

**INFLUENCIA DEL NITRÓGENO SOBRE EL CRECIMIENTO Y EL
RENDIMIENTO DE LA NUEZ PECÁN**

Tesina del alumno

FERNANDO MARTIN CAVO

Este trabajo ha sido presentado como requisito para la obtención del
título de

INGENIERO AGRÓNOMO

Carrera: Ingeniería Agronómica

**Escuela de Ciencias Agrarias, Naturales y Ambientales.
Universidad Nacional del Noroeste de la Provincia de Buenos Aires.**

Junín,.....

**INFLUENCIA DEL NITRÓGENO SOBRE EL CRECIMIENTO Y EL
RENDIMIENTO DE LA NUEZ PECÁN**

Tesina del alumno

FERNANDO MARTIN CAVO

Aprobada por el Tribunal Evaluador de Tesina

.....

.....
Ing. Agr. Enrique Alberto Frusso
Director

.....
Ing. Agr. Silvana Seta
Co-Director

**Escuela de Ciencias Agrarias, Naturales y Ambientales,
Universidad Nacional del Noroeste de la Provincia de Buenos Aires.**

ÍNDICE

1. Resumen.....	5
2. Introducción.....	6
2.1 Origen, producción y antecedentes del cultivo en Argentina.....	6
2.2 Requerimientos edáficos y climáticos.....	9
2.3 Características botánicas del pecán.....	10
2.4 Importancia del nitrógeno en el pecán.....	11
3. Hipótesis.....	16
4. Objetivos.....	16
4.1 Objetivo General.....	16
4.2 Objetivo específico.....	16
5. Materiales y Métodos.....	16
5.1 Descripción del área de trabajo y caracterización del suelo.....	16
5.2 Características del experimento de campo.....	18
5.3 Variables.....	20
5.4 Diseño estadístico de la investigación.....	21
6. Resultados.....	22
6.1 Respuesta del crecimiento y desarrollo vegetativo del pecán frente a la fertilización nitrogenada.	
6.1.1 Tasa de crecimiento de la altura del árbol.....	22
6.1.2 Tasa de crecimiento del diámetro del tronco.....	22
6.2 Respuesta del rendimiento de la nuez de pecán frente a la fertilización nitrogenada.	
6.2.1 Peso seco embrión.....	24
6.2.2 Peso seco cascara.....	24
6.2.3 Peso seco involucro.....	25
6.2.4 Peso seco fruto.....	26
6.2.5 Peso seco nuez.....	27
6.2.6 Peso seco promedio de la nuez.....	28
6.2.7 Peso seco promedio de un embrión.....	29
6.2.8 Porcentaje de llenado del embrión.....	29
6.2.9 Largo de la nuez promedio.....	29
6.2.10 Número de nueces por árbol.....	30
6.2.11 Número de nueces / kg de nuez.....	31
6.3 Correlación entre el crecimiento y el rendimiento del árbol.....	32
6.4 Análisis estadístico de la campaña 2014.....	36
7. Discusión.....	41
8. Conclusión.....	47
9. Bibliografías.....	49
10. Referencias.....	55
11. Anexos.....	58

Agradecimientos

A mi familia, por el apoyo de cada día y por la confianza que me brindan siempre. A mis padres, Juan José Cavo y Daisy Cristaldo de Cavo por brindarme su sabiduría, por sus sacrificios que realizan día a día para que nunca me falte nada. Además por hacer que cada día sea una mejor persona mediante la gran enseñanza recibida a lo largo de la vida. A mis hermanos, Cesar Paulo Cavo y José Ignacio Cavo, por ser un ejemplo en mi vida, y a mi novia Carola Skeppstedt por su afecto y apoyo incondicional de siempre.

A mi Director Enrique Alberto Frusso y a mi Co-Directora Silvana Seta por aceptar ser parte de esta investigación, por la gran ayuda recibida durante la elaboración del proyecto, por guiarme, por brindarme sus conocimientos y por toda la predisposición brindada.

A la Universidad Nacional del Noroeste de Buenos Aires (UNNOBA) por darme la posibilidad de tener una excelente educación y formarme como profesional.

Al INTA Campana y al proyecto ProPecán, fundamentalmente a los ingenieros Ernesto Madero y Enrique Frusso por sus conocimientos y trabajos basados en la nuez Pecán en el país y por su gran aporte a la difusión de este cultivo a lo largo de la Argentina.

Al Sr. Nicolás Pieroni por permitir desarrollar la tesina en su establecimiento y brindarme sus herramientas y maquinarias para realizar las labores en el campo. Además por transmitirme su entusiasmo y conocimiento sobre el cultivo.

Al estadístico de la UBA Pablo Cipriotti por su colaboración en el diseño estadístico y sus conocimientos brindados.

Por último, agradezco a mi amigo Jonatan Cunha Duarte y a mi hermano José Ignacio Cavo por su colaboración en las actividades de cosecha de los frutos.

1. RESUMEN

Hay muy poca información científica desarrollada en Argentina con respecto a la fertilización nitrogenada en plantas de nuez pecán. La mayoría de la información disponible es obtenida mediante trabajos realizados en Estados Unidos y México. Varios estudios de esos países han demostrado la importancia que posee el nitrógeno en el crecimiento y en la determinación del rendimiento del pecán. El trabajo planteado en esta investigación parte de la base de la tesis de Maestría realizada por el Director de la presente tesina. Su trabajo consistió en evaluar la Influencia del Nitrógeno, Fósforo y Cinc sobre la composición química y rendimiento de la nuez pecán y su relación con la variabilidad de nutrientes en hoja en una plantación de pecán localizada en la zona de Abasto, La Plata, provincia de Buenos Aires. El ensayo de la presente Tesina se desarrolló en las mismas parcelas y se utilizó el mismo criterio basado en tratamientos de dosis alta, media, baja y testigo, pero con diferentes dosis ya que la edad de los árboles en el presente ensayo es mayor. El objetivo de la tesina fue evaluar las diferencias observadas en el crecimiento y rendimiento de la nuez pecán ante el agregado diferencial de nitrógeno, realizándose el ensayo en Abasto al sur de La Plata, en el establecimiento La Pecana del productor Nicolás Pieroni. El modelo estadístico fue un diseño en bloque completamente aleatorizado con 48 árboles de nuez pecán de la variedad "Stuart" que recibieron distintos tratamientos. Todos los tratamientos poseían 12 árboles y fueron fertilizadas en el mismo momento (brotación), pero se diferenciaban en las dosis de nitrógeno que cada tratamiento recibió, aplicándose 1 kg de urea para el tratamiento 1, 2 kg de urea para el tratamiento 2, 4 kg de urea en el tratamiento 3 y dejando un testigo sin fertilizar. Al comparar los resultados obtenidos en la campaña 2012-2013 con respecto de la campaña 2013-2014 (interacción entre años) se observaron diferencias significativas para todas las variables analizadas exceptuando el porcentaje de llenado del embrión que se mantuvo con un valor del 50 % para las dos campañas. Seguramente inferencias climáticas que no se pueden controlar afectaron el normal desarrollo de la investigación pero aún así se pudo lograr conclusiones muy valiosas que se deben tener en cuenta para el desarrollo del pecán en la zona. En la campaña 2012-2013 se observó un gran desarrollo vegetativo pero muy bajo rendimiento y en la campaña siguiente los resultados fueron contrarios. Se realizó una regresión para observar esta situación y comparar en qué proporción influye el crecimiento de la planta con respecto al rinde observado, pudiendo inferir la posible migración de los carbohidratos producidos hacia el destino de crecimiento vegetativo y fructificación o tejidos de reserva. También, se analizaron los rendimientos de la campaña 2013-2014 (de mayor rinde) y se observó en general una respuesta a la fertilización nitrogenada para el tratamiento 3 que posee dosis más elevadas, pudiendo ser necesario el análisis de dosis más elevadas para futuras investigaciones.

2. INTRODUCCION

2.1 Origen, producción y antecedentes del cultivo en Argentina.

El pecán, *Carya illinoensis* (Wangenh.) K. Koch (Grauke, 1985) es un árbol de doble propósito, frutal y forestal, siendo su principal uso el frutal. Es un árbol longevo que puede vivir más de 100 años y puede llegar a tener una altura entre los 45 y 55 m y un diámetro entre 1,2 y 2 m (Sparks, 2005; Chung, 1995).

Es originario del centro y este de los EE.UU. y los valles de los principales ríos de México, su fruto fue ampliamente utilizado por los habitantes precoloniales de esas zonas. Semillas y hojas de pecán fueron encontradas junto con herramientas relacionadas al ser humano dentro de Baker's Cave en el río del Diablo en Valverde, Texas y fueron datadas como de 6100 años AC. La principal característica era su presencia cerca de los cursos de agua y presentaba una nuez fácil de romper y de excelente sabor. Es el único nogal originario de América del Norte y es considerada como la especie de producción de nuez más valiosa de ese subcontinente. Su nombre, "pecan" o "pecana" derivan del vocablo indígena Algonquin "Pakan", lo describe como "la nuez que requiere una piedra para romperse". (Madero, 2007).

EE.UU. es el principal productor de pecán del mundo. Su producción ha ido creciendo moderadamente durante la última parte de la década del 70 y principios de la década del 80 llegando al máximo de producción en 1981 con más de 140 mil toneladas. A partir de allí se ha mantenido en rangos que oscilan entre 80 y 150 millones de kilogramos. México es también un importante productor de pecán (60.000 has. de cultivo con riego) con una producción total en el año 2005 de aproximadamente 68 millones de kilogramos (segundo productor mundial) y con un consumo interno de 28 millones de kilogramos, exportando la mayor parte de la producción a Estados Unidos. A diferencia de EE. UU. casi todas las plantaciones de México son variedades comerciales y no plantas nativas lo que posibilita que su producción sea más estable y se incremente de año en año a medida que las nuevas plantaciones entran en producción. Como cultivo reciente, en general todas las plantaciones tienen buen manejo, buenos rendimientos y calidad obteniendo en general buenos precios. Tal vez sea el modelo a seguir en nuestro país. Otros países productores de pecán aunque en cantidades menores son Australia, Israel, Perú, Brasil, Sudáfrica y Uruguay. (Madero E. y Frusso E., 2002).

Australia tiene producción comercial desde hace más de 30 años. La mayor parte de la producción se deriva al consumo interno pero una parte se exporta, siendo EEUU el principal destino (Wakeling et al., 2000). Israel se caracteriza por sus altos rendimientos (Asaf, 1982). El cultivar de mayor rendimiento tuvo durante 7 años una producción promedio de 4990 kg ha⁻¹ y un tamaño de nuez de 113.9 nueces kg⁻¹. Se obtuvieron en el año 1981 rendimientos de 6727 kg ha⁻¹. En este país los productores aplican grandes

cantidades de fertilizantes. También existe en China algunas plantaciones experimentales en las provincias de Hunan, Yunnan, Anhui y Henan (Grauke, 2000) y en Japón se encuentran algunos ejemplares como en el campo de la Universidad de Nagoya los que producen dentro de un período libre de heladas de 154-182 días. (Torikata et al., 1988). En Rusia se reportan unas diez variedades y nueve híbridos intervarietales como banco genético de la especie. (Kartelev y Pevnitskaya, 1999).

En la Argentina el pecán fue introducido en el siglo XIX a través de semillas traídas por Domingo F. Sarmiento. Éste posiblemente sea el origen de algunos árboles añosos que se encuentran en estancias de las provincias de Buenos Aires, Entre Ríos y otras. Por otro lado, en el Complejo de Investigación de Castelar donde actualmente se encuentra instalado el Centro de Investigaciones Agrícolas del INTA existen ejemplares majestuosos de más de 50 años de edad. (Madero y Frusso, 2002).

La Argentina cuenta con condiciones agro-ecológicas óptimas (clima, suelos, lluvias) para la producción de pecán de alta calidad y dado que la mayor producción y consumo se concentra en el hemisferio norte (USA y México), la oferta de contraestación es altamente valorada para satisfacer la demanda de los mercados consumidores. Actualmente la contraestación se abastece con nuez refrigerada, de menor calidad y con elevados costos de mantenimiento en cámaras de frío (Madero y Frusso, 2009). El cultivo comercial del pecán en el país ha crecido exponencialmente en los últimos años lo que permitirá a mediano plazo ubicar a la Argentina como uno de los tres principales productores mundiales de este fruto seco y como el principal exportador mundial de productos en base a pecán con alto valor agregado.

El aporte de este cultivo al medio ambiente está evaluado y le otorga otros valores no medibles económicamente que aumentan noblemente el valor de los huertos (Herrera, 2003). Por su longevidad (100 años o más de producción comercial – 500 años de vida) se considera como una producción altamente sustentable. Al actual ritmo de crecimiento se espera contar con más de 15.000 ha implantadas en la próxima década. Con esta superficie se generarán importantes saldos exportables para nuestro país. La evolución del precio internacional muestra una tendencia creciente, el promedio de los últimos 5 años es 14% superior al promedio de los 23 años anteriores. Estos precios poseen una de las más bajas volatilidades, en comparación con otros productos y las bajas de precio de un año generalmente se recuperan en el año inmediatamente posterior (Madero y Frusso, 2006).

El Mapa de Uso de Tierras para el cultivo del pecán en la República Argentina permite la distribución en el país de los tres grupos de cultivares disponibles; ciclo corto para clima Frío, ciclo largo para clima Templado Húmedo y ciclo largo para clima Árido, permitiendo un desarrollo adecuado de cada cultivar por zona agroecológica. Se identificaron diversas especies de hongos presentes en el fruto, como base para implementar prácticas de conservación, permitiendo también avances en el conocimiento de enfermedades de poscosecha (Comerio, 2012).

Se estima que en actualidad Argentina produce unas 500 toneladas anuales. Existen más de 6.000 hectáreas implantadas, de las cuales alrededor del 70-80 % tienen pocos años de edad.

Las principales áreas donde se desarrolla este cultivo son el Delta del Paraná y las provincias de Entre Ríos, Buenos Aires y Misiones, aunque otras jurisdicciones también han incorporado plantaciones. El siguiente detalle muestra la distribución de la totalidad de hectáreas implantadas en Argentina.

Superficie implantada con nuez pecán:

42% Entre Ríos (excluida la Región Delta)

18% Delta del Paraná

25% Buenos Aires

7% Misiones

8% Otras

En Argentina existen 12 cultivares inscriptos en el Registro Nacional de Cultivares, correspondientes a las siguientes variedades: *Stuart*, *Desirable*, *Shoshoni*, *Success*, *Kernodle*, *Starking*, *Mahan*, *Harris Super*, *Mahan–Stuart*, INTA Delta I e INTA Delta II.

De las variedades mencionadas, las cinco primeras son las que mejor se comportan en los suelos y climas de nuestro país.

En el ensayo realizado en la tesina se utilizaron árboles de la variedad "Stuart".

Stuart

En Argentina se comporta como tolerante y no presenta problemas particulares.

Es un árbol fuerte, fácil de conducir y no requiere mucho manejo.

Su nuez es de tamaño intermedio y una dureza de cáscara intermedia a dura con buenas características de craqueado.

No es un cultivar precoz aunque en Argentina con buen manejo se registran entradas en producción a los 6 -7 años.

En el largo plazo es el cultivar de mayor rendimiento registrado.

El período de liberación de polen abarca entre el 6 y el 21 de noviembre para la zona del Delta del Paraná, y el momento de receptividad del estigma ocurre entre el 26 de octubre y el 13 de noviembre.

Esta variedad presenta nueces de aproximadamente 42 mm de longitud observándose 126 nueces kg^{-1} y un porcentaje de llenado de almendra del 48 %. El tamaño de la nuez se desarrolla desde noviembre a enero y la almendra desde enero hasta abril-mayo.

2.2 Requerimientos edáficos y climáticos

Los requerimientos de suelos para Argentina, están de acuerdo con Herrera, (1999)

- Profundidad del suelo: mayor de 100 cm.
- Textura del horizonte sub-superficial: franco
- Alcalinidad sódica: PSI menor del 15% en el perfil
- Salinidad: suelos no salinos a débilmente salinos
- Drenaje: bien drenado a moderadamente bien drenados
- Anegamiento: sin peligro a muy poco
- Rocosidad: menor al 20%
- Humedad del suelo: régimen údico
- Temperatura del suelo: régimen térmico

Gómez y Cruzate (2007) establecieron cuatro clases de aptitudes de suelo en el país: La óptima cuya distribución geográfica está representada por un núcleo en las provincias de Buenos Aires, Entre Ríos, Sur de Santa Fe, Este de Córdoba y el área de las Yungas. Las Aptas se encuentran rodeando las óptimas y distribuidas en el centro y varias zonas en el NE del país. Aptitudes marginales las encontramos principalmente en la región de suelos arídicos y en la Pampa deprimida de la provincia de Buenos Aires. La clase No Apta comprende las regiones Patagónica y la Alta Cordillera.

