error de libertad	3
Error de cuadrado medio	0.034722
Valor crítico del rango estudentizado	4.50065
Diferencia significativa mínima	0.4842



Sistema SAS

Procedimiento GLM



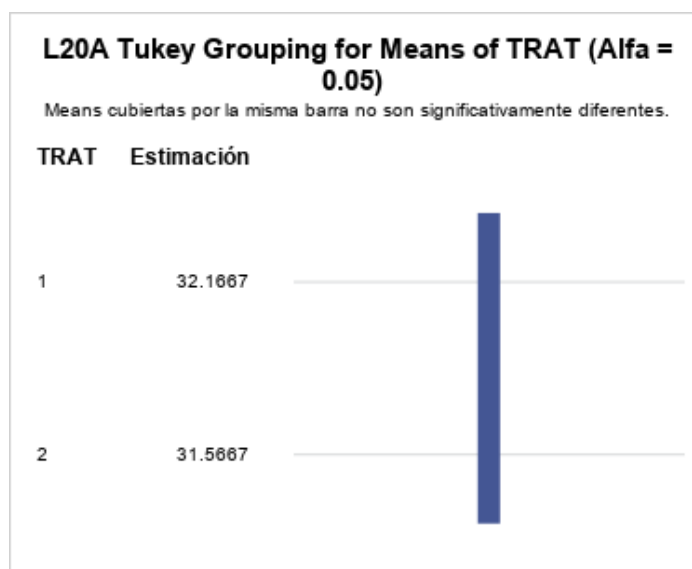
Sistema SAS

Procedimiento GLM

Prueba del rango estudentizado de Tukey (HSD) para L20A

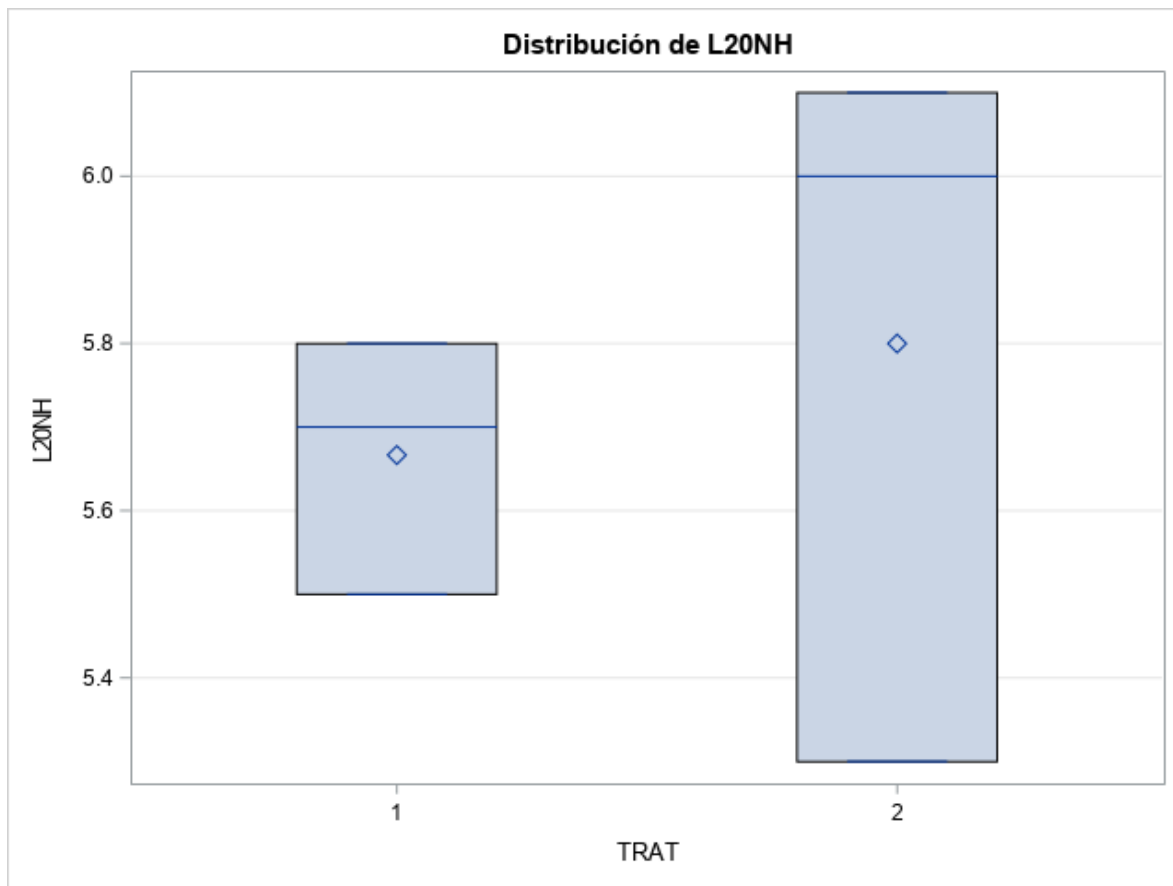
Note: This test controls the Type I experimentwise error rate, but it generally has a higher Type II error rate than REGWQ.

Alpha	0.05
Grados de error de libertad	3
Error de cuadrado medio	0.641111
Valor crítico del rango estudentizado	4.50065
Diferencia significativa mínima	2.0806



Sistema SAS

Procedimiento GLM



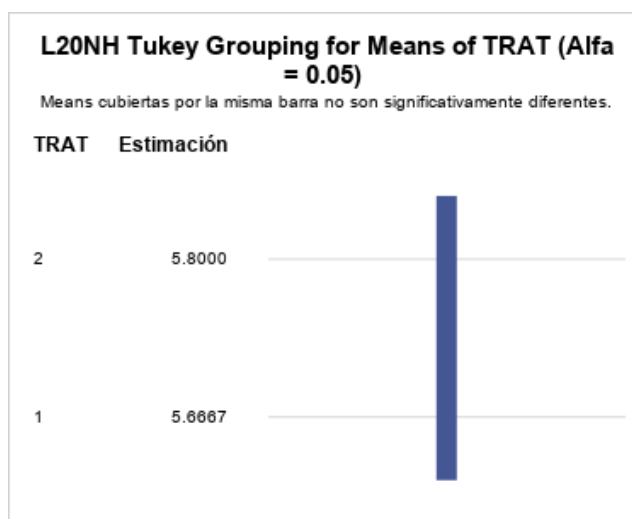
Sistema SAS

Procedimiento GLM

Prueba del rango estudentizado de Tukey (HSD) para L20NH

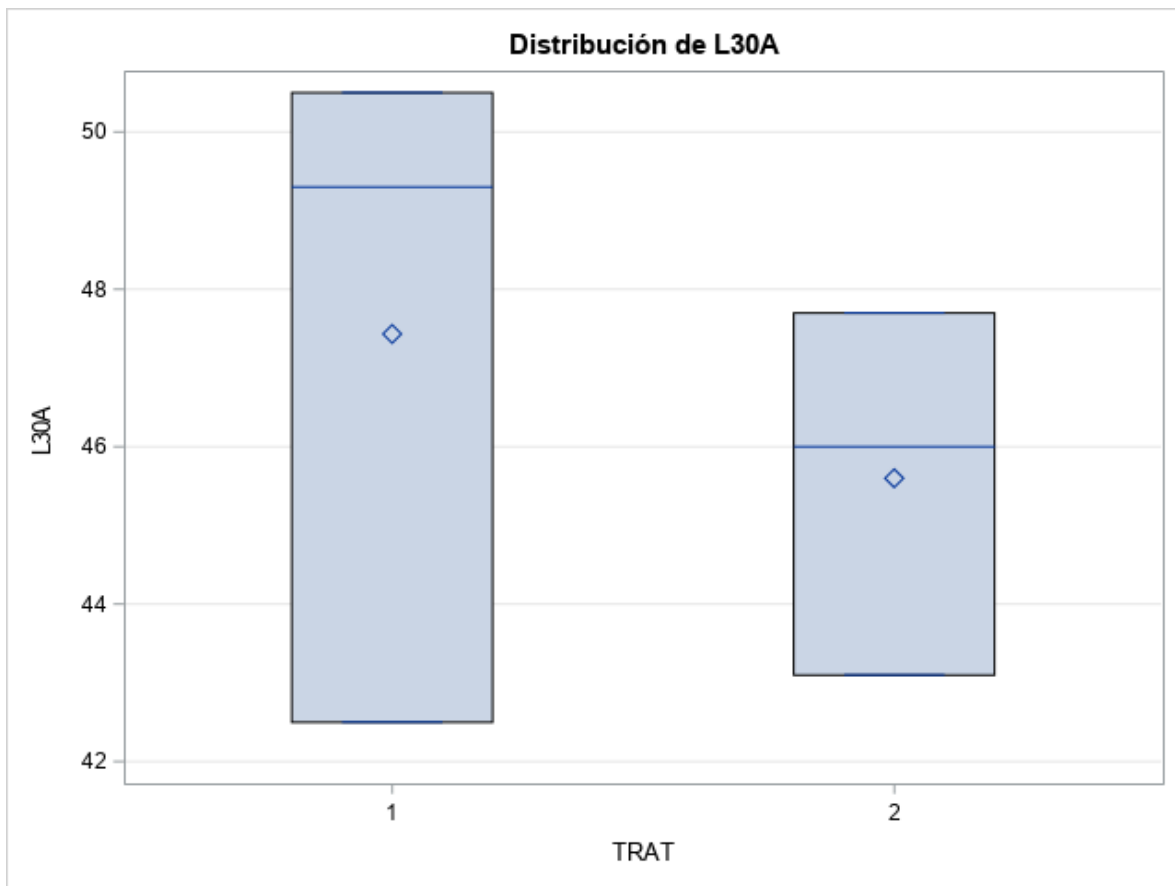
Note: This test controls the Type I experimentwise error rate, but it generally has a higher Type II error rate than REGWQ.

Alpha	0.05
Grados de error de libertad	3
Error de cuadrado medio	0.142222
Valor crítico del rango estudentizado	4.50065
Diferencia significativa mínima	0.9799



Sistema SAS

Procedimiento GLM



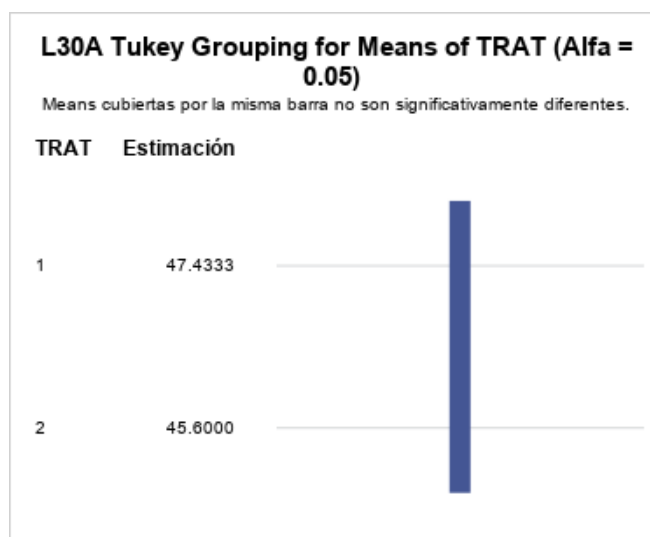
Sistema SAS

Procedimiento GLM

Prueba del rango estudentizado de Tukey (HSD) para L30A

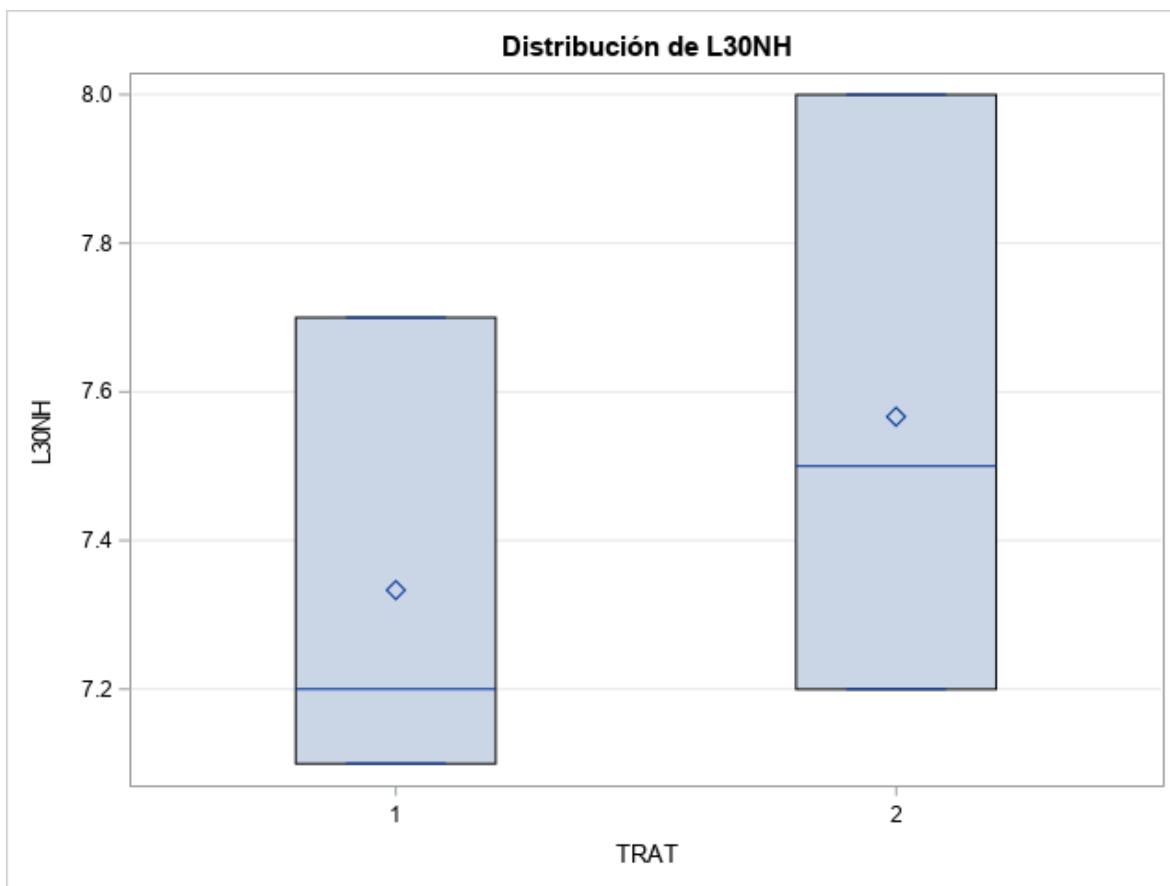
Note: This test controls the Type I experimentwise error rate, but it generally has a higher Type II error rate than REGWQ.

Alpha	0.05
Grados de error de libertad	3
Error de cuadrado medio	5.185556
Valor crítico del rango estudentizado	4.50065
Diferencia significativa mínima	5.9171



Sistema SAS

Procedimiento GLM



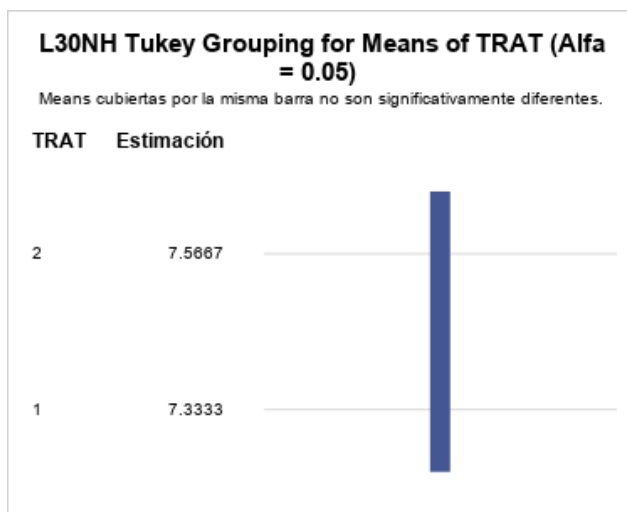
Sistema SAS

Procedimiento GLM

Prueba del rango estudentizado de Tukey (HSD) para L30NH

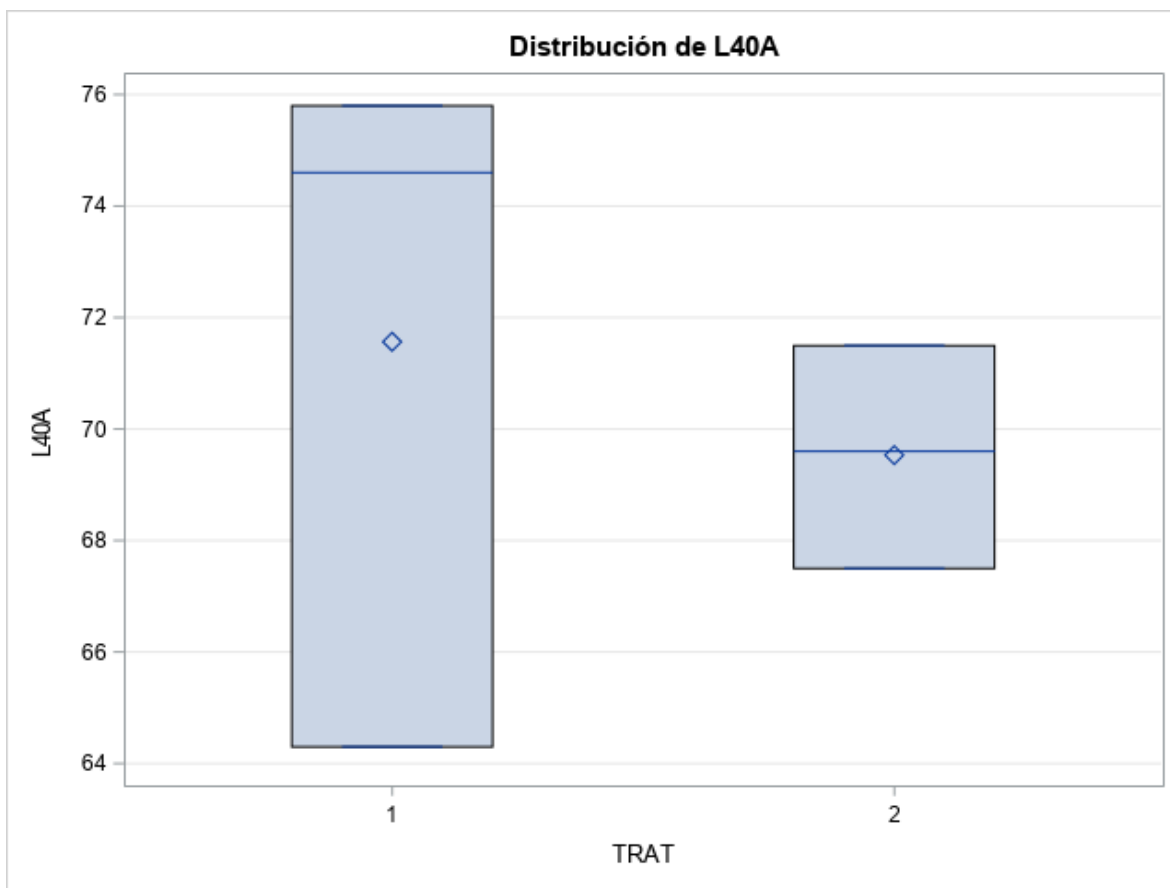
Note: This test controls the Type I experimentwise error rate, but it generally has a higher Type II error rate than REGWQ.

Alpha	0.05
Grados de error de libertad	3
Error de cuadrado medio	0.177778
Valor crítico del rango estudentizado	4.50065
Diferencia significativa mínima	1.0956



Sistema SAS

Procedimiento GLM



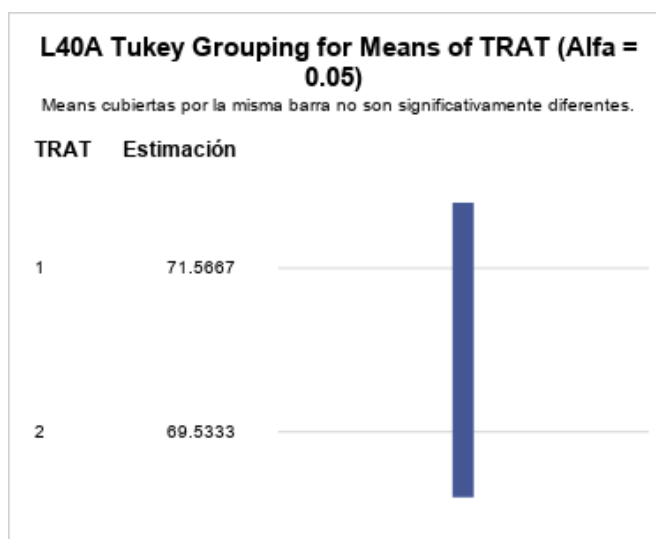
Sistema SAS

Procedimiento GLM

Prueba del rango estudentizado de Tukey (HSD) para L40A

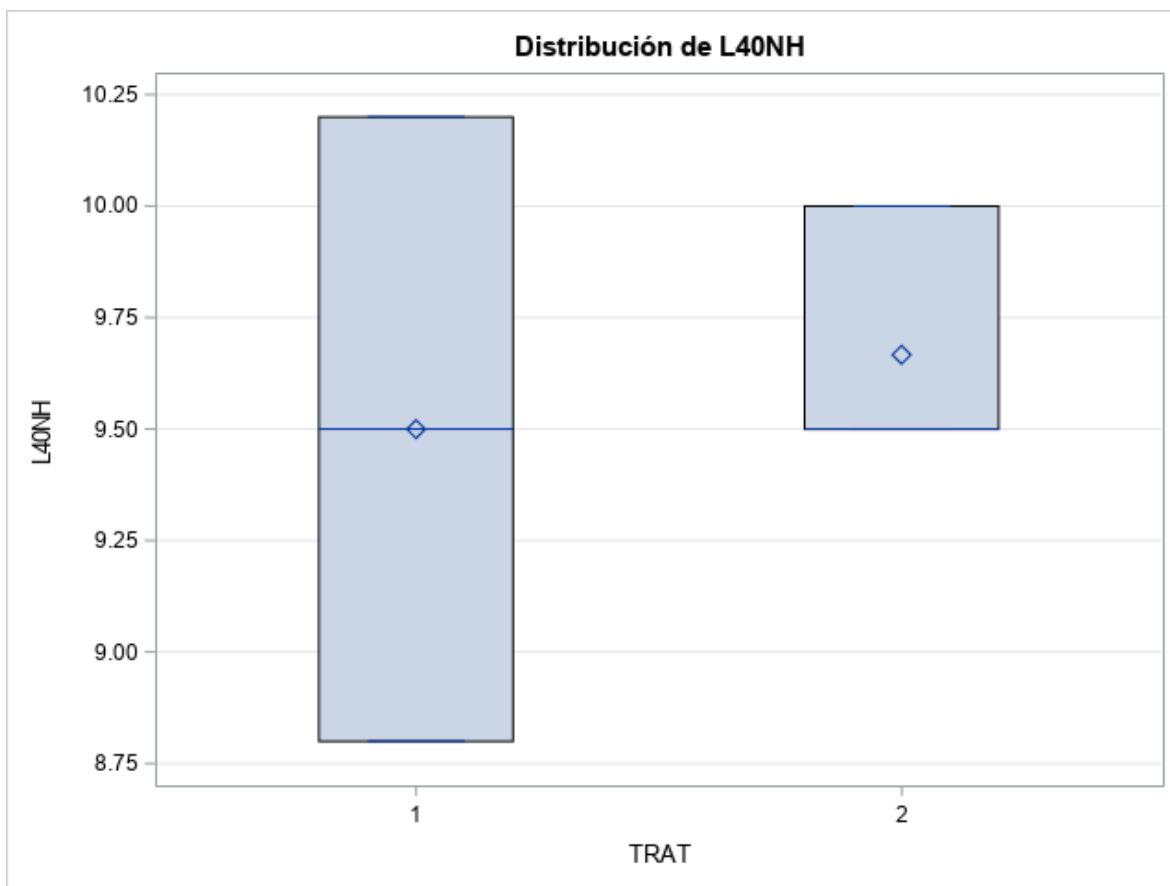
Note: This test controls the Type I experimentwise error rate, but it generally has a higher Type II error rate than REGWQ.