Necesidades climáticas del pecán:

El pecán se desarrolla en un clima húmedo. El mínimo de precipitación anual que tolera se aproxima a 750 mm, mientras que el máximo se ubica en el orden de 2000 mm. Durante la estación de crecimiento deben producirse por lo menos 500 mm de precipitación. La temperatura media del verano puede alcanzar hasta 27 °C, con valores extremos entre 41 y 46 °C. La temperatura media del invierno varía entre -1 y 10 °C, con extremos entre -18 y -29 °C. (Peterson, 1990). Este cultivo requiere un período de crecimiento entre 170 y 280 días que se extiende desde la última helada invernal hasta la primera helada otoñal (período libre de heladas). El fruto permanece en el árbol por un período de 6 hasta 7 meses. Esta especie requiere la acumulación de unas 200-500 horas de frío durante el invierno y unas 2932 °C promedio de unidades calor durante la primavera y verano.

Se requieren bajas temperaturas en invierno y aún heladas para una buena floración, y las altas temperaturas durante el verano favorecen la

formación del fruto (NDA, 2000). En nuestro país, Sierra *et al.* (2007) determinaron que la región óptima es aquella cuya distribución geográfica está representada por un núcleo en las provincias de Buenos Aires, Entre Ríos, sur de Santa Fe, este de Córdoba y el área de las Yungas.

Si bien el cultivo del pecán podría hacerse en condiciones de secano en las zonas con más de 750 mm de precipitaciones durante la estación de crecimiento, en las temporadas con registros inferiores a lo normal, como es el caso de los episodios de “La Niña” (Sierra, *et al.*, 2001), se presentaría el riesgo de disminuciones en el rendimiento y la calidad. Por esta causa, la posibilidad de emplear riego, aún en los 3 ambientes más húmedos, constituiría una eficaz medida para estabilizar los rendimientos (Madero, 2003).

Importancia del agua en el cultivo de pecán:

Worley (1995) llevo a cabo una investigación que consistió en evaluar el rendimiento y la calidad del pecán cuando se riega y fertiliza con nitrógeno. Los resultados de este estudio determinaron que los rendimientos de nuez pecan casi se duplicaron en los tratamientos que incluyeron nitrógeno más el agregado de agua en forma de riego o fertirriego en 6 de los 10 años de estudio respecto del tratamiento que incluía el agregado de nitrógeno al voleo pero en secano, seguramente debido a la importancia del agua en este frutal como principal factor determinante en la producción. En este estudio también se determinó que el porcentaje del embrión para la variedad “Stuart” no se vio afectado por el tratamiento en secano en ningún año, excepto en un año donde la falta de agua redujo los porcentajes del embrión por debajo de la media de los tratamientos con riego y fertirriego. La diferencia de calidad más consistente en su estudio fue el tamaño de la nuez. Worley reconoció que los arboles sin riego generalmente producían frutos más pequeños (mayor número de nueces libra⁻¹) que las plantas con riego. Se concluyó que el riego con o sin fertirriego mejoró los rendimientos en varios años y además aumentó el tamaño de la nuez. También se observó que la concentración de nitrógeno en la hoja estuvo por encima del rango adecuado, y esto sugiere que las dosis implementadas en este estudio (224kg de N ha⁻¹) pueden reducirse aún más.

2.3 Características botánicas del pecán

El pecán pertenece a la familia de las Juglandáceas al género *Carya* y a la especie *Illinoensis*. El nombre común posee varias denominaciones, siendo la más común nuez pecán o pecán.

El nogal pecanero es una planta dicotiledónea, de raíz pivotante muy desarrollada, cuya parte aérea puede alcanzar alturas de hasta 50 m, con un diámetro de tronco de 2 m; corto muy robusto del que parten gruesas ramas, con un hábito de crecimiento simpodial, forma una copa amplia muy frondosa

de hermoso aspecto. La corteza es gruesa, agrietada vertical y desordenada, de color gris oscuro en las ramas y en los tronco (Aragón, 2004).

Sus hojas son caducas, alternas, imparipinadas, compuestas de 11 a 17 folíolos ovales, peciolados, de forma oblonga lanceolados, acuminados con bordes semiaserrados con longitud de 10 a 17 cm, pubescentes cuando jóvenes y glabros en la madurez excepto en las nervaduras, al frotarlas expiden un olor característico entre los dedos (Herrera, 2004).

Es una planta monoica, presenta flores femeninas y masculinas en la misma planta, pero separadas con una dicogamia muy marcada, primero maduran las flores masculinas, situadas en la parte media de las ramas y después las femeninas que están situadas en las partes terminales de las mismas (Aragón, 2004).

Las flores son unisexuales, apétalas, las masculinas son de color verdoso, con inflorescencias en amentos colgantes, de 6 a 8 centímetros de longitud, axilares que nacen en la rama de un año de edad; los estambres son indefinidos de cuatro a seis en cada flor, la cual está protegida por una bráctea de tres estípulas; las flores femeninas se presentan en inflorescencias en racimo en ápices de la misma rama floral, son pistiladas con un involucre de cuatro brácteas y estigma bífido, son originadas en el crecimiento del año en curso (Brisson, 1992).

El fruto es una drupa seca de forma oblonga y elipsoidea teniendo de 3-5 cm de largo, constituida por un embrión (parte comestible), un endocarpio liso y delgado (cáscara de la nuez) y un epicarpio y mesocarpio carnosos los cuales se abren a la madurez formando cuatro valvas longitudinales (ruezn). Las nueces de cultivares comerciales de pecán presentan una relación en peso entre la parte comestible y la cáscara más favorable que la nuez común, observándose un 48-55% de peso parte comestible en pecán y un 40-48% de peso parte comestible en nuez europea. Unas de las características más particulares de esta especie es que presenta las flores masculinas y femeninas en el mismo pie (Diclinomonoica) y éstas a su vez maduran en distinto momento (Dicogamia). Además algunos cultivares presentan primero una maduración de las flores femeninas (Protoginia) y otros presentan primero una maduración de las flores masculinas (Protandria). Es importante, por lo mencionado precedentemente, conocer los períodos de liberación del polen y receptividad de estigma de cada cultivar para poder ubicar en el campo los cultivares. (Frusso, 2007).

Composición nutritiva del pecán:

El USDA (Departamento de Agricultura de los Estados Unidos) posee una base de datos nutricionales para nueces incluido el pecán (Anon., 1999) La composición nutritiva en 100 gr de pecán es la siguiente: 691 calorías; 9 gr de proteína; 72 gr ácidos grasos totales; 14 gr. carbohidratos; 10 gr fibras; 4 gr azúcares; 70 mg calcio; 3 mg hierro; 121 mg magnesio; 277 mg fósforo; 410 mg potasio; 0 mg sodio; 5 mg cinc; 1 mg cobre; 4 mg manganeso; 6 µgr selenio; 1 mg vitamina C; 0,7 mg tiamina; 0,1 mg riboflavina; 1 mg niacina; 1 mg ácido pantoténico; 0,2 mg vitamina B6; 22 µgr ácido fólico; 0 µgr Vitamina

B12; 77 unidades internacionales vitamina A; 4 mg vitamina E; 0 mg colesterol; 6 mg aceites saturados; 41 mg aceites monoinsaturados; 22 mg aceites poliinsaturados; 21 mg ácido linoleico; 1 mg ácido linolenico; 102 mgr phytoesteroles; 0,09 gr triptófano; 0,31 gr treonina; 0,34 g isoleucina; 0,06 gr leucina; 0,29 gr lisina; 0,18 gr metionina; 0,15 gr cistina; 0,43 gr fenilalanina; 0,22 gr tirosina; 0,41 gr valina; 1,18 gr arginina; 0,26 gr histidina; 0,4 gr alanina; 0,93 gr ácido aspártico; 1,83 gr ácido glutámico; 0,42 gr glicina; 0,36 gr prolina; y 0,47 gr serina.

El contenido medio de la parte comestible es de 70% aceite; 10% proteína; 10 % carbohidratos fácilmente disponibles; 2,5% agua y 7,5% fibra y ceniza; pero desde hace años se conoce que la variedad tiene una gran influencia en la composición. Por ello, la concentración de aceite varía desde 55-75% y la proteína desde 8-18 %.

2.4 Importancia del nitrógeno en el pecán

En muchos cultivos, así como en el cultivo del nogal dos factores limitantes de la producción son la disponibilidad de agua y de nitrógeno (Ojeda, 2004). Este elemento en el cultivo del nogal es el que más influye en el crecimiento y es el que más comúnmente se presenta deficiencia en la plantación. El efecto del nitrógeno en el árbol es la producción de brotes terminales largos, mejor desarrollo radicular, hojas grandes, una buena concentración de clorofila, abundante floración y brotes vegetativos (Carbajal *et al.*, 2002).

El nitrógeno (N) en las plantas se encuentra en los tejidos meristemáticos o de crecimiento, en las raíces finas, brotes de yema y florales, así como en las hojas, flores y frutos; en las hojas se encuentra distribuido entre los cloroplastos y el citoplasma, la concentración aumenta durante el desarrollo de la planta, pasando por un máximo en el momento de la floración; después de esta se denota un decremento brusco de la concentración al salir el limbo floral, el cual asegura la fructificación y la formación de la semilla (García, 1987 citado por Carmona, 2001).

El N representa un elemento necesario para la multiplicación y el desarrollo de los órganos vegetales en general, este elemento es requerido en grandes cantidades, debido a que es un constituyente característico del plano funcional en la pared celular, además es parte integral de la molécula de clorofila, los ácidos nucleicos (ADN, ARN), nucleótidos fosfatídicos, alcaloides, enzimas, hormonas y forma parte de los aminoácidos precursores de proteínas (Tisdale y Nelson, 1985 y Bidwell, 1990).

Las células en crecimiento son ricas en protoplasma y por lo tanto rico en proteínas, lo cual es relacionado al crecimiento en toda la planta, debido al estímulo vegetativo (Miller, 1981) ya que forma parte de un 16 al 18% del total de proteínas formado en la planta (Rojas y Rovalo, 1984). El N imparte un color verde intenso en las plantas, fomenta un crecimiento acelerado de los tejidos y órganos vegetales, aumenta la producción de las hojas, así como el contenido de proteínas en especial en los cultivos de frutos, y forrajes; repercutiendo en

un incremento de la materia orgánica en el suelo durante la descomposición de los materiales vegetales (N.P.F.I., 1963). Cuando en el interior de la planta hay suficiente cantidad de N, hay mayor asimilación y síntesis de productos orgánicos, así como una mayor producción de frutos (Rodríguez, 1982), y un desarrollo rápido en el primer ciclo de desarrollo vegetativo (Ortiz, 1975).

El N de las hojas parece ser la principal fuente de nitrógeno para el desarrollo del fruto, tal como lo declara Sparks (1977) al observar que el N de la hoja se agotó en los brotes donde se dejaron desarrollar los frutos, pero no en los casos que los frutos se eliminaron.

Síntomas de deficiencia de N:

El nitrógeno es altamente móvil dentro de las plantas, por lo que su deficiencia se presenta en las hojas adultas. Cuando este nutriente es deficiente, se reduce el crecimiento de los brotes y cuando los crecimientos anuales no alcanzan más de 15 cm de longitud, es un síntoma de que la planta puede requerir mayor cantidad de este nutriente. También se presentan fallas en el llenado de la almendra.

Síntomas por exceso de N:

Un síntoma causado por una concentración alta de este elemento presente en el desarrollo de la planta es el aceleramiento de la fase vegetativa, muy relacionado con paredes celulares delgadas, el desarrollo de fibras y microfibrillas es limitado, la floración y fructificación se presenta en forma retardada y en ocasiones es nula además de un bajo rendimiento de estructuras de almacenamiento (Edmon *et al.*, 1987).

Debido a la acumulación de elevadas cantidades de clorofila se presenta una mayor tasa de elaboración de carbohidratos produciendo abundante follaje, frutos muy grandes y con deficiencias en cuanto a su coloración normal, de baja calidad comestible y muy susceptibles a rupturas fisiológicas y predisposición al ataque de hongos (Carmona, 2001). Otro efecto que produce el exceso de este elemento es la prolongación del período de crecimiento y un retraso en la maduración del fruto y hojas suculentas de color verde intenso, sobre tallos débiles (Tisdale y Nelson, 1985); el desarrollo del sistema radicular es deficiente y permanece pequeño e ineficaz, se reduce la resistencia a inclemencias climáticas (frío, sequía, viento y granizo) y a enfermedades foliares como la roya, la cenicilla y la posible presencia de gomosis (García, 1987 citado por Carmona 2001).

Niveles excesivos de N tienden a reducir las concentraciones de otros elementos en el árbol principalmente K y en menor cantidad P, simplemente porque el crecimiento estimulado por el N adicional, diluye la cantidad de K y P. Si la cantidad de K en hoja está en un nivel mínimo, la aplicación de N induce lo que se denomina "quemado de la hoja". Esta enfermedad fisiológica causa una severa defoliación que aparece primero en la parte basal de las hojas y brotes y progresivamente aumenta hacia las puntas (Goff *et al.*, 2001).

Importancia de la fertilización:

El N es considerado como el principal nutriente aplicado en los programas de fertilización en árboles en producción y en plantas jóvenes de pecán. Las aplicaciones apropiadas de N son una parte esencial en programas de manejo para incrementar calidad y productividad (Hu y Sparks, 1992; McEachern, 1999; Wood, 2006; Smith *et al.*, 2007).

Si no se ajustan las dosis de nitrógeno en los requerimientos del cultivo, no sólo estaríamos arriesgando a fertilizar de más, aumentando los perjuicios al medio ambiente, sino que también estaríamos perjudicando la rentabilidad ya que alrededor del 50% de los costos de producción corresponden a los programas de fertilización (FIRA, 1999).

En el pecán la fertilización nitrogenada es esencial para aumentar la producción y mejorar la calidad, pero debe de estar bien balanceada, ya que el nitrógeno altera la composición de los árboles mucho más que cualquier otro nutriente mineral, pudiendo modificar el contenido de azúcares y proteínas y el almacenamiento de lípidos o aceites (Marschner, 1995; Mengel y Kirkby, 1987).

Los árboles grandes de pecán pueden agotar las reservas de nitrógeno de los años posteriores si se dispone de baja concentración de este elemento (Hunter y Hammar, 1957), pero si es suficientemente abastecido con N, la carga frutal parece tener un impacto mínimo en la concentración del elemento de la hoja del año posterior (Smith *et al.*, 1985; Worley, 1974).

Momento de aplicación del N:

La producción irregular es el mayor problema en el pecán (Wood, 1993), así como en otras producciones frutales (Monselise y Goldschmidt, 1982). Los estudios sugieren que la cantidad de hidratos de carbono no estructural almacenado durante el invierno puede estar estrechamente vinculadas al florecimiento potencial del pecán (Lockwood y Sparks, 1978; Smith y Waugh, 1938; Wood, 1988, 1989, 1991, 1995; Worley, 1979a, 1979b).

Un método para aliviar la escases de N en los árboles es aumentar las dosis de fertilizantes en invierno o primavera. Sin embargo, cuando el N disponible excede la demanda a corto plazo, la eficiencia de absorción del árbol es baja y se pueden lixiviar nitratos al agua subterránea (Weinbaurn *et al.*, 1992).

Una alternativa es la aplicación del N cuando los requerimientos del árbol son altos, ya que la absorción de NO₃ parece ser impulsada por la demanda (Rosecrance *et al.*, 1998; Weinbaurn *et al.*, 1994a) y está regulada por el flujo de nitrógeno en el sistema vascular (Cooper y Clarkson, 1989; Imsande y Touraine, 1994; Lee *et al.*, 1992).

Hunter y Lewis (1942) observaron que la calidad de la nuez se redujo cuando se dividieron las aplicaciones entre la primavera y el verano. Ellos especularon que el crecimiento estimulado por la aplicación de verano compitió por los hidratos de carbono disponible con el desarrollo de los frutos, lo que reduce la calidad.

Otro estudio encontró que el rendimiento de un cultivar se incrementó 4 de 7 años cuando el nitrógeno se aplicó en octubre en lugar de marzo, pero el rendimiento de los otros cultivares no fue afectado (Smith *et al.*, 1995). La

aplicación de N en octubre no afectó la calidad de la nuez ni el crecimiento de los brotes.

Se debe evitar la escases de nitrógeno en el momento de la inducción floral o en el desarrollo de las flores (Wetzstein y Sparks, 1983) disminuyendo el aborto, reduciendo así la producción irregular.