Alpha	0.05
Grados de error de libertad	3
Error de cuadrado medio	13.89778
Valor crítico del rango estudentizado	4.50065
Diferencia significativa mínima	9.687



Sistema SAS

Procedimiento GLM



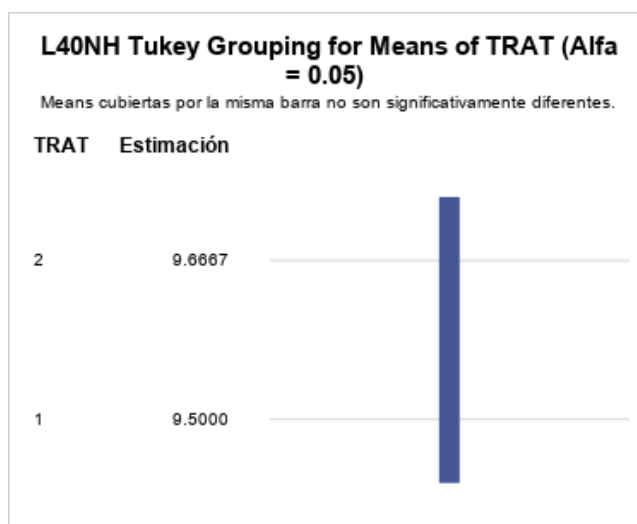
Sistema SAS

Procedimiento GLM

Prueba del rango estudentizado de Tukey (HSD) para L40NH

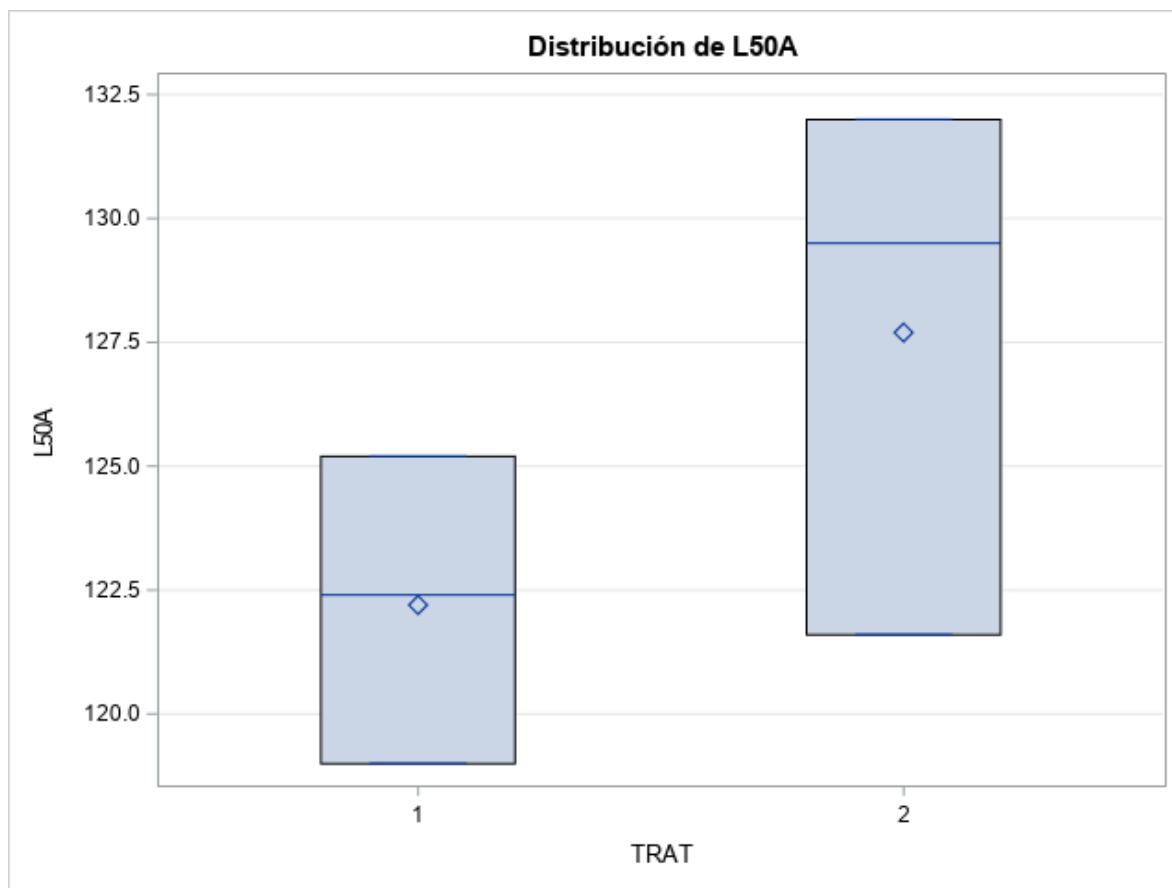
Note: This test controls the Type I experimentwise error rate, but it generally has a higher Type II error rate than REGWQ.

Alpha	0.05
Grados de error de libertad	3
Error de cuadrado medio	0.378889
Valor crítico del rango estudentizado	4.50065
Diferencia significativa mínima	1.5994



Sistema SAS

Procedimiento GLM



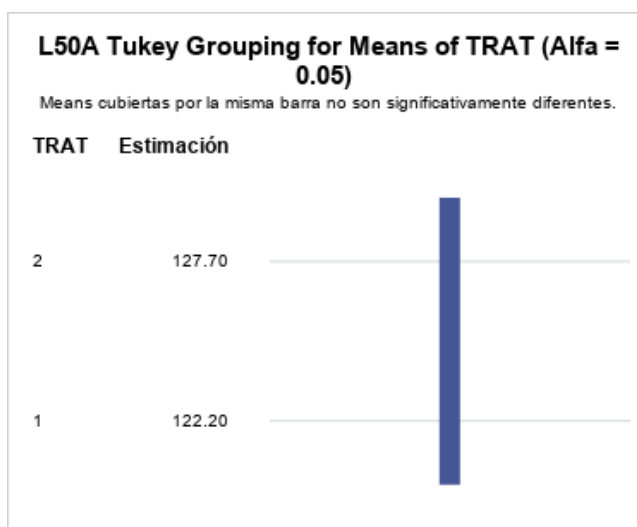
Sistema SAS

Procedimiento GLM

Prueba del rango estudentizado de Tukey (HSD) para L50A

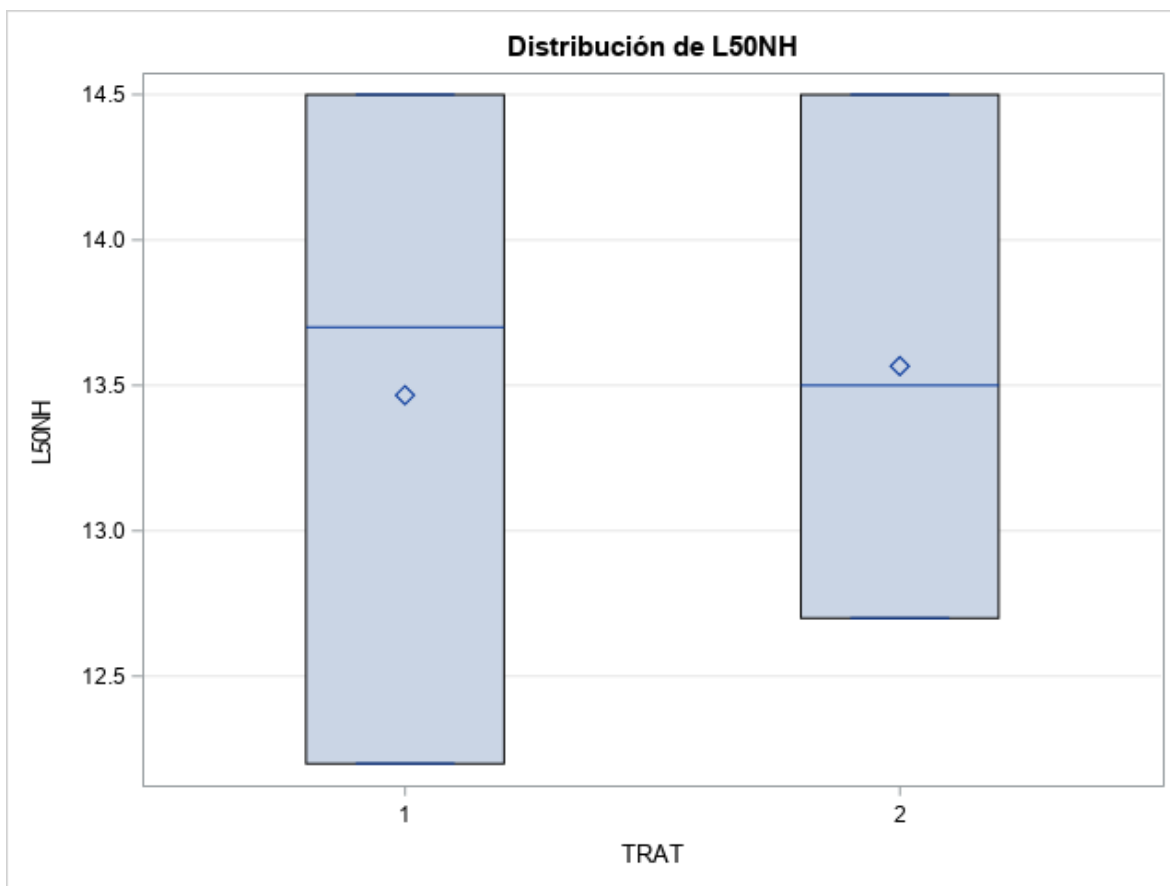
Note: This test controls the Type I experimentwise error rate, but it generally has a higher Type II error rate than REGWQ.

Alpha	0.05
Grados de error de libertad	3
Error de cuadrado medio	15.4325
Valor crítico del rango estudentizado	4.50065
Diferencia significativa mínima	10.208



Sistema SAS

Procedimiento GLM



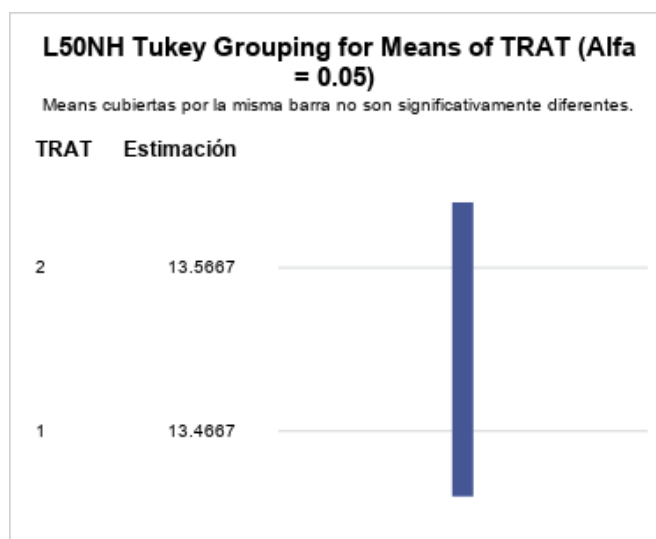
Sistema SAS

Procedimiento GLM

Prueba del rango estudentizado de Tukey (HSD) para L50NH

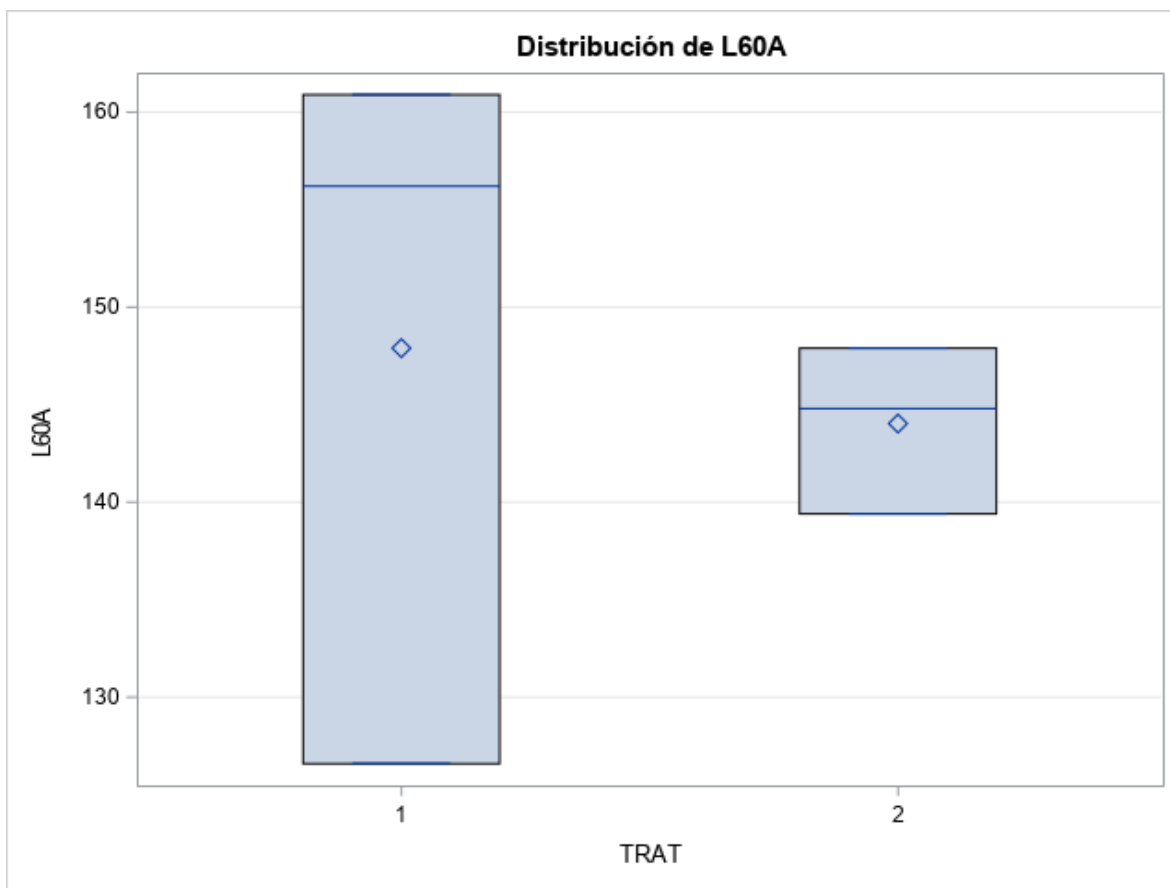
Note: This test controls the Type I experimentwise error rate, but it generally has a higher Type II error rate than REGWQ.

Alpha	0.05
Grados de error de libertad	3
Error de cuadrado medio	1.410278
Valor crítico del rango estudentizado	4.50065
Diferencia significativa mínima	3.0858



Sistema SAS

Procedimiento GLM



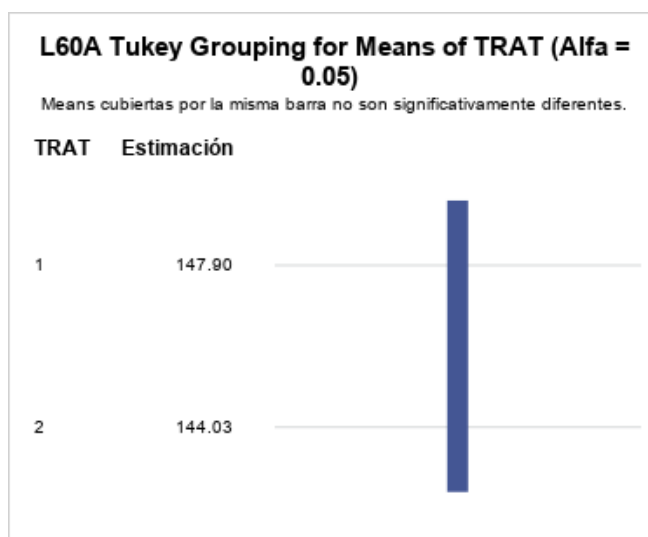
Sistema SAS

Procedimiento GLM

Prueba del rango estudentizado de Tukey (HSD) para L60A

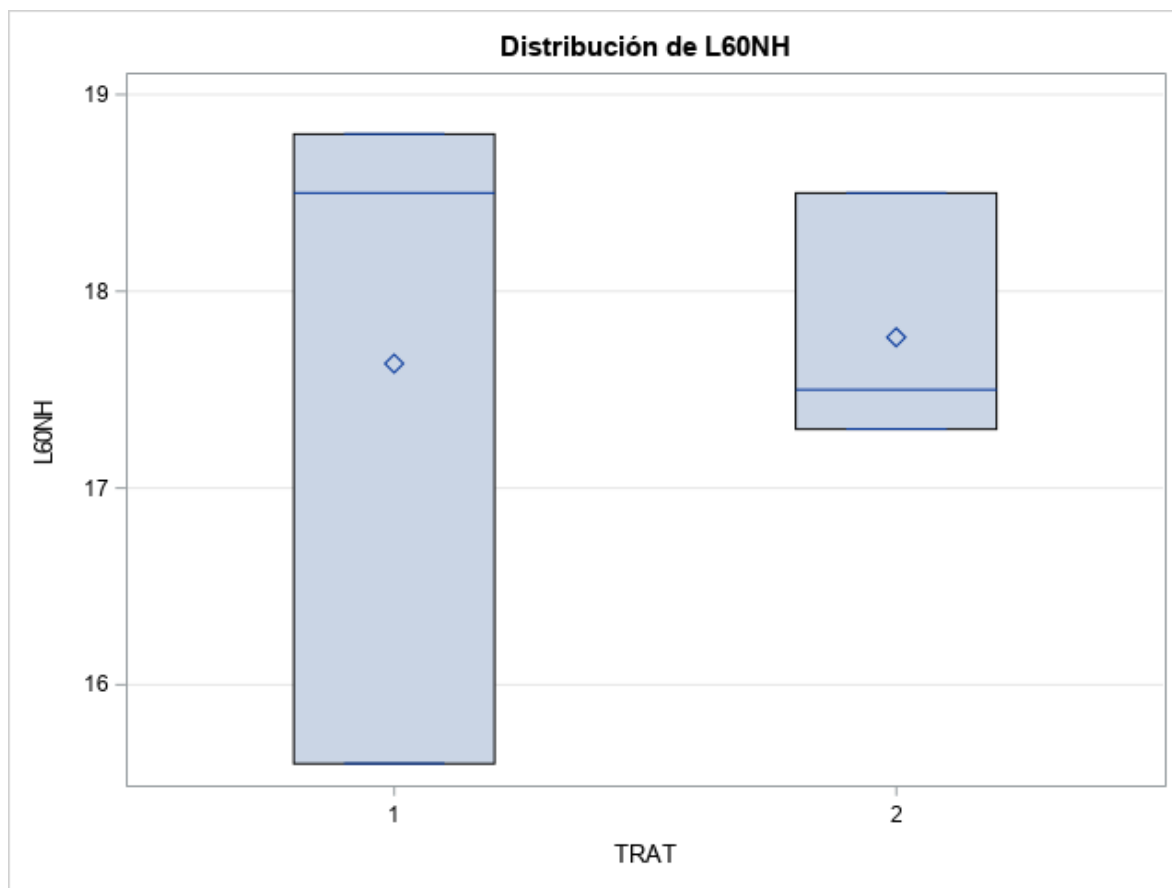
Note: This test controls the Type I experimentwise error rate, but it generally has a higher Type II error rate than REGWQ.

Alpha	0.05
Grados de error de libertad	3
Error de cuadrado medio	121.8947
Valor crítico del rango estudentizado	4.50065
Diferencia significativa mínima	28.688



Sistema SAS

Procedimiento GLM



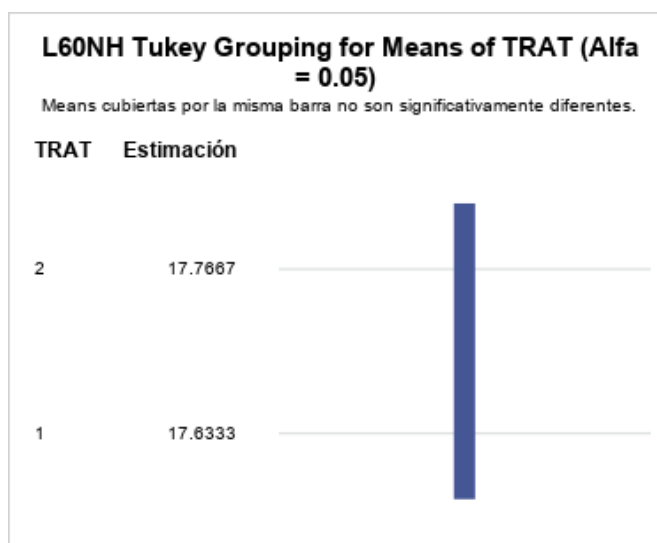
Sistema SAS

Procedimiento GLM

Prueba del rango estudentizado de Tukey (HSD) para L60NH

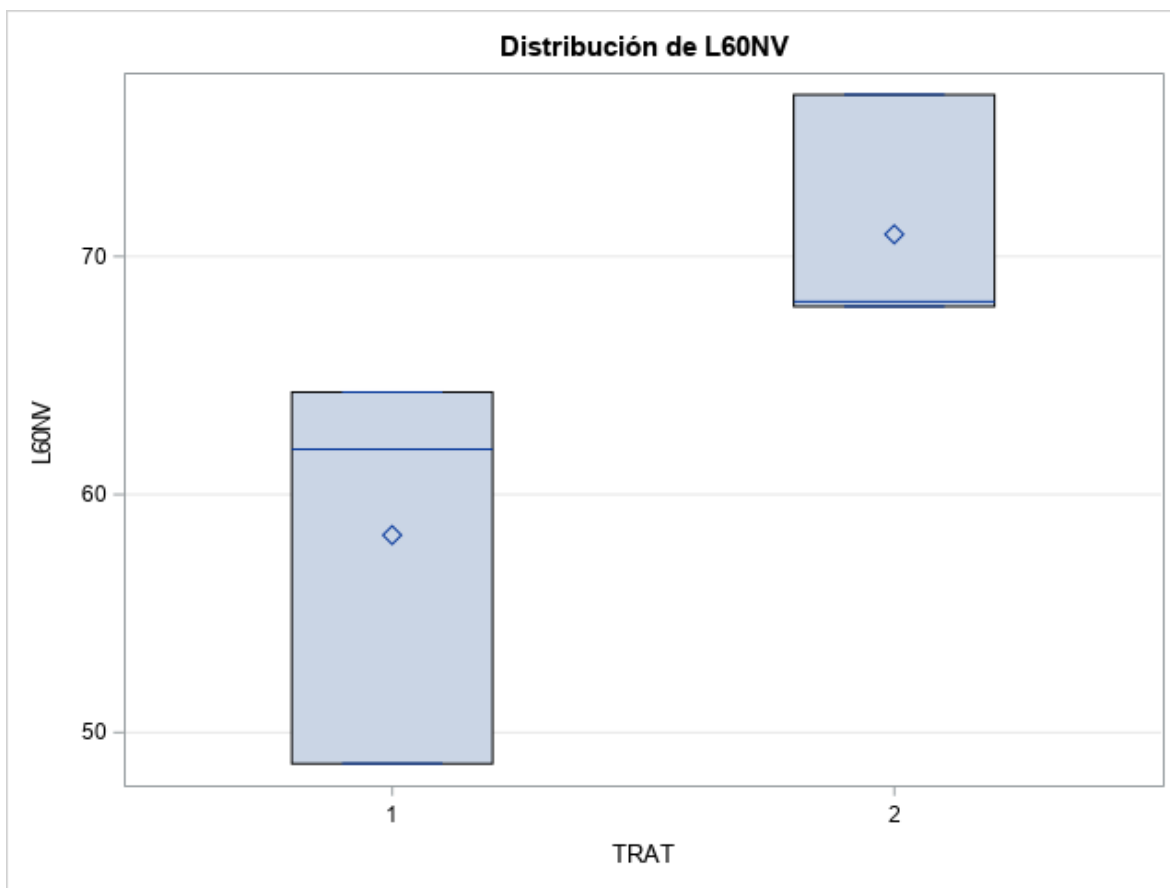
Note: This test controls the Type I experimentwise error rate, but it generally has a higher Type II error rate than REGWQ.