Acuña- Maldonado, Smith, Maness, Cheary y Carroll (2003) encontraron poca evidencia que sugiere que la aplicación dividida mejora la absorción de N en comparación con la aplicación única. El mayor momento de acumulación de N en el pecán parecía ser en el desarrollo de hojas, brotes y flores en la primavera. El segundo momento de mayor acumulación de nitrógeno fue mientras los árboles estaban en dormición, siendo mayor la absorción de nitrógeno durante la última parte de la dormición.

Ellos concluyen que el N debe aplicarse antes de brotación ya que aparentemente la absorción tiene lugar durante la dormición, seguido por una rápida absorción durante la brotación y la hoja en desarrollo. Las aplicaciones divididas de nitrógeno se justifican en ciertos casos en que la planta se someta a una primavera con inundaciones con los suelos saturados de agua que puedan causar la desnitrificación y la lixiviación del N.

Alternancia en Nogal:

En plantaciones adultas con problemas de sombreado, la producción y la calidad de nueces disminuyen y aumenta la alternancia (Wood, 2002). La producción excesiva de nueces trae como resultado una disminución de los carbohidratos almacenados en el árbol; particularmente si la relación área foliar por nuez es baja. Lo anterior provoca una reducción en la formación de flores para el siguiente ciclo o en la permanencia del fruto, lo que reflejará una alternancia en la producción (Hanna, 1977 y Arreola, 1989).

La alternancia de la producción se debe en buena medida a las condiciones del suelo y manejo, independientemente de la edad de los árboles (Medina *et al.*, 2004).

Los ciclos de alternancia se pueden disminuir con: cultivares que presentan genéticamente una menor tendencia a sucesivos ciclos de alta y baja producción, adecuado manejo del riego, fertilización, control de malezas, plagas y enfermedades (Kraimer, 2004).

3. Hipótesis

Hipótesis 1: La fertilización con altas dosis de N aumentará el crecimiento vegetativo del árbol.

Hipótesis 2: Dosis adecuadas de nitrógeno aumentarán el rendimiento del cultivo.

4. Objetivos

4.1 Objetivo general

Evaluar la influencia de la fertilización nitrogenada en el crecimiento y rendimiento de árboles de pecán.

4.2 Objetivo específico

Objetivo 1: Determinar la variación del crecimiento anual de la planta de pecan ante distintas dosis de nitrógeno.

Objetivo 2: Determinar el efecto de distintas dosis de nitrógeno en los componentes del rendimiento del pecán.

5. Materiales y Métodos

5.1 Descripción del área de trabajo y caracterización del suelo

El ensayo se desarrolló dentro de un cultivo de pecán (*Carya illinoensis*), implantado en La Plata, al Nordeste de la provincia de Buenos Aires, Argentina. Sus límites son: Al norte, Melchor Romero, al este Lisandro Olmos, al sur la intersección de la Ruta Nacional 2 y la Ruta Provincial 205 y al Oeste Abasto.

La siguiente imagen representa la ubicación del establecimiento donde se llevó a cabo el ensayo, representada por el Google Earth.

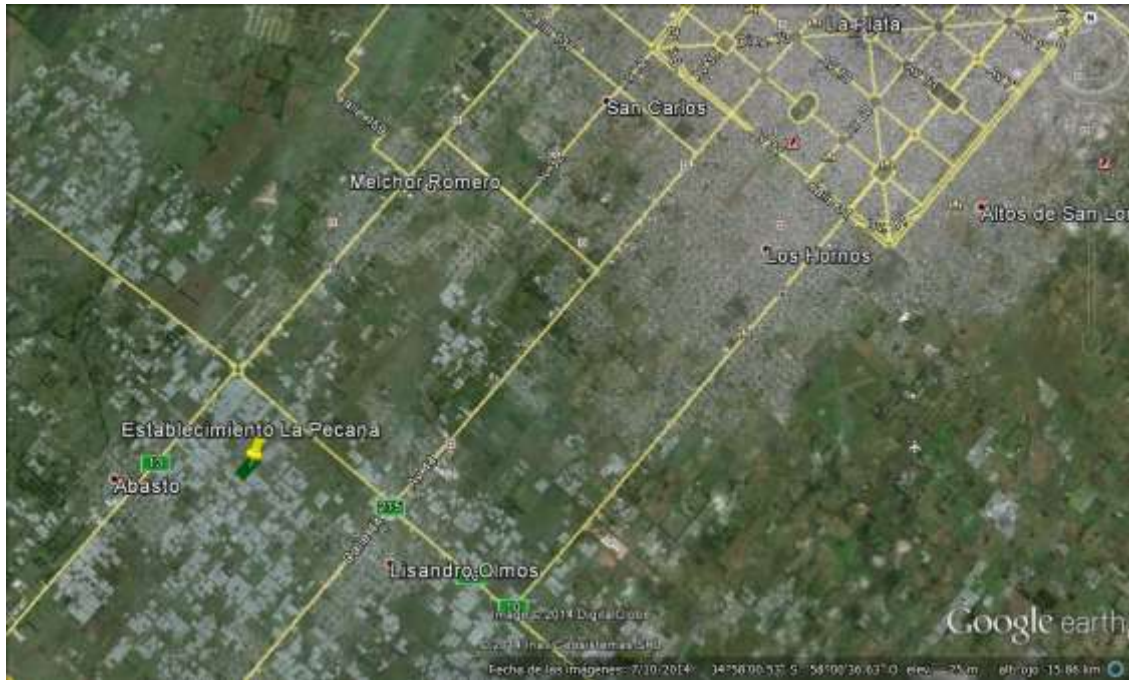


Figura 1. Ubicación del ensayo con sus coordenadas ($34^{\circ}58'00,53''\text{S}$ y $58^{\circ}00'36,66''\text{O}$)

Los suelos del área han sido reconocidos en forma detallada determinándose en el establecimiento las series la Pecana y Abasto y clasificados taxonómicamente como Argiudoles vérticos. El suelo específico del área del experimento se caracterizó realizando una calicata e identificando 6 horizontes. Siguiendo técnicas analíticas publicadas por Sparks et al., (1996) y Klute (1986) se determinaron en cada uno de ellos el contenido de carbono oxidable (Walkley Black); nitrógeno total (micro Kjeldhal); fósforo asimilable (Kurtz y Bray 1); potasio, calcio, magnesio y sodio intercambiables; conductividad eléctrica (extracto de saturación); pH (en agua relación 1:2,5); cinc total y textura (Bouyoucus).

A continuación se muestra el siguiente detalle que muestra las características del suelo del ensayo.

Capa	Profundidad d (cm)	Descripción
Ap	0 a 12	Franco limoso. Raíces x x Fresco, Límite inferior abrupto y suave.
A	12 a 26	Franco limoso. Raíces x x Húmedo Límite inferior abrupto y suave.
Bt1	26 a 48	Arcilloso. Chorreaduras de MO, Barnices x x x, no moteados, Raíces x x Húmedo Límite inferior claro y suave.
Bt2	48 a 70	Arcilloso. Chorreaduras de MO, Barnices x x x, no moteados, Raíces x x Húmedo Límite inferior claro y suave.
BC	70 a 105	Arcilloso. Chorreaduras de MO, Barnices x Raíces x Húmedo Límite inferior claro y suave.
C	105 a 120	Franco arcillo limoso. Raíces x, Fresco

Horizontes	Ap	A	Bt1	Bt2	BC	C
Espesor (cm)	12	14	22	22	35	15
Carbono total (%)	2.87	1.24	0.89	-	-	-
Materia orgánica (%)	4.95	2.14	1.53	-	-	-
Nitrógeno total (%)	0.244	0.106	0.082	-	-	-
Fósforo (mg kg ⁻¹)	51.2	30.9	0.8	-	-	-
Arcilla < 2 μ (%)	21.5	24.0	60.0	60.0	57.5	35.0
Limo 2 – 50 μ (%)	56.5	54.5	32.5	32.5	35.0	52.0
Arena 50 – 2000 μ (%)	22.0	21.5	7.5	7.5	7.5	13.0
Textura	FL	FL	A	A	A	FAL
CE (mmhos cm ⁻¹)	0.3	0.2	0.2	0.3	0.4	0.4
pH	6.3	7.1	7.5	7.8	7.6	7.7
Calcio	11.5	11.9	20.7	22.2	21.7	14.5
Magnesio	2.5	2.6	7.1	7.9	7.6	4.6
Sodio	0.2	0.3	1.4	1.6	1.5	1.0
Potasio	1.6	0.6	1.2	1.5	1.4	1.2
CIC (meq 100 g ⁻¹)	15.9	15.1	30.2	30.9	32.8	19.1
Zn (mg kg ⁻¹)	4.1	2.1	-	-	-	-

5.2 Características del experimento de campo

El ensayo incluyó un total de 48 plantas de 13 años de edad pertenecientes al cultivar "Stuart", originario del Sudeste de Estados Unidos. Los árboles fueron plantados en una grilla rectangular de 8 filas por 6 columnas (50m x 70m) con un espaciado en cuadrado de 10 m x 10m. En el anexo se encuentra un plano de la distribución de los tratamientos al azar del ensayo.

Los árboles de pecán se fertilizaron con distintas dosis de fertilizante nitrogenado en el mes de Octubre, momento en el cual las plantas están en su período de brotación. Según McEachern (1997), se recomienda aplicar el nitrógeno durante la brotación debido a que las aplicaciones a fines de primavera y principio del verano deberían originar un nivel de nitrógeno suficiente para el requerimiento del fruto. Las aplicaciones posteriores a inicios del otoño podrían inducir efectos negativos en la maduración de los brotes, originando una mayor susceptibilidad al frío (McEachern, 1975). Además, Herrera (2004) destacó que las aplicaciones anuales de nitrógeno entre más tarde se apliquen en la temporada, menos será su utilización durante el año de aplicación y mayor su contribución para las necesidades del próximo año.

Como aporte de N se utilizó urea granulada, aplicada al voleo en el suelo abarcando la superficie del diámetro de la copa de cada árbol. Las dosis empleadas fueron de 1 kg de urea para el tratamiento 1, 2 kg de urea para el tratamiento 2 y 4 kg de urea para el tratamiento 3. Estas dosis se calcularon según los trabajos de García (1992) y Worley (1996).

Cuadro 1. Dosis anual por árbol

Tratamiento	kg de UREA	kg de N
0	0	0
1	1	0,46
2	2	0,92
3	4	1,84

La aplicación del fertilizante fue sobre el suelo alrededor del tronco en un diámetro reducido que ocupa la superficie de la copa del árbol para simplificar la labor de fertilización, disminuir los costos y reducir el efecto de compactación del suelo que provoca la máquina desparramadora de fertilizante, tal como lo demostró Worley (1997) en su estudio, al determinar después de 19 años de prueba de aplicaciones de nitrato de amonio en superficies limitadas alrededor del tronco, que no afectaron a los árboles de pecán. El rendimiento (45 kg árbol⁻¹ promedio), la calidad del embrión, el calibre de la nuez y el crecimiento no se vieron afectadas por los diferentes tratamientos (radios de aplicaciones de N de 4.6 m, 6.1 m, 7.6 m y 9.1 m).

El aporte hídrico correspondió únicamente a las precipitaciones observadas en el lote, ya que el cultivo se desarrolló en secano.

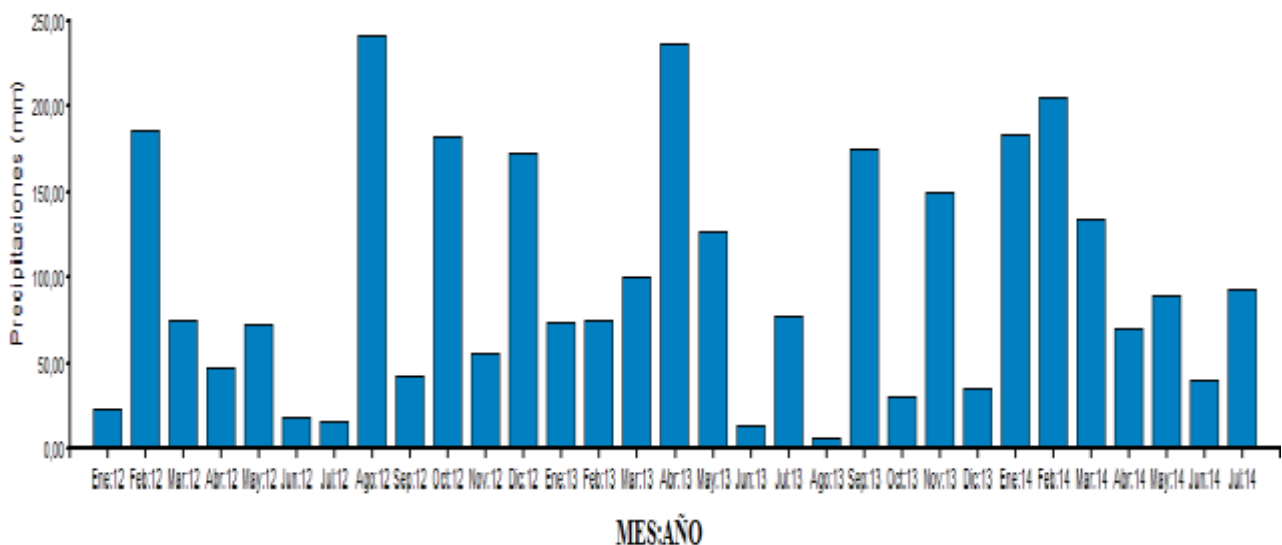


Gráfico 1. Precipitación mensual. Aeródromo de La Planta, Pcia. Buenos Aires.

5.3 Variables

Para cumplir con el primer objetivo específico se evaluaron las siguientes variables:

- 1- Tasa de crecimiento de la altura del árbol.
- 2- Tasa de crecimiento del diámetro del árbol.

Los puntos 1 y 2 fueron medidos en el mes de Septiembre (antes de la brotación de la planta y de la aplicación del fertilizante) y en el mes de Junio del año próximo, luego de la caída de las hojas.

Para medir la tasa de crecimiento de la altura del árbol se utilizó una vara telescópica desde la superficie del suelo hasta el ápice terminal más alto del árbol y se observó y anotó la altura en metros, con dos decimales. Luego, se restó la altura de un año con la altura del año anterior para obtener la tasa de crecimiento.

Para medir la tasa de crecimiento del diámetro del árbol se utilizó una cinta métrica flexible para medir el perímetro del tronco (en cm) a 30 cm del suelo, luego se calculó el diámetro. Se restó el diámetro de un año con el diámetro del año anterior para obtener la tasa de crecimiento.

Para cumplir con el segundo objetivo específico se evaluaron las siguientes variables:

- 3- Peso seco del embrión árbol^{-1}
- 4- Peso seco de la cáscara árbol^{-1}
- 5- Peso seco del involucro (epicarpio y mesocarpio) árbol^{-1}
- 6- Peso seco fruto (embrión + cáscara + involucro) árbol^{-1}
- 7- Peso seco de la nuez (embrión + cáscara) árbol^{-1}
- 8- Peso seco promedio de una nuez (embrión + cáscara) árbol^{-1}
- 9- Peso seco promedio del embrión árbol^{-1}
- 10- Porcentaje de llenado de embrión
- 11- Largo de la nuez promedio árbol^{-1}
- 12- Número de nueces totales árbol^{-1}
- 13- Número de nueces kg^{-1}

Para obtener estos datos, en primer lugar se realizó la cosecha de 25 frutos (involucro + nueces) por planta escogidos al azar, los cuales se pesaron primero en fresco y luego en seco en un laboratorio mediante el secado del involucro, cáscara y embrión en una estufa a 60 ° C hasta que alcanzaron un peso constante. Luego de recolectar los 25 frutos por árbol, se realizó la

cosecha total del resto de las nueces. La cosecha fue mecanizada debido a la gran producción que se esperaba tener en árboles de 13 años de edad. Se pesó en fresco la cosecha de la totalidad de las nueces de cada árbol y se sumó el peso de las 25 nueces recolectadas con anterioridad para obtener los pesos totales.

Con estos datos se pudo extrapolar para obtener todos los pesos de los puntos 3, 4, 5, 6, 7, 8 y 9 que se basaron en el peso seco de los 25 frutos recolectados en cada planta. Los 25 frutos fueron pesados en fresco y en seco con una balanza de precisión separándose la cáscara, el embrión y el involucro.

El punto 10 se calculó mediante la relación entre el peso seco del embrión peso seco de la nuez⁻¹, multiplicando ese valor por 100 para obtener el dato en porcentaje.

Para calcular el punto 11 se procedió a medir con un calibre de precisión cada una de las 25 nueces por árbol que se recolectaron, luego se promedió.