Alpha	0.05
Grados de error de libertad	3
Error de cuadrado medio	1.394444
Valor crítico del rango estudentizado	4.50065
Diferencia significativa mínima	3.0684



Sistema SAS

Procedimiento GLM



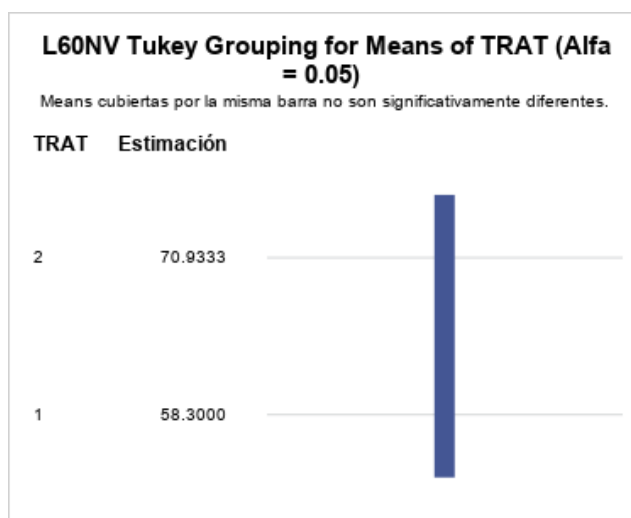
Sistema SAS

Procedimiento GLM

Prueba del rango estudentizado de Tukey (HSD) para L60NV

Note: This test controls the Type I experimentwise error rate, but it generally has a higher Type II error rate than REGWQ.

Alpha	0.05
Grados de error de libertad	3
Error de cuadrado medio	49.29222
Valor crítico del rango estudentizado	4.50065
Diferencia significativa mínima	18.243



Sistema SAS

Procedimiento GLM

**Información del nivel de
clase**

Clase	Niveles	Valores
TRAT	2	1 2

N.º observaciones leídas 6

Número de observaciones usadas 6

Procedimiento GLM

Variable dependiente: BLOQ

Origen	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	Valor F	Pr > F
Modelo	2	4.00000000	2.00000000	Infty	<.0001
Error	3	0.00000000	0.00000000		
Total corregido	5	4.00000000			

R-cuadrado Var Coef. Raíz MSE Media de BLOQ

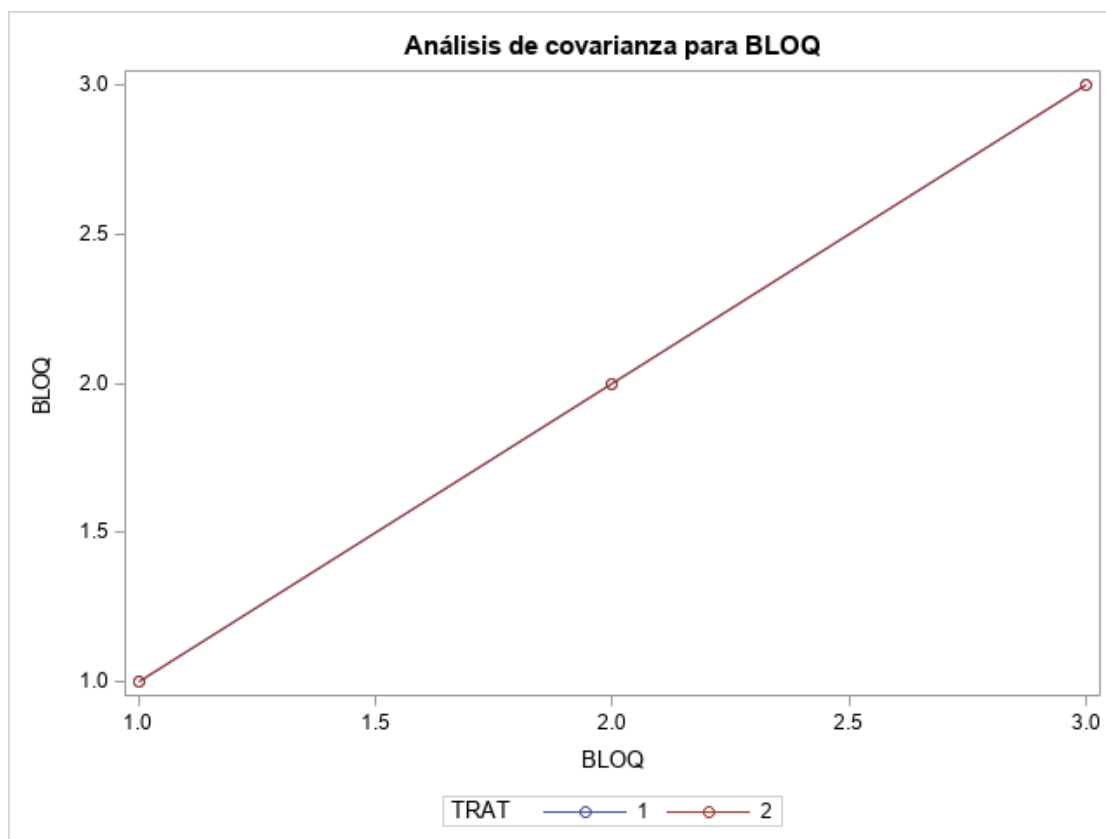
1.000000 0 0 2.000000

Origen	DF	Tipo I SS	Cuadrado de la media	Valor F	Pr > F
--------	----	-----------	----------------------	---------	--------

TRAT	1	0.00000000	0.00000000	.	.
BLOQ	1	4.00000000	4.00000000	Infty	<.0001

Origen	DF	Tipo III SS	Cuadrado de la media	Valor F	Pr > F
--------	----	-------------	----------------------	---------	--------

TRAT	1	0.00000000	0.00000000	.	.
BLOQ	1	4.00000000	4.00000000	Infty	<.0001



Sistema SAS

Procedimiento GLM

Variable dependiente: NTP NTP

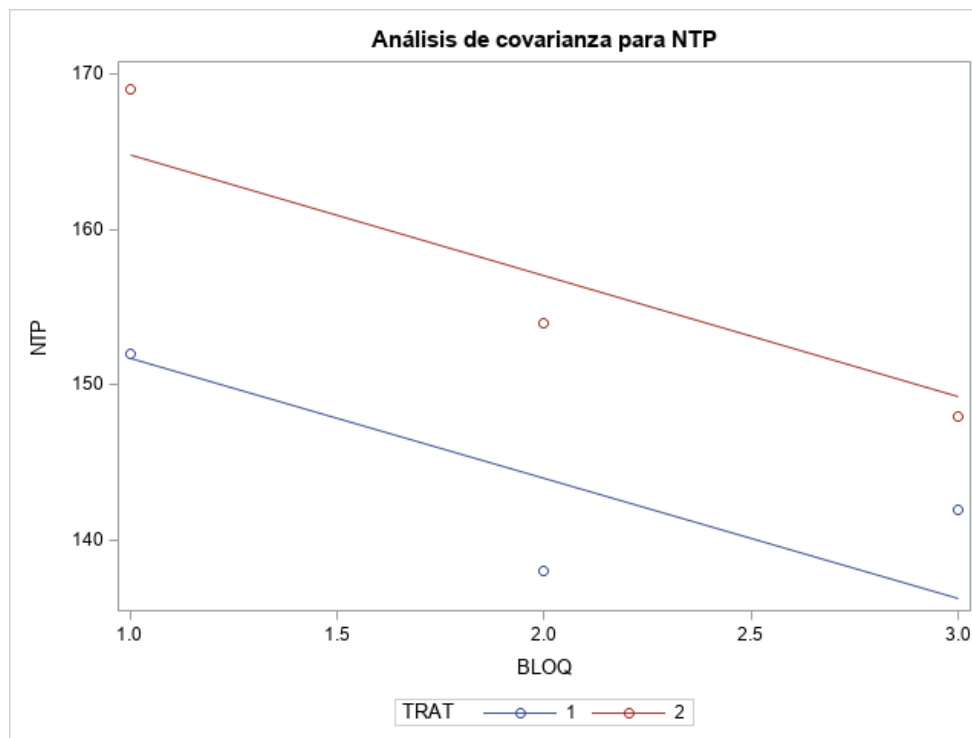
Origen	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	Valor F	Pr > F
Modelo	2	493.7500000	246.8750000	7.58	0.0672
Error	3	97.7500000	32.5833333		
Total corregido	5	591.5000000			

R-cuadrado Var Coef. Raíz MSE Media de NTP

0.834742 3.792811 5.708181 150.5000

Origen	DF	Tipo I SS	Cuadrado de la media	Valor F	Pr > F
TRAT	1	253.5000000	253.5000000	7.78	0.0685
BLOQ	1	240.2500000	240.2500000	7.37	0.0728

Origen	DF	Tipo III SS	Cuadrado de la media	Valor F	Pr > F
TRAT	1	253.5000000	253.5000000	7.78	0.0685
BLOQ	1	240.2500000	240.2500000	7.37	0.0728



Sistema SAS

Procedimiento GLM

Variable dependiente: NTVPP NTVPP

Origen	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	Valor F	Pr > F
Modelo	2	284.2916667	142.1458333	2.88	0.2002
Error	3	147.8766667	49.2922222		
Total corregido	5	432.1683333			

R-cuadrado Var Coef. Raíz MSE Media de NTVPP

0.657826 10.86537 7.020842 64.61667

Origen DF Tipo I SS Cuadrado de la media Valor F Pr > F

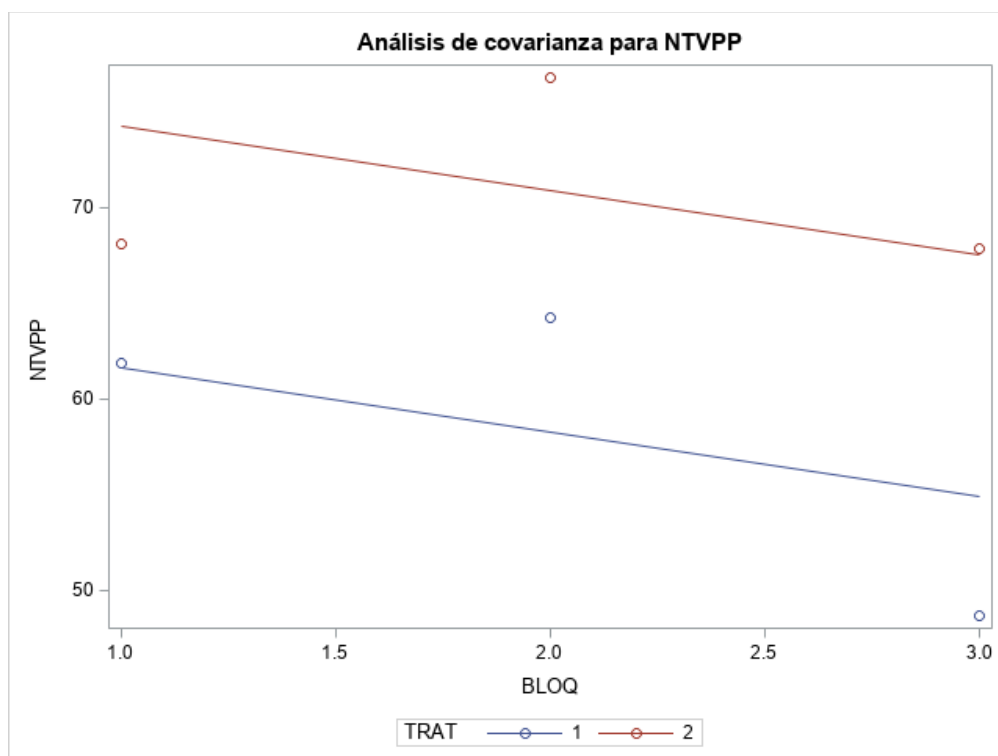
TRAT 1 239.4016667 239.4016667 4.86 0.1148

BLOQ 1 44.8900000 44.8900000 0.91 0.4103

Origen DF Tipo III SS Cuadrado de la media Valor F Pr > F

TRAT 1 239.4016667 239.4016667 4.86 0.1148

BLOQ 1 44.8900000 44.8900000 0.91 0.4103



Sistema SAS

Procedimiento GLM

Variable dependiente: NVLPP NVLPP

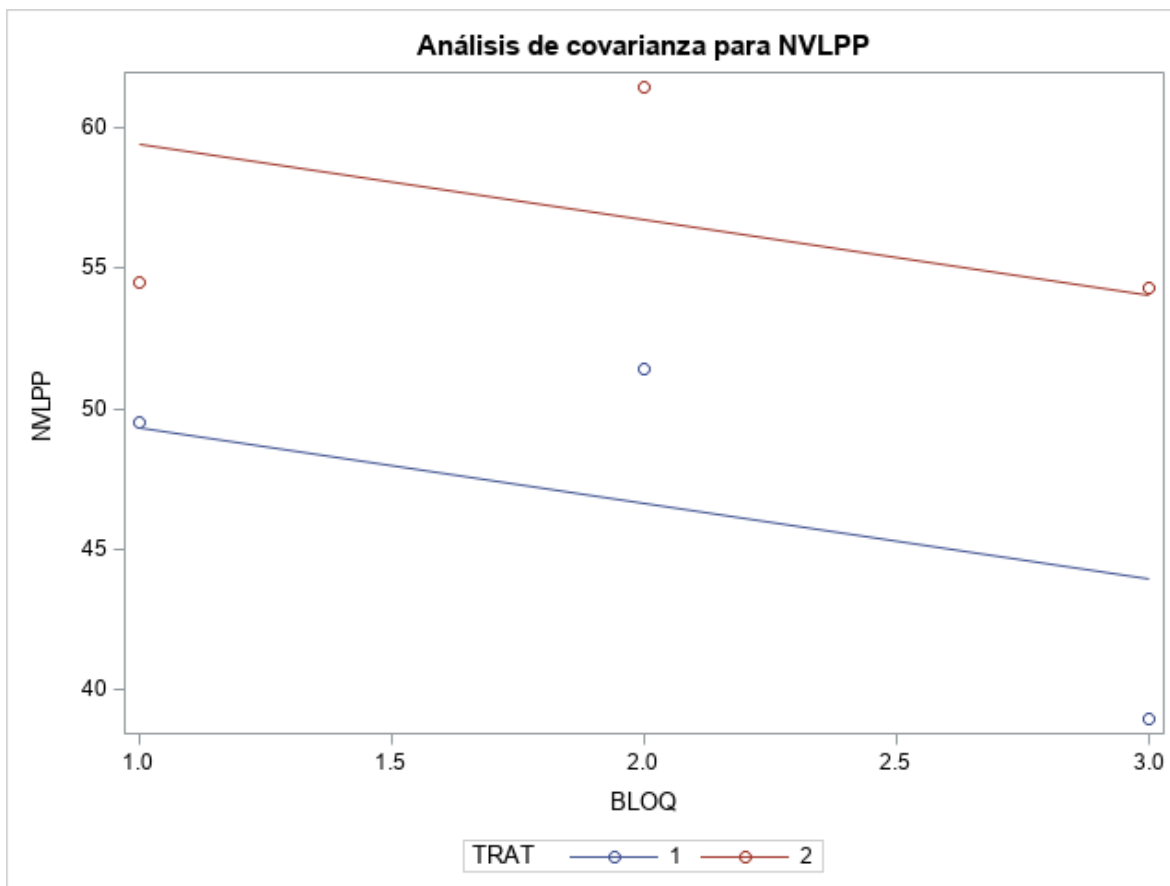
Origen	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	Valor F	Pr > F
Modelo	2	181.9466667	90.9733333	2.88	0.2002
Error	3	94.6410667	31.5470222		
Total corregido	5	276.5877333			

R-cuadrado Var Coef. Raíz MSE Media de NVLPP

0.657826 10.86537 5.616674 51.69333

Origen	DF	Tipo I SS	Cuadrado de la media	Valor F	Pr > F
TRAT	1	153.2170667	153.2170667	4.86	0.1148
BLOQ	1	28.7296000	28.7296000	0.91	0.4103

Origen	DF	Tipo III SS	Cuadrado de la media	Valor F	Pr > F
TRAT	1	153.2170667	153.2170667	4.86	0.1148
BLOQ	1	28.7296000	28.7296000	0.91	0.4103



Sistema SAS

Procedimiento GLM

Variable dependiente: NTGPP NTGPP

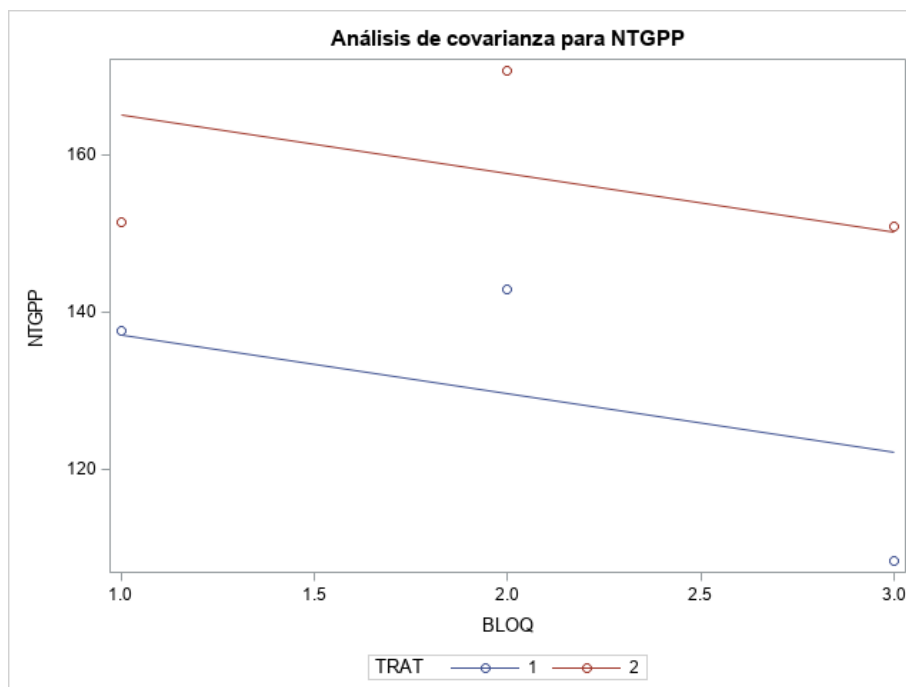
Origen	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	Valor F	Pr > F
Modelo	2	1406.156619	703.078309	2.88	0.2002
Error	3	731.424020	243.808007		
Total corregido	5	2137.580638			

R-cuadrado Var Coef. Raíz MSE Media de NTGPP

0.657826 10.86537 15.61435 143.7075

Origen	DF	Tipo I SS	Cuadrado de la media	Valor F	Pr > F
TRAT	1	1184.122778	1184.122778	4.86	0.1148
BLOQ	1	222.033841	222.033841	0.91	0.4103

Origen	DF	Tipo III SS	Cuadrado de la media	Valor F	Pr > F
TRAT	1	1184.122778	1184.122778	4.86	0.1148
BLOQ	1	222.033841	222.033841	0.91	0.4103



Sistema SAS

Procedimiento GLM

Variable dependiente: NTGPPar NTGPPar

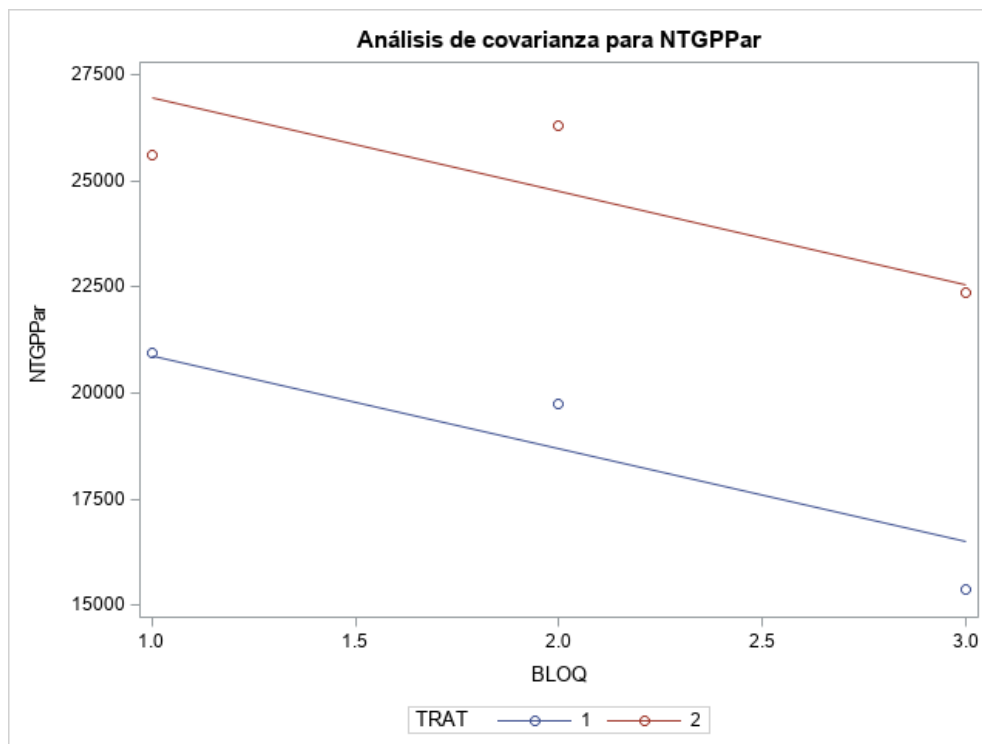
Origen	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	Valor F	Pr > F
Modelo	2	74587452.59	37293726.30	16.92	0.0232
Error	3	6612268.99	2204089.66		
Total corregido	5	81199721.59			

R-cuadrado Var Coef. Raíz MSE Media de NTGPPar

0.918568 6.836916 1484.618 21714.73

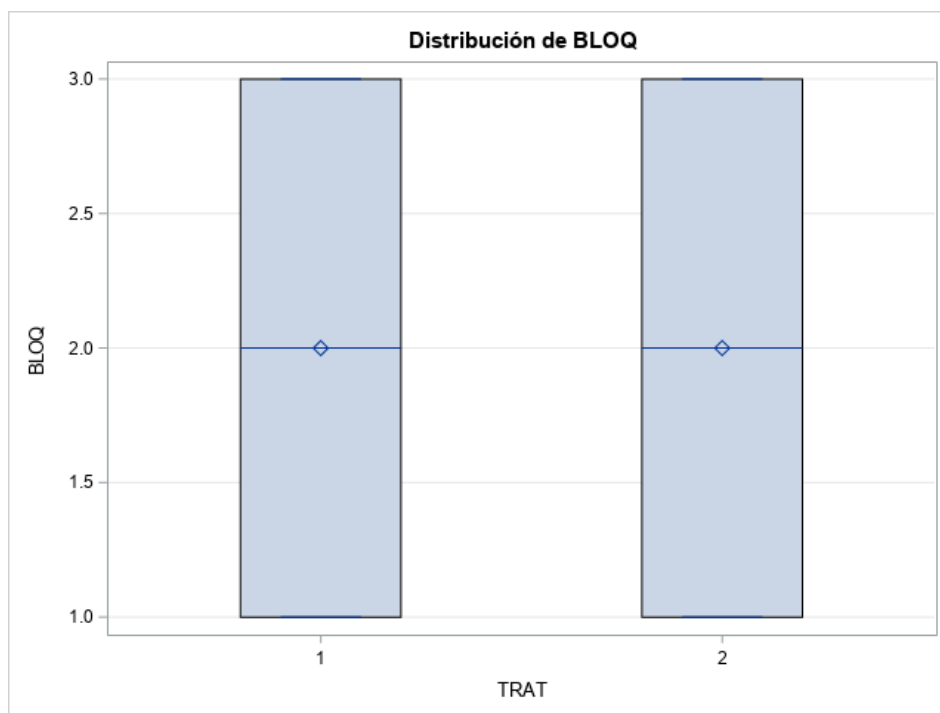
Origen	DF	Tipo I SS	Cuadrado de la media	Valor F	Pr > F
TRAT	1	55263979.99	55263979.99	25.07	0.0153
BLOQ	1	19323472.61	19323472.61	8.77	0.0595

Origen	DF	Tipo III SS	Cuadrado de la media	Valor F	Pr > F
TRAT	1	55263979.99	55263979.99	25.07	0.0153
BLOQ	1	19323472.61	19323472.61	8.77	0.0595



Sistema SAS

Procedimiento GLM



Sistema SAS

Procedimiento GLM

Prueba del rango múltiple de Duncan para BLOQ

Note: This test controls the Type I comparisonwise error rate, not the experimentwise error rate.