El número de frutos totales por árbol (punto 12) se obtuvo dividiendo el peso total de nueces de cada árbol por el peso promedio de nuez. El peso promedio de la nuez se obtuvo dividiendo el peso total de las 25 nueces recolectadas por 25.

El punto 13 se obtiene dividiendo el número de nueces totales del árbol por los kg recolectados en cada planta.

El trabajo se llevó a cabo durante dos campañas, pero el tiempo final insumió un año.

5.4 Diseño estadístico de la investigación

El ensayo está formado por 12 réplicas por tratamiento en parcelas de árbol individual ("*single-tree-plots*"). El diseño estadístico consistió en un diseño completamente aleatorizado (DCA) con cuatro tratamientos (0, nivel bajo, nivel medio y nivel alto de fertilización). Cada unidad experimental corresponde a un árbol.

Para la interpretación de los datos, se realizó un análisis de varianza (ANOVA) de una sola vía, donde el factor principal es el tratamiento de fertilización. En caso de significancia estadística, se realizó una prueba *post-hoc* LSD de Fisher con un alfa de 5 %.

6. Resultados

6.1 Respuesta del crecimiento y desarrollo vegetativo del Pecán frente a la fertilización nitrogenada.

6.1.1 Tasa de crecimiento de la altura del árbol

Se evaluó la tasa de crecimiento de la altura del árbol con el objetivo de aislar el efecto producido por los árboles asignados al tratamiento 2 (que resultaron más pequeños), de esta manera, se calculó el efecto de la fertilización dentro de cada período de crecimiento. El análisis de los datos determinó que existieron diferencias significativas entre los años ($p < 0,0001$), pero no se observaron diferencias significativas entre los tratamientos ($p = 0,2224$), tampoco en la interacción año por tratamiento ($p = 0,2432$).

La tasa de crecimiento de la altura de la planta del año 2013 fue significativamente mayor ($p < 0,05$) que en el año 2014 (Fig.2).

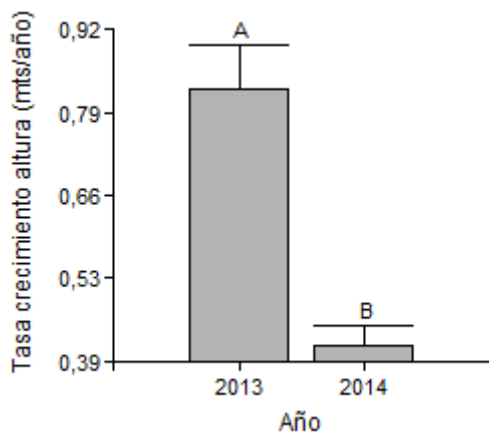


Figura 2. Tasa de crecimiento de la altura de la planta en mts año⁻¹ para cada período. Letras distintas significan diferencias significativas entre períodos ($p < 0,05$). Las barras verticales significan Error Estándar.

6.1.2 Tasa de crecimiento del diámetro del tronco por árbol

Con el mismo criterio aplicado en la tasa de crecimiento de la altura por árbol, se evaluó la tasa de crecimiento del diámetro del tronco por árbol y no simplemente el diámetro del tronco por árbol, ya que de esta manera se excluye el efecto que producen las plantas del tratamiento 2 que son más pequeñas. De esta manera, sólo se analizó el crecimiento del diámetro por árbol en los períodos determinados en el ensayo.

En el análisis de los datos se observaron diferencias significativas entre los tratamientos ($p = 0,0316$) y los años ($p = 0,0001$). No encontrándose diferencias en la interacción año por tratamiento ($p = 0,9018$).

El análisis de los tratamientos para la tasa de crecimiento del diámetro del tronco durante los períodos 2013 y 2014 mostró en el tratamiento 3 una respuesta muy significativa ($p < 0,05$) con respecto a los tratamientos 0, 1 y 2 (Fig. 3).

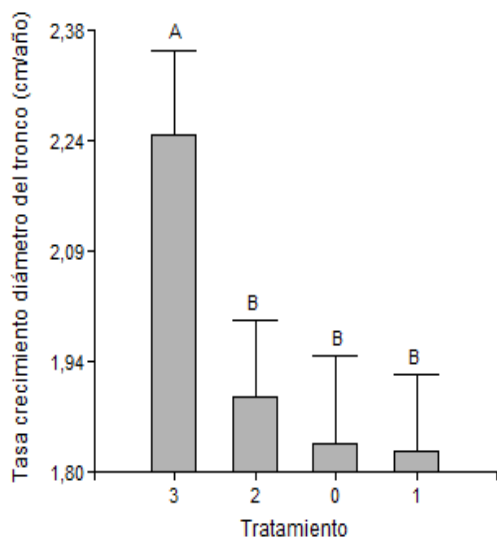


Figura 3. Tasa de crecimiento del diámetro del tronco en cm año^{-1} para cada tratamiento (T0: 0 kg N; T1: 1 kg N; T2: 2 kg de N; T3: 4 kg de N). Letras distintas indican diferencias significativas entre tratamientos ($p < 0,05$). Las barras verticales significan Error Estándar.

En el año 2013 la tasa de crecimiento del diámetro del tronco fue muy superior ($p < 0,05$) con respecto al año siguiente (Fig. 4)

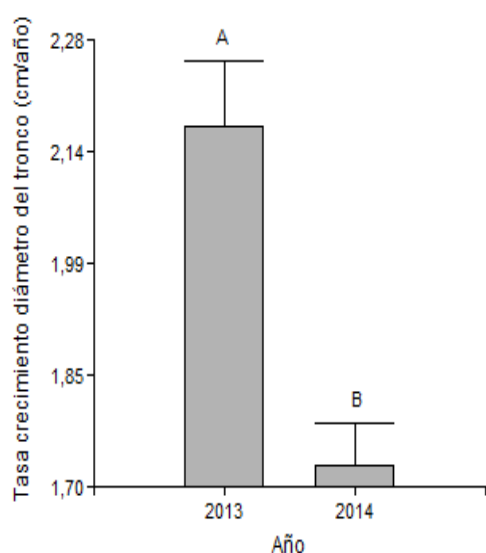


Figura 4. Tasa de crecimiento del diámetro del tronco de la planta en cm año^{-1} para cada período. Letras distintas significan diferencias significativas entre períodos ($p < 0,05$). Las barras verticales significan Error Estándar.

6.2 Respuesta del rendimiento de la nuez de pecán por árbol frente a la fertilización nitrogenada.

6.2.1 Peso seco embrión por árbol

El análisis de los datos de peso seco del embrión indica diferencias significativas en la interacción año por tratamiento ($p = 0,0465$).

El análisis de la interacción año por tratamiento para el peso seco del embrión por árbol determinó que hay diferencias significativas ($p < 0,05$) entre los períodos 2013 y 2014, determinando mayores pesos en el año 2014 para todos los tratamientos. Para el año 2014 se observaron diferencias significativas ($p < 0,05$) entre el tratamiento 3 (dosis alta) y el tratamiento 2 (dosis media), pero en el año 2013 estas diferencias fueron marginales (Fig.5).

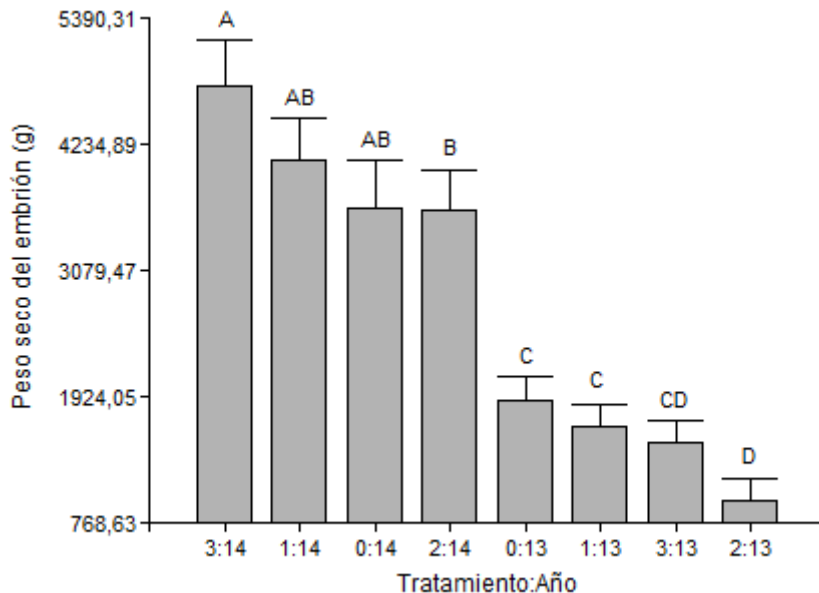


Figura 5. Peso seco del embrión por árbol en g para distintos tratamientos y períodos de evaluación (T0: 0 kg de N; T1: 1 kg de N; T2: 2 kg de N; T3: 4 kg de N). Letras distintas indican diferencias significativas entre tratamientos y períodos ($p < 0,05$). Las barras verticales indican Error Estándar.

6.2.2 Peso seco cáscara por árbol

Se encontraron diferencias significativas entre los años ($p < 0,001$), no encontrándose diferencias significativas entre los tratamientos ($p = 0,2140$) y en la interacción año por tratamiento ($p = 0,0892$).

En el año 2014 se observó un mayor peso de cáscara por árbol ($p < 0,05$) con respecto al año anterior (Fig. 6).

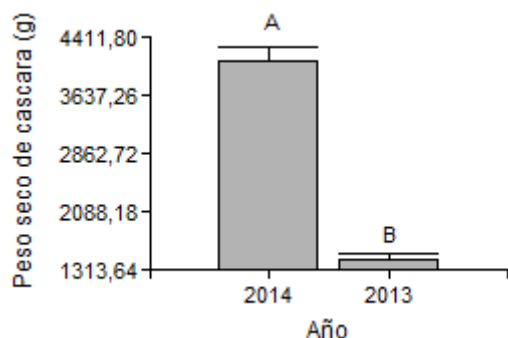


Figura 6. Peso seco de cáscara por árbol en g para cada período. Letras distintas significan diferencias significativas entre períodos ($p < 0,05$). Las barras verticales significan Error Estándar.

6.2.3 Peso seco involucro por árbol

Se encontraron diferencias significativas entre los años ($p < 0,0001$).

Con respecto al análisis de los años, se observa que el año 2014 presentó mayor peso seco de involucro por árbol que en el año 2013, con un nivel de significación (p) de 0,05 (Fig. 7).

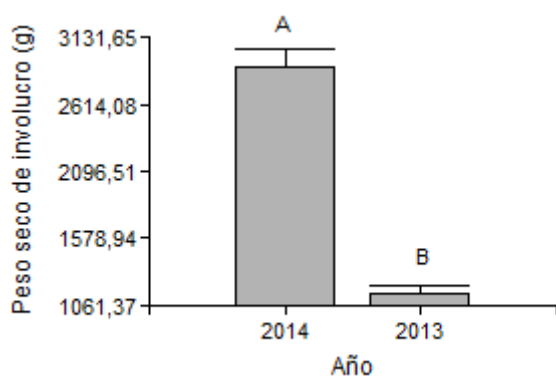


Figura 7. Peso seco de involucro por árbol en g para cada período. Letras distintas significan diferencias significativas entre períodos ($p < 0,05$). Las barras verticales significan Error Estándar.

El análisis de varianza con la suma de cuadrados marginales no encontró diferencias significativas para los tratamientos ($p = 0,1309$). Pero si se compara con las medias de LSD Fisher se observan diferencias significativas ($p < 0,05$) entre los tratamientos.

En el análisis de los tratamientos del peso seco del involucro se observa que el tratamiento 3 (dosis alta) fue significativamente mayor al tratamiento 2 (dosis media). Los tratamientos 1 (dosis baja) y 0 (testigo) no difieren significativamente con la media de los tratamientos restantes. (Fig. 8)

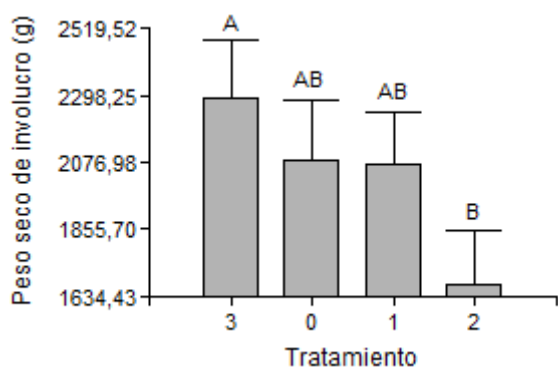


Figura 8. Peso seco de involucro por árbol en g para cada tratamiento (T0: 0 kg N; T1: 1 kg N; T2: 2 kg de N; T3: 4 kg de N). Letras distintas indican diferencias significativas entre tratamientos ($p < 0,05$). Las barras verticales significan Error Estándar.

6.2.4 Peso seco fruto por árbol

Se encontraron diferencias significativas en la interacción año por tratamiento ($p = 0,05$). El análisis de la interacción año por tratamiento para el peso seco del fruto por árbol durante el año 2014 mostró una respuesta significativa ($p < 0,05$) en el tratamiento 3 (dosis alta) en relación con el tratamiento 2 (dosis media), los tratamientos 1 (dosis baja) y 0 (testigo) no mostraron diferencias con los demás tratamientos de ese mismo año. En el año 2013 el tratamiento 3 (dosis alta) no presentó diferencias significativas ($p < 0,05$) con los tratamientos restantes. (Fig. 9)

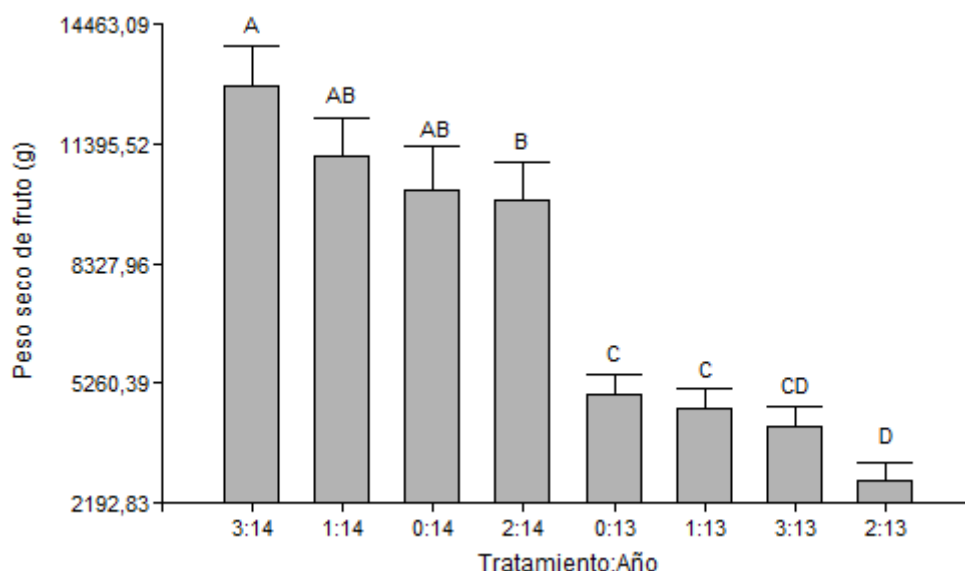


Figura 9. Peso seco de fruto por árbol en g para distintos tratamientos y períodos de evaluación (T0: 0 kg de N; T1: 1 kg de N; T2: 2 kg de N; T3: 4 kg de N). Letras distintas indican diferencias significativas entre tratamientos y períodos ($p < 0,05$). Las barras verticales indican Error Estándar.

6.2.5 Peso seco nuez por árbol

Los rendimientos del peso seco de las nueces por árbol para cada tratamiento promediando los dos años del ensayo se muestran en el gráfico 2.

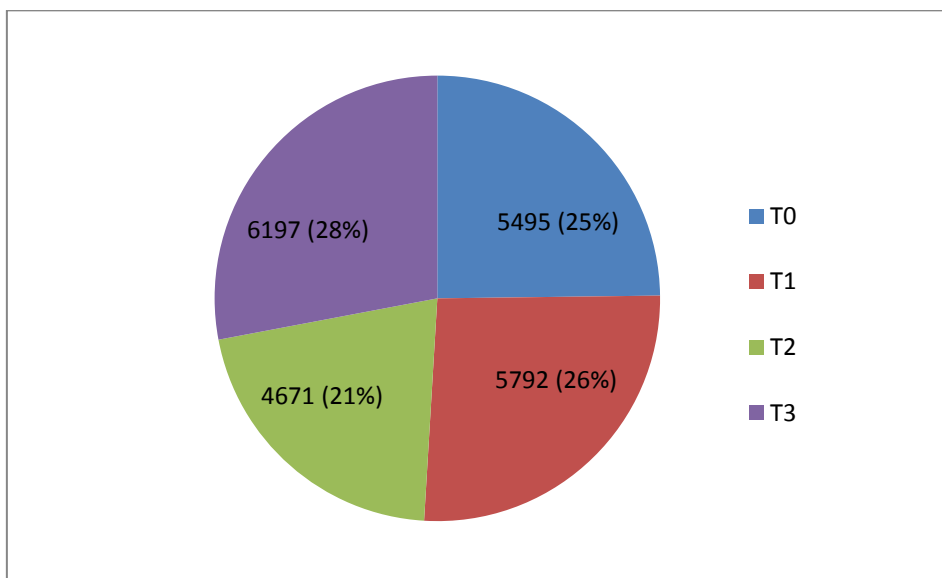


Gráfico 2. Gráfico de torta indica el promedio anual del rendimiento del peso seco de las nueces por planta en g y en % para cada tratamiento (T0: 0 kg de N; T1: 1 kg de N; T2: 2 kg de N; T3: 4 kg de N)

El análisis de los datos presentó diferencias significativas entre los años ($p < 0,0001$).

Los datos de peso seco de nuez por árbol variaron significativamente observándose mayor peso en el período 2014 con respecto al año 2013 (Fig. 10).

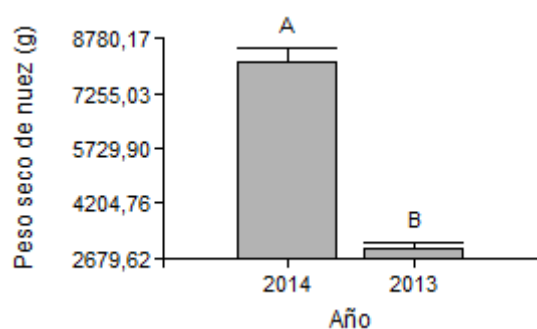


Figura 10. Peso seco de nuez por árbol en g para cada período. Letras distintas significan diferencias significativas entre períodos ($p < 0,05$). Las barras verticales significan Error Estándar.

El análisis de varianza con la suma de cuadrados marginales no encontró diferencias significativas para los tratamientos ($p = 0,1794$). Pero si se

compara con las medias de LSD Fisher se observan diferencias significativas ($p < 0,05$) entre los tratamientos.

Para el análisis de los tratamientos del peso seco de la nuez se observa que el tratamiento 3 (dosis alta) fue significativamente mayor que el tratamiento 2 (dosis media). Los tratamientos 1 (dosis baja) y 0 (testigo) no variaron con los demás tratamientos. (Fig. 11)

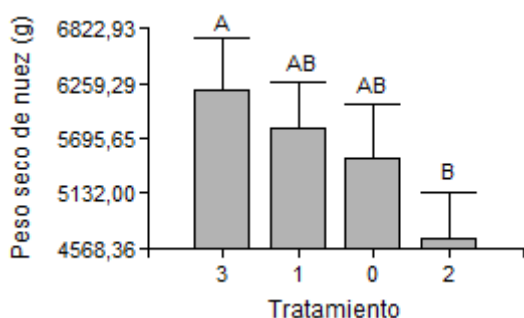


Figura 11. Peso seco de nuez por árbol en g para cada tratamiento (T0: 0 kg N; T1: 1 kg N; T2: 2 kg de N; T3: 4 kg de N). Letras distintas indican diferencias significativas entre tratamientos ($p < 0,05$). Las barras verticales significan Error Estándar.

6.2.6 Peso seco promedio de la nuez por árbol

El análisis de los datos obtenidos determinan que hay diferencias significativas entre los años ($p = 0,0061$), pero no se observaron diferencias entre los tratamientos ($p = 0,9998$) ni en la interacción año por tratamiento ($p = 0,4263$).

El año 2013 presentó un peso seco de nuez promedio por árbol significativamente ($p < 0,05$) mayor que el año 2014 (Fig. 12).

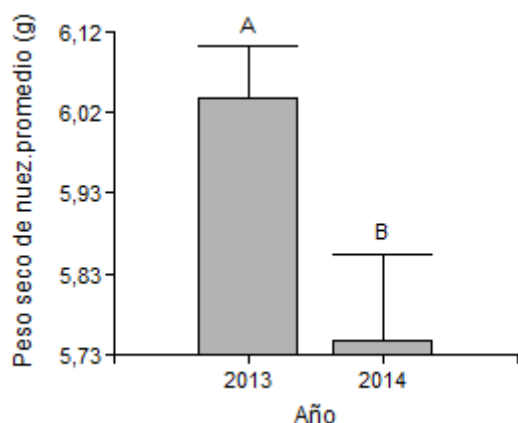


Figura 12. Peso seco de nuez promedio por árbol en g para cada período. Letras distintas significan diferencias significativas entre períodos ($p < 0,05$). Las barras verticales significan Error Estándar.

6.2.7 Peso seco promedio de un embrión

En la interpretación del peso seco promedio de un embrión sólo se observaron diferencias significativas en la diferencia entre los años ($p = 0,0056$).

El peso seco promedio del embrión en el año 2013 fue significativamente superior ($p < 0,05$) con respecto al año 2014 (Fig. 13)

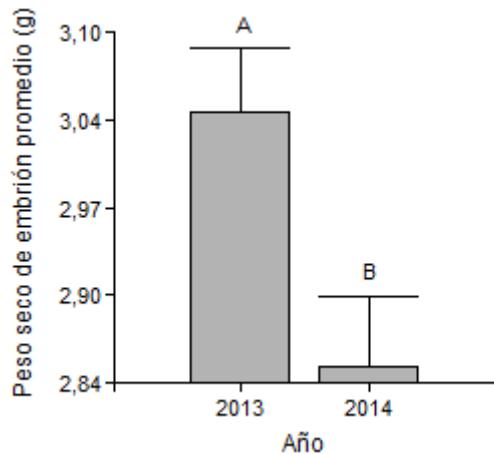


Figura 13. Peso seco de embrión promedio por árbol en g para cada período. Letras distintas significan diferencias significativas entre períodos ($p < 0,05$). Las barras verticales significan Error Estándar.

6.2.8 Porcentaje de llenado del embrión

No se encontraron diferencias significativas en la interacción año por tratamiento ($p = 0,2768$), ni en el análisis de los tratamientos ($p = 0,7686$), así como tampoco se observaron diferencias significativas entre los años ($p = 0,0899$).

Los porcentajes de llenado del embrión fueron aproximadamente del 50 % para los tratamientos y los años.

6.2.9 Largo de la nuez promedio

Se observaron diferencias significativas entre los años ($p < 0,0001$). No se obtuvieron diferencias significativas entre los tratamientos ($p = 0,0860$), así como tampoco entre la interacción año por tratamiento ($p = 0,8167$).

En el período 2014 se determinó que el largo de la nuez fue significativamente mayor con respecto al año 2013. (Fig. 14)

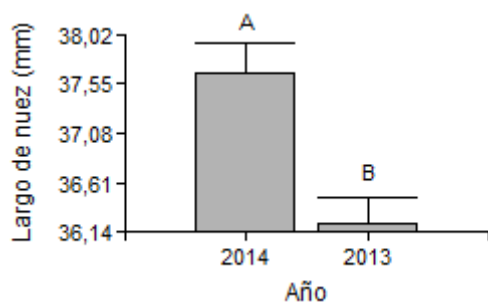


Figura 14. Largo de nuez por árbol en mm para cada período. Letras distintas significan diferencias significativas entre períodos ($p < 0,05$). Las barras verticales significan Error Estándar.

Al comparar las medias de LSD Fisher se observan diferencias significativas ($p < 0,05$) entre los tratamientos.

En el análisis del largo de la nuez entre los tratamientos se observa que el tratamiento 0 (testigo) fue significativamente ($p < 0,05$) mayor al tratamiento 1 (dosis baja), pero estas diferencias no se observaron al comprarlas con el tratamiento 3 (dosis alta) ni con el tratamiento 2 (dosis media). (Fig. 15)

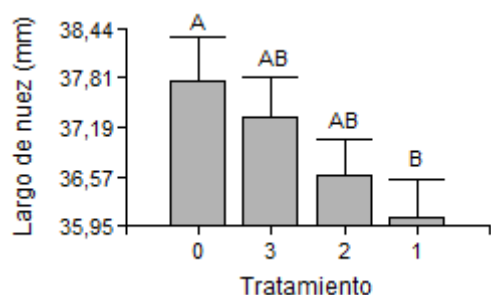


Figura 15. Largo de nuez por árbol en mm para cada tratamiento (T0: 0 kg N; T1: 1 kg N; T2: 2 kg de N; T3: 4 kg de N). Letras distintas indican diferencias significativas entre tratamientos ($p < 0,05$). Las barras verticales significan Error Estándar.

6.2.10 Número de nueces por árbol

Se encontraron diferencias significativas solamente entre los años ($p < 0,0001$). En el análisis de los tratamientos y la interacción año por tratamiento no se observaron diferencias significativas ($p = 0,2095$ y $p = 0,1027$ respectivamente).

En la cosecha del año 2014 se observó un número significativamente mayor de nueces por árbol con respecto al año anterior. (Fig. 16)

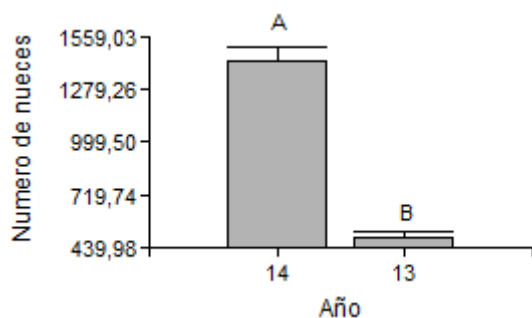


Figura 16. Número de nueces por árbol en unidad para cada período. Letras distintas significan diferencias significativas entre períodos ($p < 0,05$). Las barras verticales significan Error Estándar.

Al comparar las medias de LSD Fisher se observan diferencias significativas ($p < 0,05$) entre los tratamientos.

El tratamiento 3 (dosis alta) para el número de nueces por árbol fue significativamente mayor que el tratamiento 2 (dosis media). Los tratamientos 1 (dosis baja) y 0 (testigo) no presentaron diferencias significativas entre las medias de los tratamientos restantes. (Fig. 17)

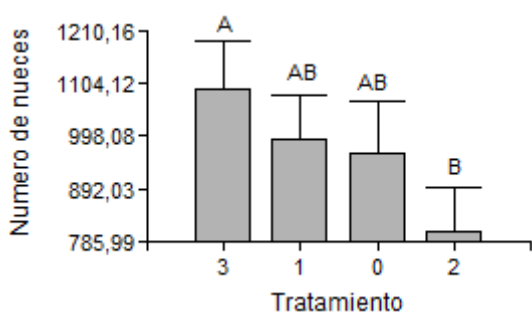


Figura 17. Número de nueces por árbol en unidad para cada tratamiento (T0: 0 kg N; T1: 1 kg N; T2; 2 kg de N; T3: 4 kg de N). Letras distintas indican diferencias significativas entre tratamientos ($p < 0,05$). Las barras verticales significan Error Estándar.

6.2.11 Número de nueces kg de nuez^{-1}

Se determinaron diferencias significativas para los años ($p = 0,0040$). No se obtuvieron diferencias significativas entre los tratamientos ni en la interacción año por tratamiento ($p = 0,9782$ y $p = 0,4379$ respectivamente).

El número de nueces por kg de nuez fue significativamente mayor para la cosecha 2014 con respecto a la cosecha 2013. Fig.18

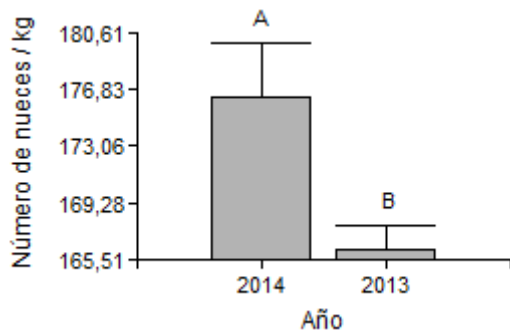


Figura 18. Número de nueces kg por árbol⁻¹ en unidad kg⁻¹ para cada período. Letras distintas significan diferencias significativas entre períodos ($p < 0,05$). Las barras verticales significan Error Estándar.

6.3 Correlación entre el crecimiento y el rendimiento del árbol

Además de obtener los resultados de cada una de las variables en estudio y someterlas a un análisis estadístico, se analizó la correlación entre el peso seco del embrión por árbol (rendimiento) con el crecimiento de las plantas, basado en la tasa de crecimiento de la altura de la planta y la tasa de crecimiento del diámetro del tronco del árbol.

Correlación con la tasa de crecimiento de la altura de la planta:

En el análisis del testigo se encontró una relación lineal negativa ($p = 0,05$) entre la tasa de crecimiento de la altura de la planta versus el peso seco del embrión.

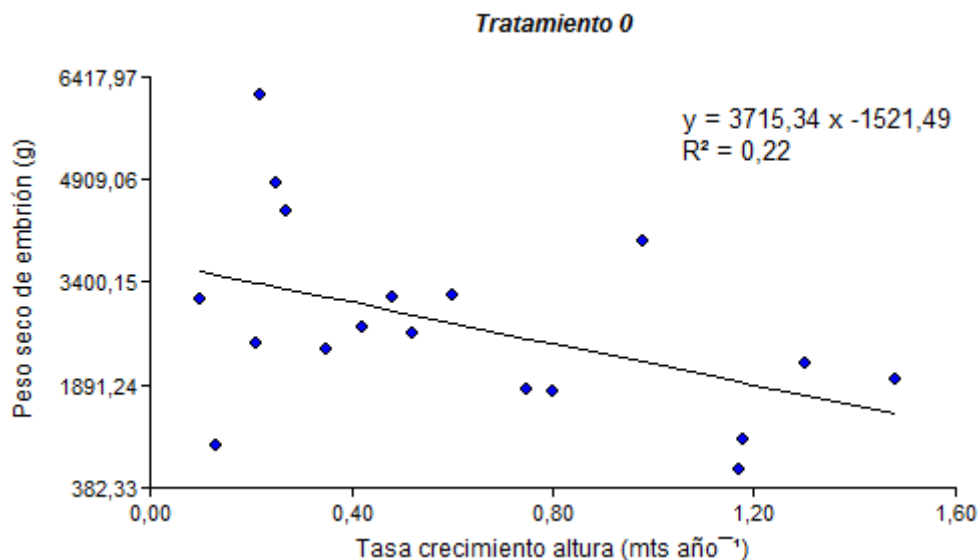


Figura 19. Relación tasa de crecimiento de la altura (m por año) versus el peso seco del embrión (g) para el tratamiento 0.

Para tratamiento 1 (dosis baja) también se observó una relación lineal negativa ($p = 0,0151$) entre la tasa de crecimiento de la altura de la planta versus el peso seco del embrión.

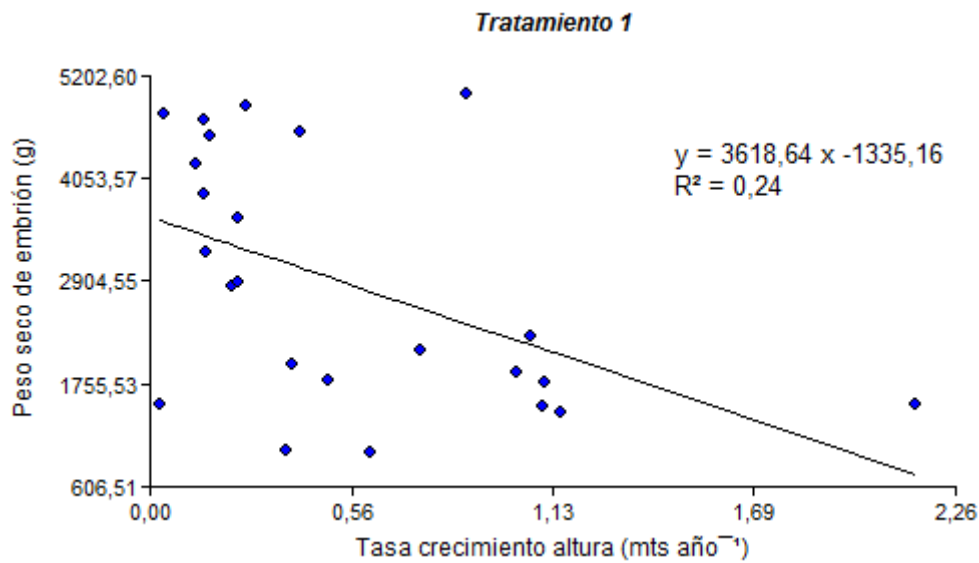


Figura 20. Relación tasa de crecimiento de la altura (m por año) versus el peso seco del embrión (g) para el tratamiento 1.