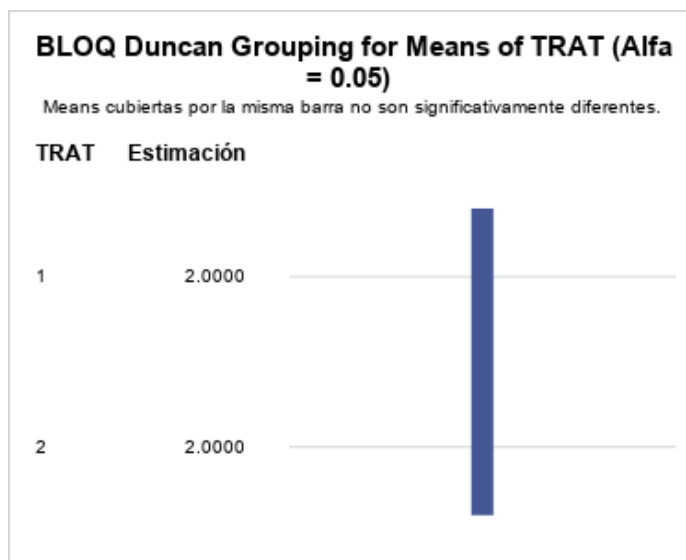
Alpha 0.05

Grados de error de libertad 3

Error de cuadrado medio 0

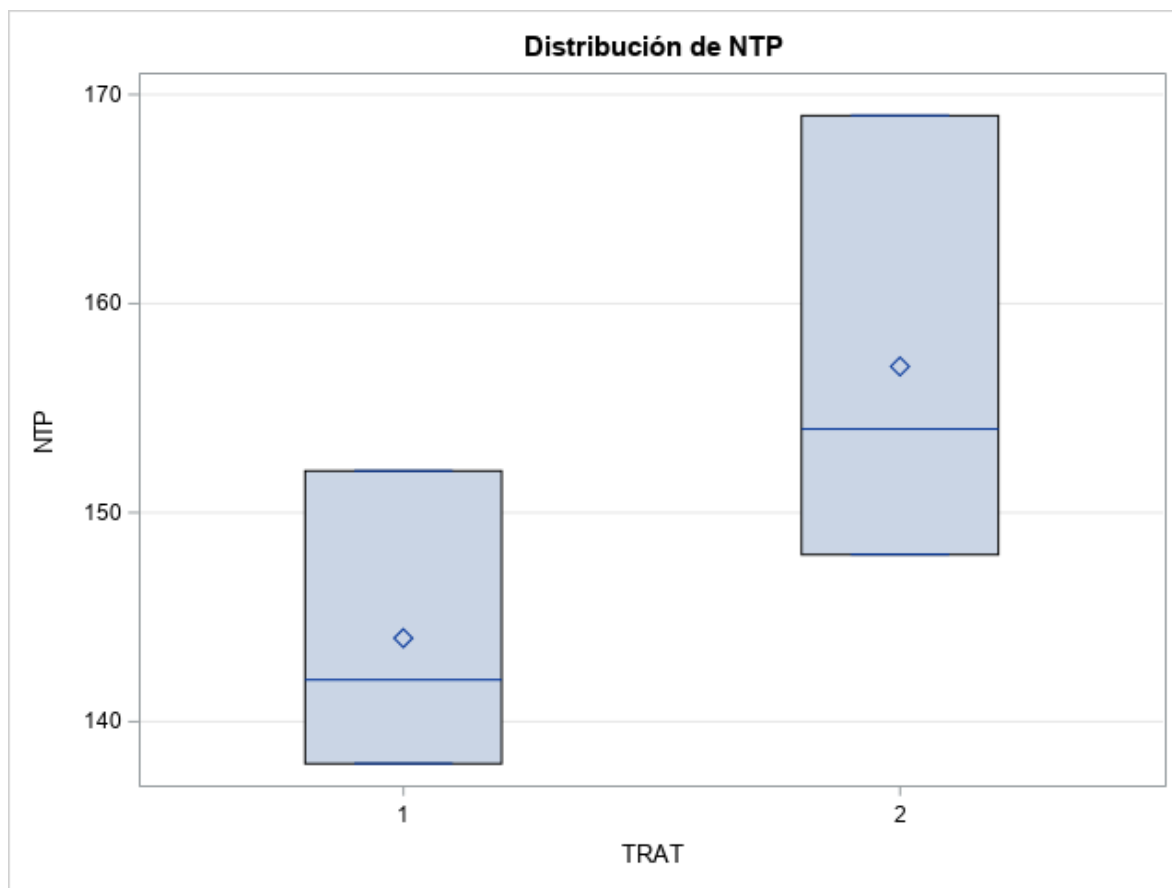
Número de medias 2

Rango crítico 0



Sistema SAS

Procedimiento GLM



Sistema SAS

Procedimiento GLM

Prueba del rango múltiple de Duncan para NTP

Note: This test controls the Type I comparisonwise error rate, not the experimentwise error rate.

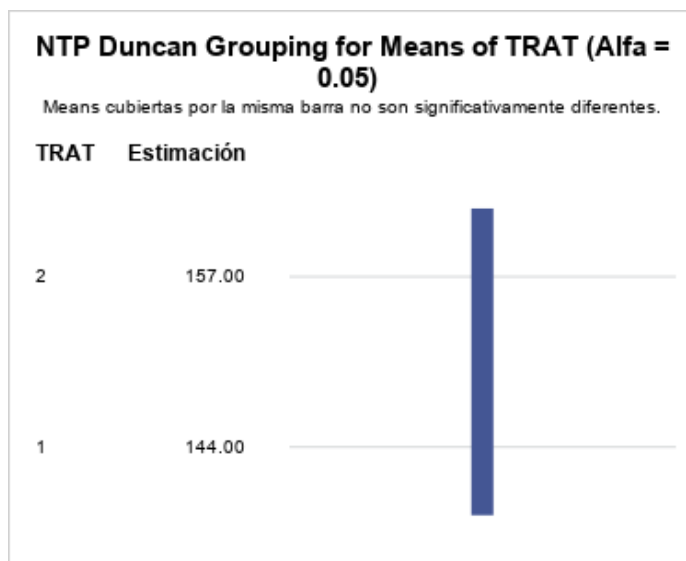
Alpha 0.05

Grados de error de libertad 3

Error de cuadrado medio 32.58333

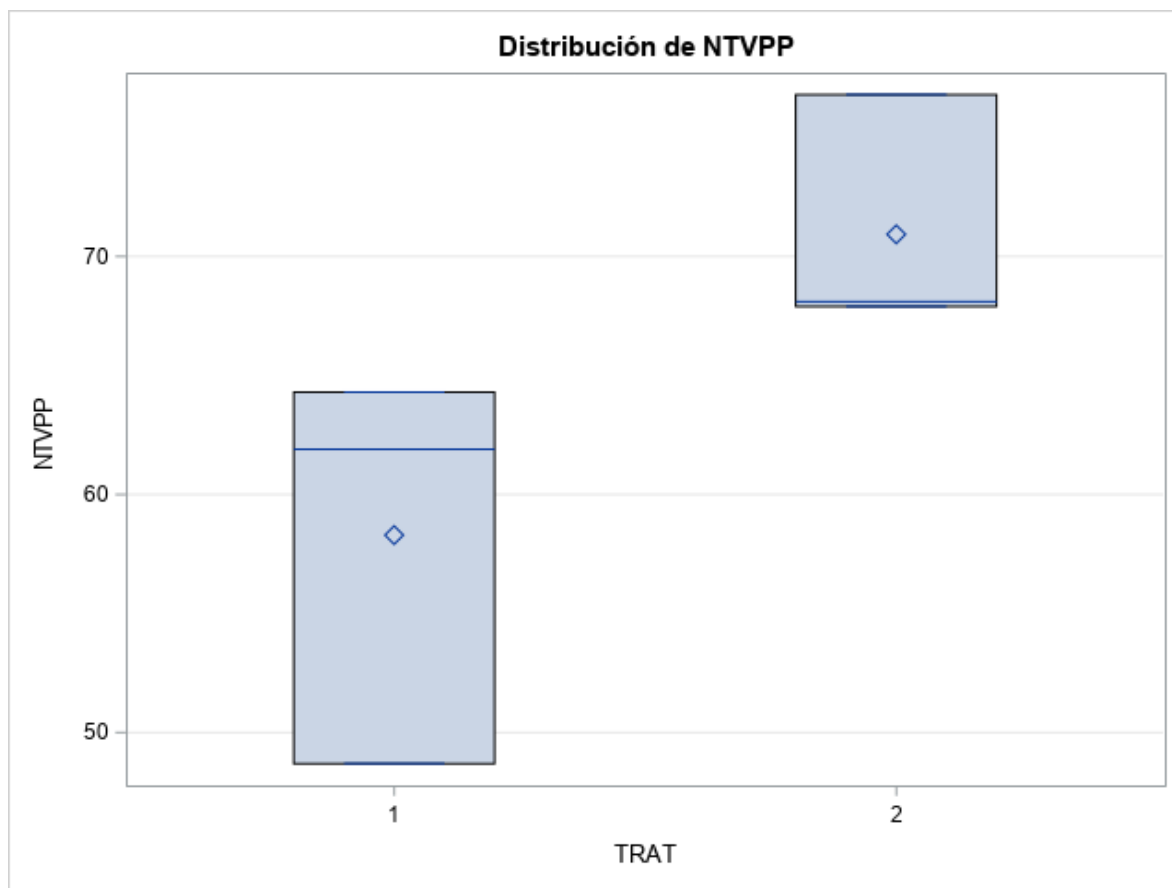
Número de medias 2

Rango crítico 14.83



Sistema SAS

Procedimiento GLM



Sistema SAS

Procedimiento GLM

Prueba del rango múltiple de Duncan para NTVPP

Note: This test controls the Type I comparisonwise error rate, not the experimentwise error rate.