En el tratamiento 2 (dosis media) no se observó una relación lineal significativa ($p = 0,1944$) entre la tasa de crecimiento de la altura de la planta versus el peso seco del embrión.

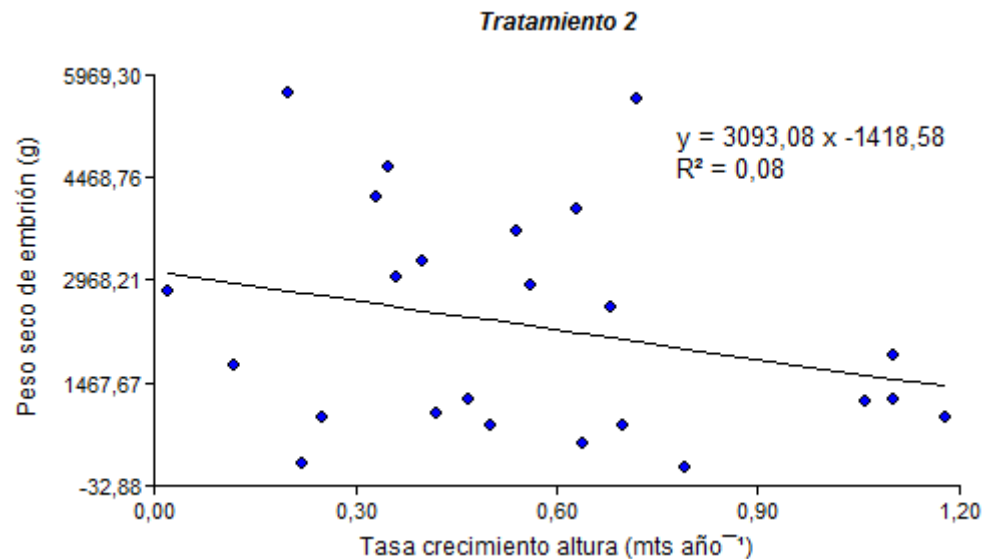


Figura 21. Relación tasa de crecimiento de la altura (m por año) versus el peso seco del embrión (g) para el tratamiento 2.

El tratamiento 3 (dosis alta) tampoco se observó una relación lineal significativa ($p = 0,2974$) entre la tasa de crecimiento de la altura de la planta versus el peso seco del embrión.

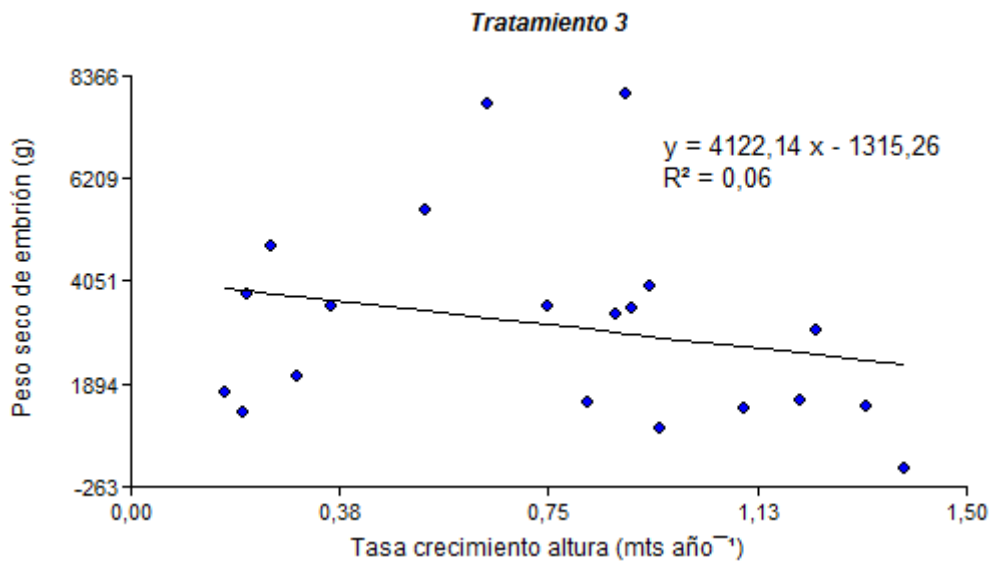


Figura 22. Relación tasa de crecimiento de la altura (m por año) versus el peso seco del embrión (g) para el tratamiento 3.

Correlación con la tasa de crecimiento del diámetro del tronco por árbol:

Para el tratamiento 0 (testigo) no se observa una relación lineal negativa ($p = 0,0658$) entre la tasa de crecimiento del diámetro del tronco versus el peso seco del embrión.

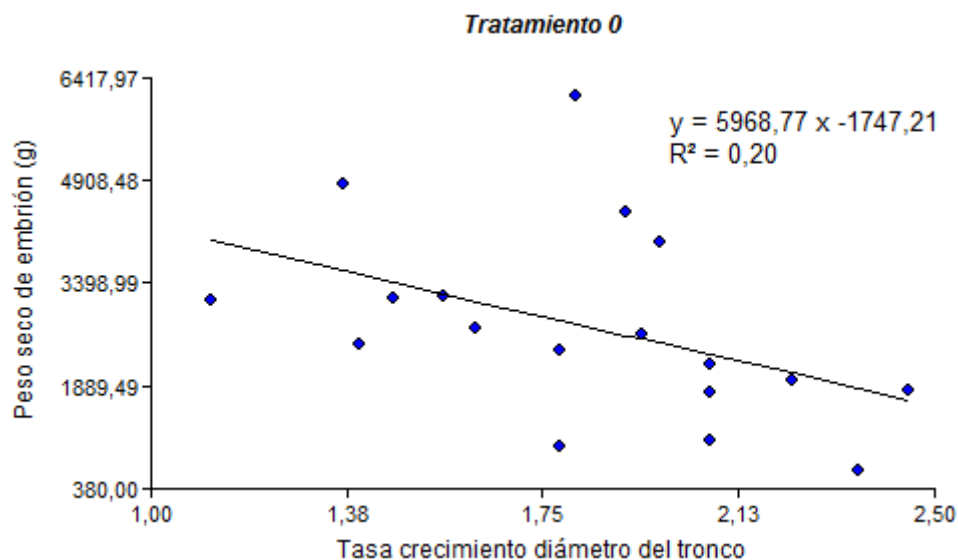


Figura 23. Relación tasa de crecimiento del diámetro del tronco versus el peso seco del embrión (g) para el tratamiento 0.

Se observa en el tratamiento 1 (dosis baja) una relación lineal negativa ($p = 0,0014$) entre la tasa de crecimiento del diámetro del tronco versus el peso seco del embrión.

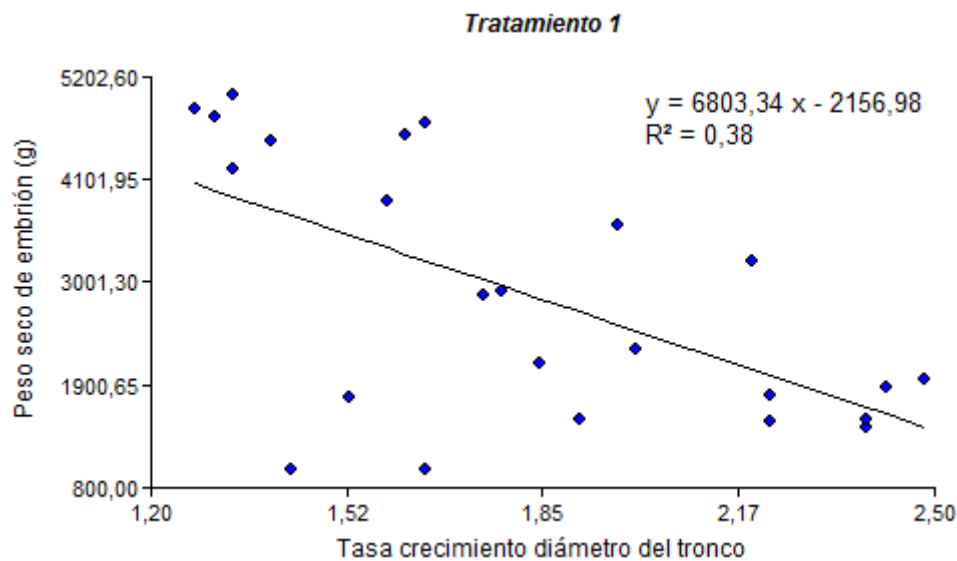


Figura 24. Relación tasa de crecimiento del diámetro del tronco versus el peso seco del embrión (g) para el tratamiento 1.

También se observa en el tratamiento 2 (dosis media) una relación lineal negativa ($p = 0,0450$) entre la tasa de crecimiento del diámetro del tronco versus el peso seco del embrión.

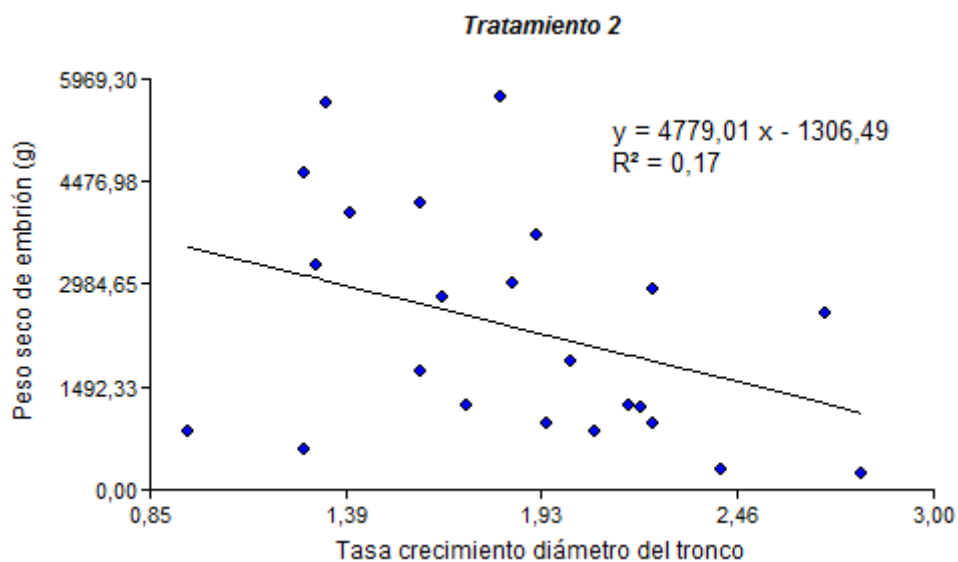


Figura 25. Relación tasa de crecimiento del diámetro del tronco versus el peso seco del embrión (g) para el tratamiento 2.

En el tratamiento 3 (dosis alta) no se encontraron diferencias significativas ($p = 0,2080$) entre la tasa de crecimiento del diámetro del tronco versus el peso seco del embrión.

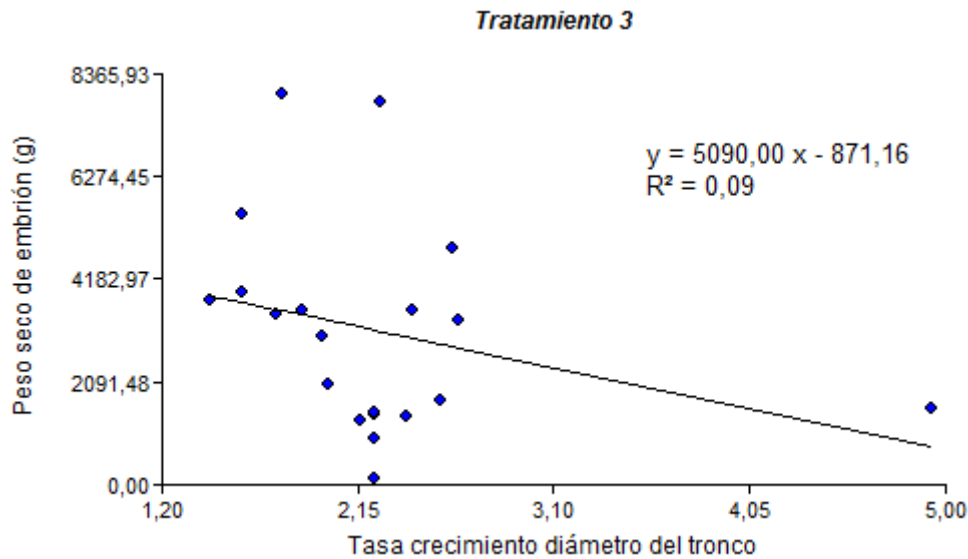


Figura 26. Relación tasa de crecimiento del diámetro del tronco versus el peso seco del embrión (g) para el tratamiento 3.

6.4 Análisis estadístico de la campaña 2014

Debido a la disparidad de rendimiento entre los años es necesario analizar la diferencia entre tratamientos solamente para la campaña 2014 que fue el año donde se obtuvieron medias de rendimiento más acorde a la edad de las plantas. Por lo tanto se realizaron los análisis de varianza (ANOVA) de una sola vía solamente para la campaña 2014, para todas las variables estudiadas. En caso de significancia estadística, se realizó una prueba *post-hoc* LSD de Fisher con un alfa de 5 %.

6.4.1 Tasa de crecimiento de la altura del árbol

El análisis de varianza para los tratamientos mostraron diferencias significativas ($p=0,0028$) para la tasa de crecimiento de la altura de la planta.

Se observó un mayor crecimiento de la altura del árbol para el tratamiento 3 (dosis alta) con respecto a los demás tratamientos ($p<0,05$). (Fig. 27)

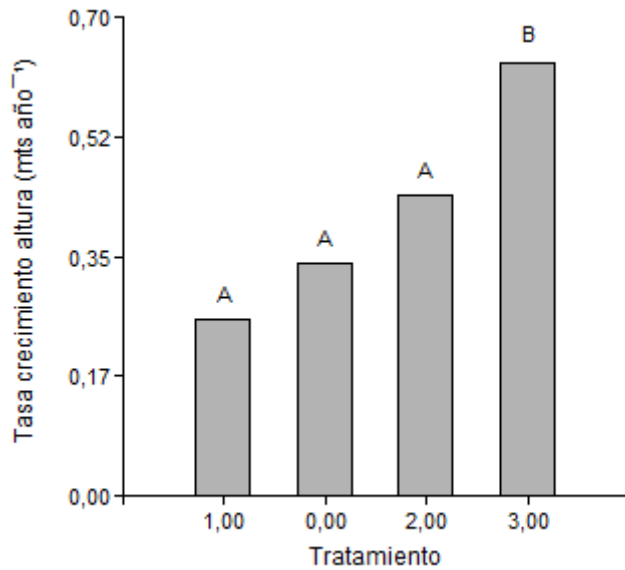


Figura 27. Tasa de crecimiento de la altura de la planta en m año^{-1} para cada tratamiento (T0: 0 kg N; T1: 1 kg N; T2; 2 kg de N; T3: 4 kg de N). Letras distintas indican diferencias significativas entre tratamientos ($p < 0,05$).

6.4.2 Tasa de crecimiento del diámetro del tronco por árbol

No se encontraron diferencias significativas ($p=0,0561$), pero al comparar las medias con el método de comparación de LSD Fisher se observa que el tratamiento 3 (dosis alta) tuvo una tasa de crecimiento del diámetro del tronco mayor que el tratamiento 0 (testigo) y el tratamiento 1 (dosis baja). (Fig. 28)

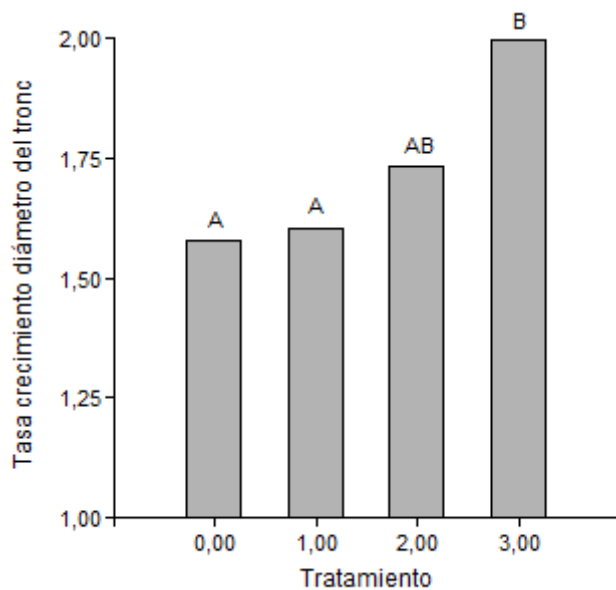


Figura 28. Tasa de crecimiento del diámetro del tronco en cm año^{-1} para cada tratamiento (T0: 0 kg N; T1: 1 kg N; T2; 2 kg de N; T3: 4 kg de N). Letras distintas indican diferencias significativas entre tratamientos ($p < 0,05$).

6.4.3 Peso seco embrión por árbol

No se encontraron diferencias significativa entre los tratamientos ($p=0,1765$). Analizando la comparación de Fisher sólo se observan diferencias entre el tratamiento 3 con respecto al tratamiento 2, pero éstas diferencias se podrían explicar por el menor tamaño inicial de los árboles asignados al azar para el tratamiento 2. (Fig. 29)

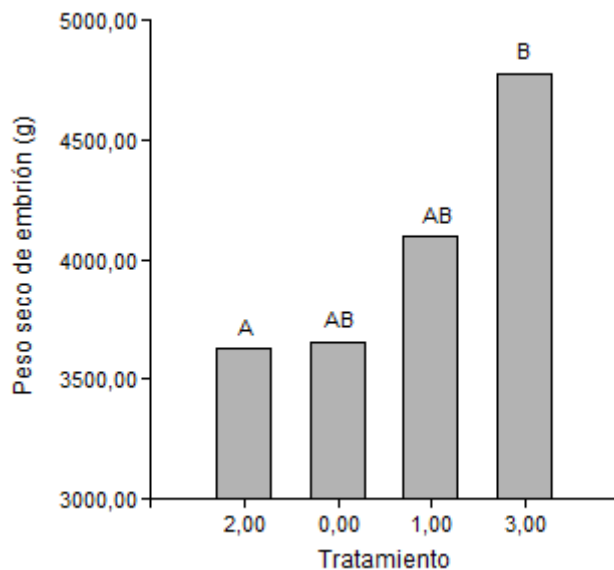


Figura 29. Peso seco del embrión por árbol en g para cada tratamiento (T0: 0 kg N; T1: 1 kg N; T2; 2 kg de N; T3: 4 kg de N). Letras distintas indican diferencias significativas entre tratamientos ($p < 0,05$).

6.4.4 Peso seco cáscara por árbol

No se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos ($p=0,2758$) ni en las medias comparadas con el método de LSD Fisher ($p < 0,05$).

6.4.5 Peso seco involucro por árbol

No se encontraron diferencias significativas ($p=0,1965$) en el análisis de varianza. Pero si comparamos las medias de los tratamientos con el método de Fisher observamos que el tratamiento 3 fue mayor al tratamiento 2, pero no presento diferencias con el tratamiento 0 y el 1. La explicación de los resultados es la misma que para el peso seco del embrión. (Fig. 30)

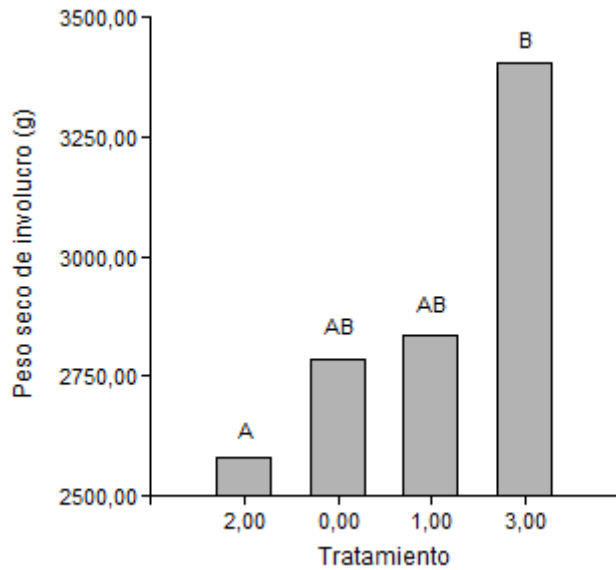


Figura 30. Peso seco de involucro por árbol en g para cada tratamiento (T0: 0 kg N; T1: 1 kg N; T2: 2 kg de N; T3: 4 kg de N). Letras distintas indican diferencias significativas entre tratamientos ($p < 0,05$).

6.4.6 Peso seco fruto por árbol

No se encontraron diferencias significativas ($p=0,2050$). Sólo si analizamos la comparación entre las medias de los tratamientos con Fisher observamos que el tratamiento 3 es mayor al tratamiento 2, pero no se diferencia de los tratamientos restantes. El resultado se puede explicar de igual manera que para el peso seco del embrión y el peso seco del involucro. (Fig. 31)

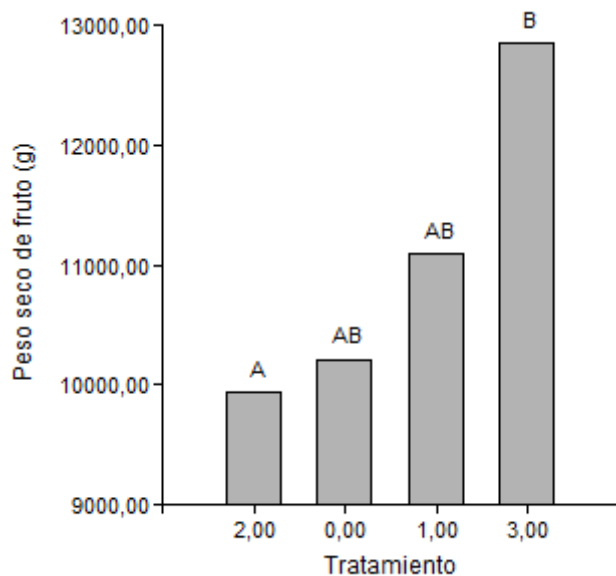


Figura 31. Peso seco de fruto por árbol en g para cada tratamiento (T0: 0 kg N; T1: 1 kg N; T2; 2 kg de N; T3: 4 kg de N). Letras distintas indican diferencias significativas entre tratamientos ($p < 0,05$).

6.4.7 Peso seco nuez por árbol

No se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos ($p=0,2119$) ni en las medias comparadas con el método de LSD Fisher ($p<0,05$).

6.4.8 Peso seco promedio de la nuez por árbol

No se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos ($p=0,8534$) ni en las medias comparadas con el método de LSD Fisher ($p<0,05$).

6.4.9 Peso seco promedio de un embrión

No se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos ($p=0,8002$) ni en las medias comparadas con el método de LSD Fisher ($p<0,05$).

6.4.10 Porcentaje de llenado del embrión

No se encontraron diferencias significativas entre las medias de cada tratamiento ($p=0,7667$).

Analizando las medias con el método comparativo LSD Fisher tampoco se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos ($p<0,05$).

6.4.11 Largo de la nuez promedio

El análisis de varianza no mostró diferencias significativas ($p=0,1172$). Al comprar las medias con el método de Fisher observamos que el tratamiento 0 (testigo) fue mayor al tratamiento 1 (dosis bajas) pero no presento diferencias entre los tratamientos restantes ($p<0,05$). (Fig. 32)

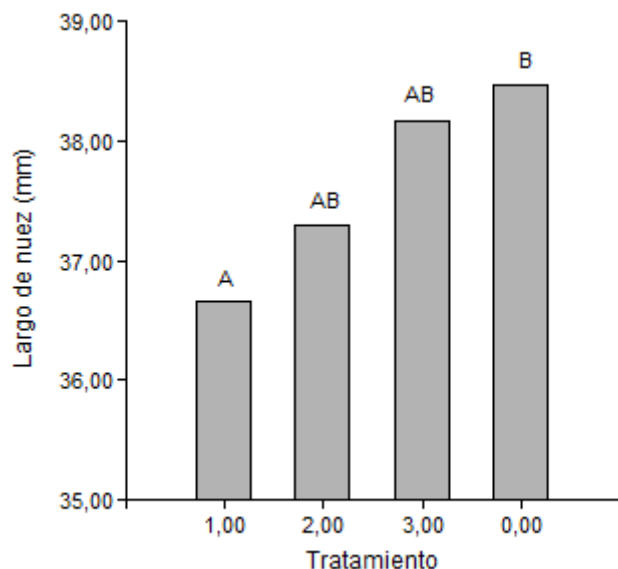


Figura 32. Largo de nuez por árbol en mm para cada tratamiento (T0: 0 kg N; T1: 1 kg N; T2; 2 kg de N; T3: 4 kg de N). Letras distintas indican diferencias significativas entre tratamientos ($p < 0,05$).

6.4.12 Número de nueces por árbol

El análisis estadístico no determinó diferencias significativas entre los tratamientos ($p=0,2450$). Al comparar las medias con el método de LSD Fisher tampoco se observaron diferencias significativas ($p<0,05$) para el año 2014.

6.4.13 Número de nueces / kg de nuez

No se encontraron diferencias significativas entre las medias de los tratamientos ($p=0,8067$) para el análisis de varianza ni para el análisis comparativo de LSD Fisher ($p<0,05$).

7. Discusión

La fertilización nitrogenada no mostró respuestas significativas con respecto a la tasa de crecimiento de la altura de la planta. Se observaron marcadas diferencias entre los dos años analizados. Esto se puede explicar por el bajo rendimiento obtenido en la campaña 2012-2013 que permite a los fotoasimilados producidos incorporarse al eje principal y a las ramas del árbol en lugar de migrar hacia los frutos y de ésta forma obtener un crecimiento mayor que en la campaña siguiente (de mayor rendimiento). Además, el mayor crecimiento observado en la primera campaña se puede explicar por la disposición de mayor cantidad de agua disponible para el inicio de brotación, ya que en la primera campaña en los meses de agosto y septiembre se registraron

precipitaciones de 283 mm contra los 183 mm que ocurrieron la campaña siguiente.

Al analizar los resultados obtenidos en el análisis de la campaña 2013-2014 solamente se observa que el tratamiento 3 (dosis alta) posee una mayor tasa de altura que los tratamientos restantes. En estas condiciones permiten deducir que la dosis mínima de respuesta al agregado de fertilizante para lograr un mayor crecimiento en altura es de 4 kilogramo de urea por planta.

Sin embargo, en otro estudio realizado por Frusso (2008) en el mismo establecimiento con las mismas plantas y la misma distribución al azar de los tratamientos pero con distinta edad de las plantas (de 5 a 8 años de edad) se observaron respuestas al agregado del fertilizante en los tres tratamientos (dosis baja, media y alta). Posiblemente estas diferencias de respuesta a la fertilización nitrogenada en los dos ensayos se deban a la edad de las plantas, determinando que las plantas de menor desarrollo sean más sensibles a la respuesta del crecimiento en altura que las más grandes (plantas de 10 y 11 años de edad). Por otro lado, otro estudio realizado al sur de la provincia de Buenos Aires (Giuffré et al., 2011) donde se fertilizó con nitrógeno y fósforo en pecanes recién implantados tampoco se obtuvieron respuestas de crecimiento en altura de la planta y diámetro del tronco con respecto a la fertilización, donde el tratamiento testigo resultó tener mayor crecimiento. Otros autores (Smith *et al.*, 2004) no han encontrado diferencias significativas en el crecimiento de los tallos o el área del tronco de pecán con distintas dosis de fertilizante nitrogenado o dividiendo la aplicación del mismo.

La tasa de crecimiento del diámetro del tronco presentó diferencias significativas entre los tratamientos y entre los años. El tratamiento 3 (dosis alta) se diferenció de los tratamientos restantes marcando una respuesta positiva al agregado de nitrógeno, pudiendo ser las dosis de 4 kg de urea (tratamiento 3) las mínimas de respuesta para el crecimiento de las plantas de esa edad. La diferencia anual a favor de la campaña 2012-2013 se explica de igual manera que en la tasa de crecimiento de altura, debido al movimiento de los fotoasimilados al tronco y no al fruto. Frusso (2008) también encontró respuesta a la fertilización en los tratamientos. Además, Worley (1974) observó respuestas en el aumento del diámetro del tallo al agregarle fertilizante nitrogenado.

Con respecto a los resultados obtenidos en cuanto al rendimiento en gramos de materia seca se pudo determinar que el rinde fue mayor en la campaña 2013-2014 con respecto a la campaña anterior. Estas diferencias muy marcadas se deben a las precipitaciones ocurridas durante la segunda quincena del mes de octubre, que es el momento en el cual las flores femeninas de la variedad "Stuart" se encuentra receptivo al polen circundante en el ambiente y debe realizarse la polinización. Las excesivas lluvias (140 mm) durante la floración femenina (segunda quincena de octubre) en la campaña 2012-2013 produjeron un lavado del polen impidiendo la correcta

polinización de las flores. La polinización en el pecán es realizada por viento, necesitando una baja humedad relativa ambiente y pocas precipitaciones durante este momento para permitir al grano de polen desplazarse hasta el estigma de la flor femenina (Yates, 1993). Durante la campaña 2013-2014 sólo llovieron 14 mm durante la segunda quincena de octubre y por lo tanto la polinización se pudo desarrollar correctamente. Por lo tanto, las precipitaciones que ocurrieron durante la segunda quincena de octubre afectaron significativamente las variables que corresponden al número de nueces por árbol, peso seco del embrión, embrión promedio, cascara, fruto, involucro y nuez, largo de la nuez y número de nueces por kilogramo.

Se encontraron diferencias significativas en la interacción año por tratamiento para el peso seco del embrión. La campaña 2013-2014 presentó mayor rendimiento debido a las consecuencias anteriormente explicadas. El tratamiento 2 fue el que presentó menores rendimientos del embrión en las dos campañas, seguramente debido al menor tamaño inicial de las plantas asignadas a ese tratamiento y no a una diferencia entre las distintas dosis de fertilizantes. La altura inicial de la planta para cada tratamiento fueron de 5,6 mts, 6 mts, 5,8 mts y 5,6 mts para el tratamiento 0, 1, 2 y 3 respectivamente y el diámetro inicial del tronco fue de 53 cm, 57 cm, 51 cm y 58 cm para el tratamiento 0, 1, 2 y 3 respectivamente. Si bien la diferencia no parece ser tan amplia, las plantas se vienen desarrollando con una marcada diferencia desde el comienzo del ensayo realizado por Frusso en el año 2006, donde sus resultados se vieron afectados al menor tamaño inicial de las plantas asignadas al tratamiento 2. El mayor peso seco del embrión se observó en el tratamiento 3 (dosis alta), pero no se alcanzaron a observar diferencias significativas con el tratamiento 1 ni con el testigo para la campaña 2013-2014. Estos resultados no se reflejaron en la campaña 2012-2013 donde el tratamiento que obtuvo mayor rendimiento del embrión fue el testigo, prácticamente sin diferenciarse del tratamiento 1 y 3.

El peso seco de la cáscara por árbol no tuvo respuesta al agregado de fertilizante. Las diferencias sólo se observaron entre las dos campañas, lógicamente debido al mayor número de nueces por planta obtenidas durante la campaña 2013-2014 a consecuencia de la imposibilidad de fecundación en la campaña 2012-2013.

Lo mismo ocurrió con el peso seco del involucro por árbol donde la campaña 2013-2014 presentó mayor peso seco. Pero además se pudo observar que el tratamiento 3 (dosis alta) fue el que presentó mayor peso, siendo significativo con respecto al tratamiento 2.

Con respecto al peso seco del fruto por árbol se observaron diferencias significativas en la interacción año por tratamiento logrando los mayores valores en la campaña 2013-2014 y destacándose en esa campaña el tratamiento 3 (dosis alta).

El peso seco de las nueces por árbol también presentaron una marcada diferencia entre años. Pero se pudo remarcar una leve diferencia entre tratamientos observando al tratamiento 3 como el de mayor rendimiento y al

tratamiento 2 como el de menor rinde (seguramente por el menor tamaño de las plantas). Estos resultados pueden dar una pauta que las plantas de la variedad Stuart de 11 años de edad necesitan dosis más elevadas. En Georgia (EE.UU) se evaluaron dosis de 112 a 224 kg por hectárea pero para plantas de mayor edad y se encontró que a largo plazo (8 años) no se tuvieron diferencias en el rendimiento. Sin embargo, hubo una tendencia a producir más nuez con la dosis alta y los árboles más productivos fueron aquellos que presentaron 2.50% de nitrógeno en el follaje (Worley, 1991).

Otros estudios han mostrado que las aplicaciones de nitrógeno han aumentado en general el rendimiento del pecan (Brooks y Liwingston, 1962; Hunter, 1964; Hunter y Hammar, 1947, 1961; Skinner, 1922; Smith y Hamilton, 1937; Smith et al., 1985; Sparks, 1968; Taylor, 1930; Worley, 1974, 1990), pero al mismo tiempo Sparks (2003) señala que la producción irregular (vecería) se incrementa con frecuencia.

En un estudio, el máximo rendimiento ocurrió con 56 kg de N ha⁻¹, y las dosis cuatro veces mayores no tuvieron ningún efecto adicional sobre el rendimiento (Smith et al., 1985).