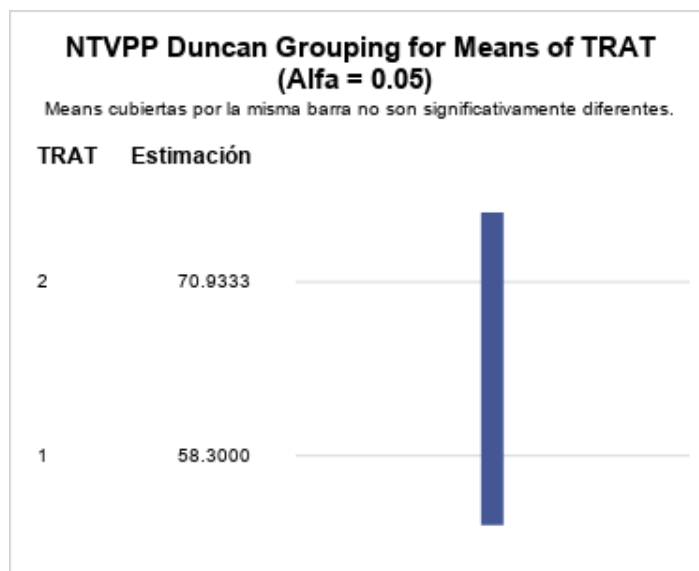
Alpha 0.05

Grados de error de libertad 3

Error de cuadrado medio 49.29222

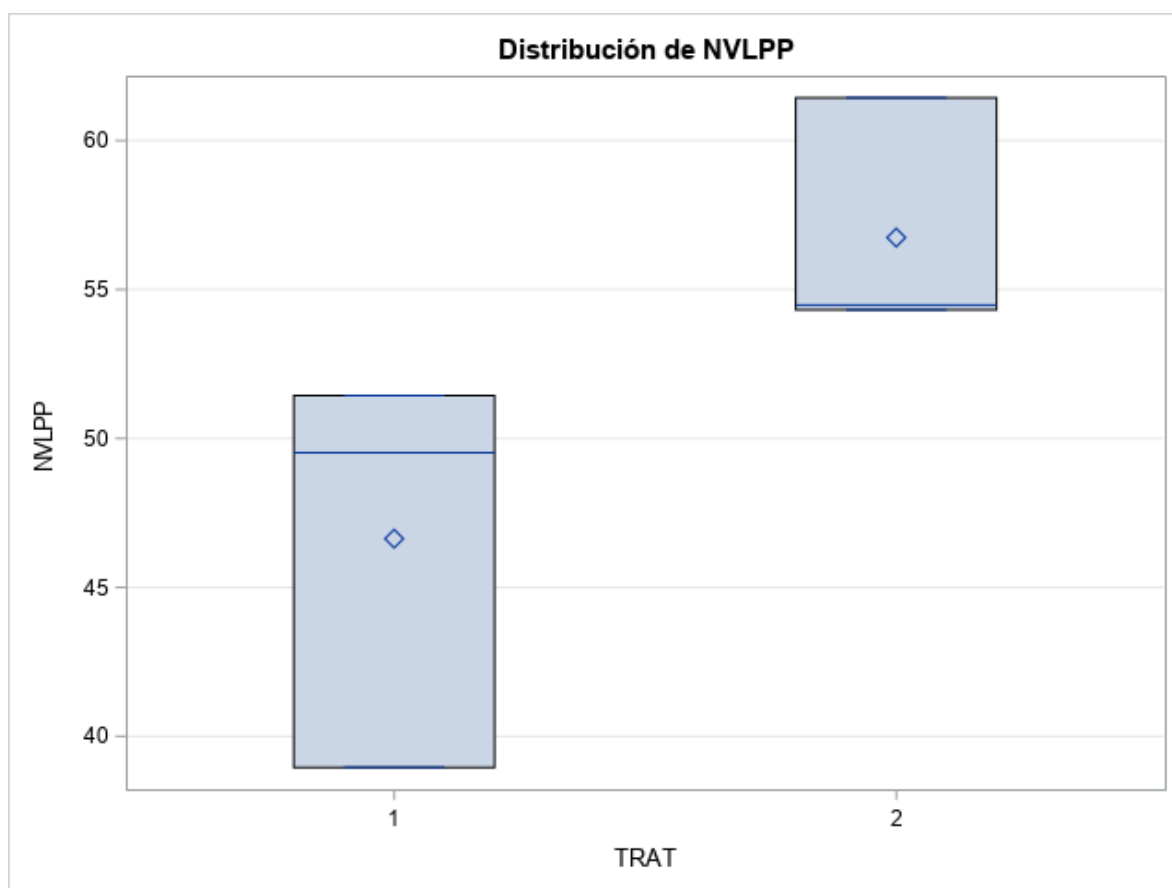
Número de medias 2

Rango crítico 18.24



Sistema SAS

Procedimiento GLM



Sistema SAS

Procedimiento GLM

Prueba del rango múltiple de Duncan para NVLPP

Note: This test controls the Type I comparisonwise error rate, not the experimentwise error rate.

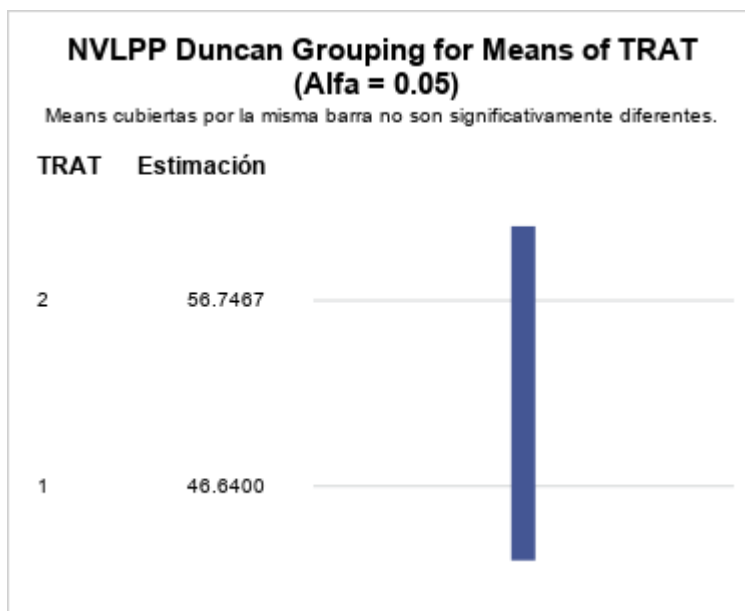
Alpha 0.05

Grados de error de libertad 3

Error de cuadrado medio 31.54702

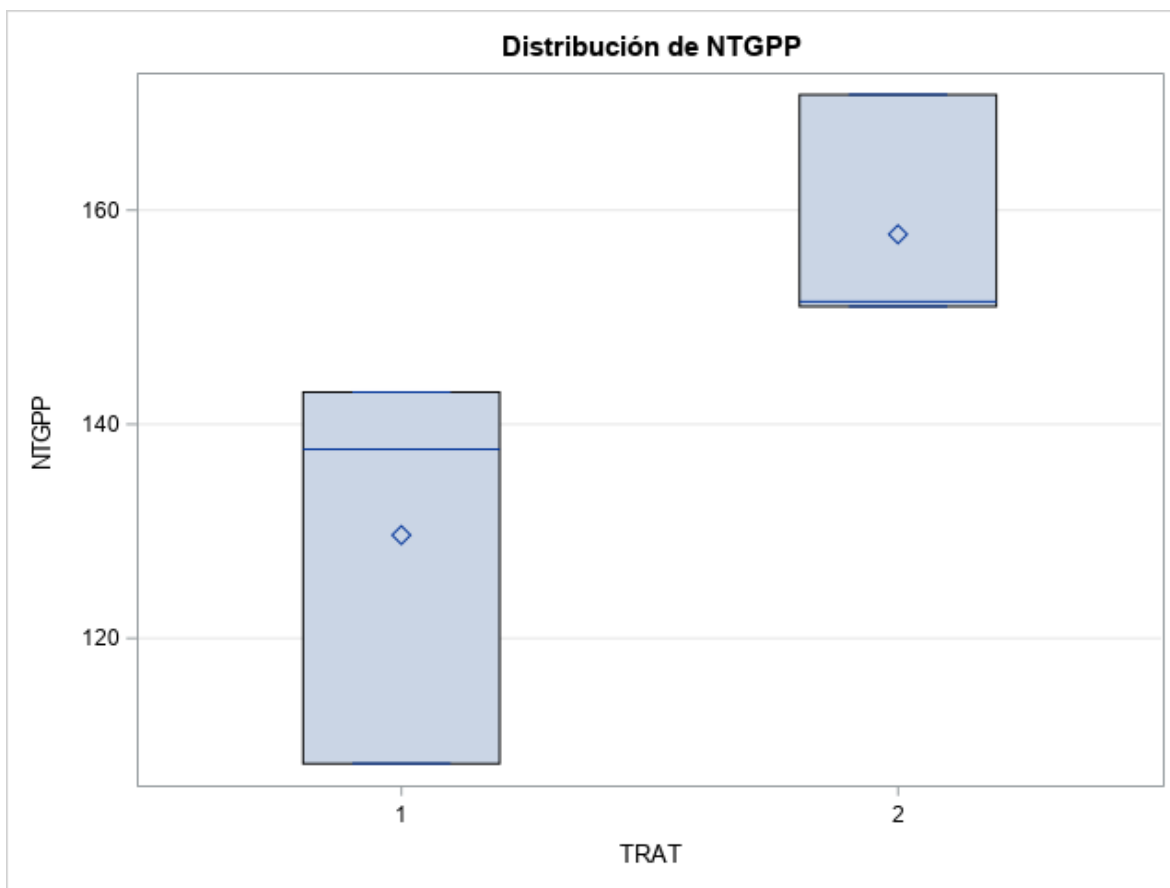
Número de medias 2

Rango crítico 14.59



Sistema SAS

Procedimiento GLM



Sistema SAS

Procedimiento GLM

Prueba del rango múltiple de Duncan para NTGPP

Note: This test controls the Type I comparisonwise error rate, not the experimentwise error rate.

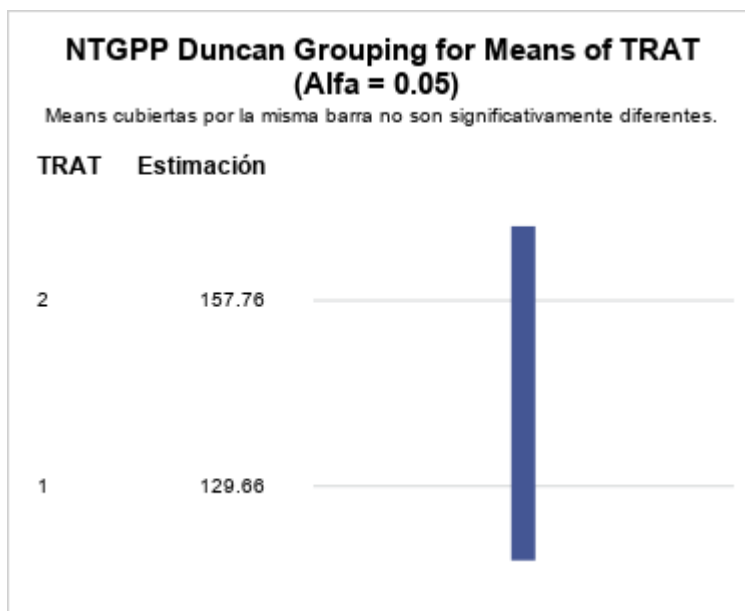
Alpha 0.05

Grados de error de libertad 3

Error de cuadrado medio 243.808

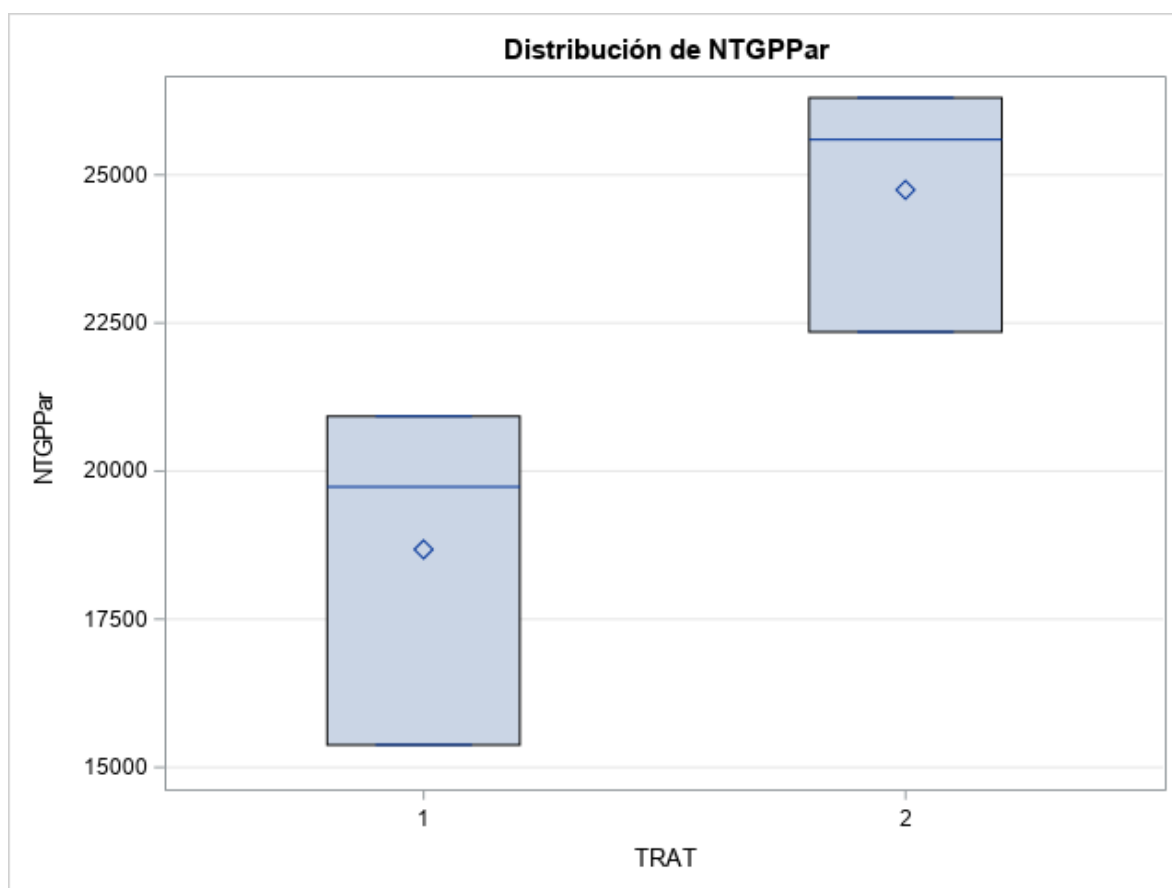
Número de medias 2

Rango crítico 40.57



Sistema SAS

Procedimiento GLM



Sistema SAS

Procedimiento GLM

Prueba del rango múltiple de Duncan para NTGPPar

Note: This test controls the Type I comparisonwise error rate, not the experimentwise error rate.

Alpha 0.05

Grados de error de libertad 3

Error de cuadrado medio 2204090

Número de medias 2

Rango crítico 3858