El peso seco de una nuez promedio no fue afectado por las distintas dosis de fertilizante, pero hubo una marcada diferencia entre las campañas analizadas. La campaña 2012-2013 presentó un peso seco de nuez promedio mayor a la campaña siguiente. Frusso (2008) remarca que las lluvias que ocurren durante el tiempo en el cual se produce el llenado del embrión (enero y febrero) pueden afectar esta variable. No sería éste el caso ya que las precipitaciones fueron abundantes en ambas campañas, registrándose 148 mm en el año 2013 y 389 mm en el año 2014 durante los dos meses. Las diferencias que se observaron entre las campañas podrían atribuirse al número de nueces por árbol que se observaron en los dos años. En el 2013 al observarse un menor número de nueces por planta se puede deducir que los carbohidratos producidos por la planta durante toda la campaña van a ser distribuido entre una menor cantidad de embriones logrando así un mayor peso seco de nuez promedio. Por el contrario en el 2014 se observan mayores cantidades de embriones como destino, entonces los fotoasimilados generados por la planta se van a tener que repartir más generando menores pesos secos de nuez promedio por planta. Sin embargo, ésta mínima compensación al tener un mayor peso por nuez en la campaña 2012-2013 no alcanza para compensar el peso de nueces totales por planta, ya que las diferencias de rendimiento entre ambas campañas son muy marcadas.

Tampoco se encontraron diferencias entre tratamientos al analizar el peso seco del embrión promedio por planta, pero si se notó una marcada diferencia entre las dos campañas siendo el año 2013 la que presentó mayores pesos. Esto se debe al mismo efecto que lo ocurrido para el peso seco de la nuez promedio donde las diferencias se las atribuye a los números de nueces obtenidos en cada campaña.

El porcentaje de llenado del embrión no presentó diferencias significativas entre los tratamientos ni entre los años ni en la interacción año por tratamiento. Los porcentajes para todos los tratamientos y los dos años fueron del cincuenta por ciento. Frusso (2013) tampoco observó ninguna diferencia entre los años ni los tratamientos ni su interacción cuando realizó su ensayo en las mismas plantas años atrás. Sanchez et al (2009) tampoco encontró resultados a la aplicación de nitrógeno en diferentes dosis. Ruiz (2005) destacó que el déficit de N repercute negativamente en algunos aspectos productivos: el fruto no se desarrolla correctamente, el llenado de la almendra es pobre y aumenta el porcentaje de frutos con "golpe de sol" y nuez seca.

El largo de la nuez promedio no fue influenciado por los tratamientos pero si se observaron diferencias entre los años. Frusso (2013) también obtuvo resultados entre los años y no entre los tratamientos. En su tesis de maestría Frusso (2013) destacó la importancia del agua durante el mes de enero para lograr nueces de buen tamaño. En la presente tesina también se corrobora la influencia de las precipitaciones en enero ya que las mismas fueron de 73 mm para el año 2013 (campaña 2012-2013 de menor tamaño de las nueces) y de 184 mm para el año 2014 (nueces de mayor longitud). Si bien los valores de lluvias no fueron escasas en ambos años, estos datos podrían explicar la diferencia de más de 1 mm de longitud entre los años.

Al analizarse solamente la campaña 2013-2014 observamos que el tratamiento testigo (sin fertilización) fue el que presentó mayores longitudes, pudiendo resaltar un efecto negativo de la aplicación de fertilizante nitrogenado para esta variable. De todas formas la diferencia es mínima no pudiendo afirmar un efecto sobre esta variable.

Como se observó para otras variables del rendimiento las precipitaciones ocurridas durante la segunda quincena del mes de octubre para el año 2013 afectó la polinización y por lo tanto perjudicó el número de nueces por árbol observándose grandes diferencias entre las campañas. Con respecto a los tratamientos se pudo observar que el tratamiento 3 (dosis alta) posee el mayor número de nueces con respecto a los demás tratamientos, pero mostrando diferencias significativas sólo con el tratamiento 2 (plantas más pequeñas). Estudios revelaron que el nitrógeno es el principal nutriente que afecta el número de nueces producidas por árbol, así como el tamaño y porcentaje de almendra este efecto es universalmente conocido en muchos estudios con una amplia variedad de condiciones (Pérez *et al.*, 2004). Aumentar el número de nueces por árbol es necesario para obtener altos rendimientos, pero se tiene el riesgo de disminuir la calidad de la nuez, especialmente en árboles maduros (Sparks, 1994). Por el contrario aplicaciones excesivas de nitrógeno tienen efectos adversos en el rendimiento porque se reduce el tamaño y llenado de la nuez, de igual manera un incremento en la longitud del brote, altera el equilibrio fisiológico y el follaje compite con el desarrollo de la nuez por el nitrógeno, dando como resultado la disminución del porcentaje y calidad de la almendra; esto también puede ocasionar cambios en la composición química de la almendra, aumentando el

porcentaje de ácidos grasos insaturados y la composición de las proteínas (Wood, 2002).

El número de nueces por kilogramo hace referencia al tamaño que poseen las nueces. Cuando las nueces son más pequeñas poseen menor calidad comercial, por lo tanto el aumento del número de nueces por kilogramo no es positivo para la comercialización. Esta variable está relacionada con el peso seco de la nuez promedio de manera inversamente proporcional. Sólo se observaron diferencias entre campañas obteniendo mayores números de nueces por kilogramo en el año 2014, explicándose por el menor peso seco de la nuez promedio durante esa campaña. Sanchez et al (2009) tampoco observó diferencias significativas sobre el número de nueces por kg por efecto del N aplicado a los árboles, sin embargo, el tratamiento de 160 kg ha⁻¹ presentó el menor número de nueces por kg (139 nueces kg⁻¹) en comparación con los tratamientos de 320 y 480 kg ha⁻¹ que presentaron 140 y 142 nueces kg⁻¹ respectivamente.

Si bien los resultados obtenidos en la presente tesina no mostraron diferencias significativas con respecto a los diferentes tratamientos de fertilizantes en todas las variables, en muchos casos los resultados concuerdan con algunos ensayos realizados en Estados Unidos hace más de cuarenta años que mostraron respuestas en rendimiento y/o crecimiento por aporte de N (Hunter 1964). En estos ensayos se llegó a la conclusión de que las plantaciones de pecán generalmente se fertilizan durante la primavera con dosis de 56 – 112 kilogramos de N por hectárea (Worley, 1991; Smith et al., 1985; Young and Bryan, 1966). Las plantas fertilizadas con N tuvieron follaje más verde, iniciaron la brotación más temprano y tuvieron rendimientos más altos comparados con árboles no fertilizados (Hunter, 1964).

En otro estudio realizado también con árboles maduros de "Stuart", estos no respondieron a una mezcla de fertilizantes con dosis de 0-1344 kg ha⁻¹ y las respuestas de rendimiento fueron inconsistentes cuando se aplicaron varias dosis de N, P y K (Worley, 1974).

Smith, Cheary y Carroll (2004) observaron pocas diferencias en la respuesta de los árboles a 75 kg ha⁻¹ con respecto a 150 kg ha⁻¹ de N.

Con respecto al análisis de regresión se puede observar que para la mayoría de los tratamientos se encontró una correlación negativa entre el rendimiento y el crecimiento. Seguramente los resultados se deban a los inconvenientes en el momento de receptividad del estigma ocasionando una disminución en el número de nueces por planta reduciendo así la posibilidad de que la mayoría de los carbohidratos producidos por la planta durante la fotosíntesis migren hacia los frutos y en su lugar utilicen como destino la producción de madera aumentando la altura y el diámetro de las plantas cuando los rendimientos fueron menores.

8. Conclusión

Si bien en algunas variables de rendimiento y crecimiento se pudieron observar diferencias significativas entre los tratamientos, los resultados no fueron muy contundentes ni explican con claridad cuáles serían las dosis más convenientes para utilizar en plantas de la variedad Stuart de esta edad. El resultado más notorio fue la contundente diferencia de producción entre los años. Seguramente durante la campaña 2012-2013, al verse afectada la polinización y obtener así menor número de nueces por planta, el nitrógeno disponible en el suelo alcanzó para el desarrollo de los frutos que poseían todas las plantas del ensayo, no mostrando grandes respuestas al agregado del fertilizante para cada tratamiento. También, la falta de respuesta al N en algunas variables del rendimiento para la campaña 2013-2014 se podría deber a los bajos rindes observados en la campaña anterior que implicaría que los niveles de N acumulado en la planta al inicio de la brotación sean los suficientes para obtener buenos rendimientos, debido a que el árbol no demandó elevadas cantidades de N durante la campaña anterior para la producción de sus frutos y los pudo almacenar en las raíces, ramas y tronco. Lo mencionado anteriormente es una teoría que explica la alternancia en la producción que es característico en el pecán. La teoría se denomina Teoría de los Carbohidratos según la cual la acumulación de hidratos de carbono en tejidos de reserva influye en una mayor floración al año siguiente. Otra teoría es la Teoría de las fitohormonas (TF) que expresa que la concentración de fitohormonas que inhiben la floración, en fruto y hojas, es mayor en años con mayor producción influyendo negativamente en la floración del siguiente año (Barnett, 1981). La explicación de la alternancia en la producción es un tema muy importante en el pecán pero su fisiología no está aún comprendida en su totalidad.

Además, el aporte de nitratos del suelo mediante la mineralización permitió una disponibilidad del nutriente que seguramente afectó la respuesta a las distintas dosis de urea, debido a que el suelo presenta elevados porcentajes de materia orgánica (horizontes Ap: 4,95 %; A: 2,14 %; Bt1: 1,53 %).

Sin embargo, aunque las plantas hayan tenido adecuadas concentraciones de N en sus tejidos por lo establecido anteriormente, se pudieron notar algunas diferencias a favor de las aplicaciones con dosis más altas (tratamiento 3) sobre todo al analizar solamente la campaña 2013-2014 en la que se pudo determinar que las plantas de 14 años podrían necesitar dosis más altas a las aplicadas en el tratamiento 3.

El porcentaje de llenado del embrión no presentó respuesta entre las campañas analizadas ni entre los tratamientos estudiados. Esto coincidió con los resultados obtenidos por Frusso (2013) al no presentar respuesta a la fertilización. Un dato importante es que en su tesis de Maestría realizado en los años 2006, 2007 y 2008 con las mismas plantas se observaron porcentajes de 39 %, 36% y 43 %, pero en la presente tesina se obtuvieron valores del 50 % para las dos campañas, pudiéndose concluir que las plantas más pequeñas en edad poseen menor porcentaje de llenado siendo esto una característica

importante a la hora de la comercialización. También a la hora de comparar la longitud de las nueces y el peso seco de la nuez promedio con los datos obtenidos con Frusso (2013) obtenemos que las plantas de menor edad analizadas tenían un peso seco de la nuez promedio entre 4 y 5 gramos y una longitud aproximada de la nuez de 30 mm y las plantas analizadas en la presente tesina obtuvieron valores de peso seco de la nuez promedio de aproximadamente 6 gramos y de largo de la nuez promedio de 37 mm. Ambos resultados expresan valores más bajos para las plantas de menor edad, siendo esto una característica importante que hace a la calidad de la nuez.

El nitrógeno es un nutriente muy móvil y de no utilizarse tecnologías muy ajustadas se pierde en proporciones significativas, significando un quebranto económico y ambiental. Ante el aumento en el precio de los fertilizantes y el efecto de su uso excesivo sobre la contaminación del ambiente, en la actualidad, se hace más evidente la necesidad de aplicar los nutrientes de manera racional.

Si bien el estudio está basado en la respuesta del pecán a la fertilización nitrogenada se pudieron obtener conclusiones muy importantes para la producción y el desarrollo de las plantaciones de pecanes de la zona, destacando la importancia de las condiciones climáticas durante el momento de receptividad del estigma de la flor femenina para la polinización ya que puede determinar el éxito de la producción de nueces en un establecimiento. En la maduración de la flor femenina es importante que las condiciones ambientales de humedad y precipitaciones no perjudiquen la correcta polinización de las flores ya que el polen es trasladado por el viento.

La ocurrencia de precipitaciones juega un rol fundamental en el crecimiento y rendimiento del cultivo y se deberán desarrollar nuevas tecnologías que permitan la correcta polinización de las plantas aún en condiciones ambientales adversas. Futuras investigaciones podrían hacer hincapié en mejorar la polinización sin depender exclusivamente del tiempo, analizando la posibilidad de aprovechar momentos del día sin precipitaciones y con baja humedad ambiente para incorporar el polen con algún artefacto que expulse aire a presión mezclado con polen maduro y que llegue a todas las flores de la planta. De esta manera no se dependería de la ocurrencia del viento y se podrían mejorar los porcentajes de polinización.

9. Bibliografía

- Acuña-Maldonado, L. E., Smith M. W., Maness, N. O., Cheary, B. S., and Carrol B. L., 2003. Influence of nitrogen application time on nitrogen absorption, partitioning, and yield of pecan. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 128(2):155-162.
- Anon., 1999. USDA has updated database; INC promotes tree nuts. *Pecan South* 32(11):10.
- Aragón P. de L. M.C., 2004. El cultivo del nogal pecanero: sus perspectivas de producción, comercialización y transformación de la nuez. Texto de apoyo. FACIATEC-UACH. México. Pág. 163.
- Arreola, A. J. 1989. Crecimiento y rendimiento de variedades de nogal pecanero bajo condiciones de la región lagunera. CAELALA CIAN INIA. Matamoros, Coah. México. Informe de investigación en fruticultura.
- Assaf, R. 1892. Pecan cultivar trials and development of their root system in Israel. *Pecan Quarterly* 16:4-30 Bidwell, R. G. S. 1990. Fisiología Vegetal, editorial AGTT. , México, Pág. 280-189.
- Barnett, J., and E.A. Mielke. 1981. Alternate bearing: A re-evaluation. *Pecan South*. 8: 20-30.
- Brisson, R. F., 1992. Cultivo del nogal pecanero (AR. Federico Garza F.) 2ª. Ed. México. CONAFRUT. Pág. 349.
- Brooks, O. L. and R. Livingston. 1962. A progress report on results of fertility studies with pecan. *Proc. S. E. Pecan Growers' Assn.* 55:44-47.
- Carbajal, H., Soto J. M., Uvalle-Bueno J. X., Yáñez R. M., Montes F., Sánchez E. y Romero L., 2002. Evolución temporal del contenido iónico foliar en nogal pecanero (*Carya illinoensis* (Wangenh) K. Koch, primera edición, placido cuadros, Granada España, I. S. B. N.: 84-89720-98-3. Pág. 88.
- Carmona, O. M. E., 2001. Nuevas alternativas en la determinación de nutrimentos mineralizados totales y solubles en nutrición vegetal, memorias de curso en obtención a tesis, FACIATEC, UACH, México, Pág. 5-9.
- Chung S.Ch., M.K. Harris and J.B. Storey. 1995. Masting in Pecan. *Journal of American Society of Horticultural Sciences.* 120:386-393.
- Cooper, H.D. and Clarkson. 1989. Cycling of amino-nitrogen and other nutrients between shoots and roots in cereals---A possible mechanism integrating shoot and root in the regulation of nutrient uptake. *J. Expt. Bot.* 40:753-762.
- Comerio, R. M. y M.A. Larre. 2012. Clave Para la Determinación de Géneros Fúngicos en Nueces y Flores Femeninas de Pecán. *Boletín técnico de INTA.* 12 páginas.
- Herrera, E. 2003. Marketing Pecans. Guide Z-304. Cooperative Extension Service, New Mexico State University. Page 1,2.
- Edmon, J. B., Seen T. L. y Andrews F. S., 1987. Biblioteca Practica de Horticultura. Compañía Editorial Continental, Tomo I. Novena Impresión. México. Pág. 138-164.
- FIRA (Fideicomisos Instituidos en Relación con la Agricultura). 1999. Paquete tecnológico y costos del cultivo del nogal pecanero para la región de Jiménez, Chih. Chihuahua. México.

- Frusso, Enrique A., 2007. En: Raúl S. Lavado y Enrique A. Frusso, 2007. Producción de pecán en Argentina. Cap. 2. Pág. 3 y 11. Características morfológicas y fenológicas del pecán.
- Frusso, Enrique A., 2013. Influencia del nitrógeno, fósforo y cinc sobre la composición química y rendimiento de la nuez pecán y su relación con la variabilidad de nutrientes en hoja.
- García M.E., and D. Chapman. 1992. Fertilizer and Cultural Recommendations for Pecan Trees. FSA6131. Cooperative Extension Service, Division of Agriculture. University of Arkansas. Page 1-4.
- Giuffré L., De Las Mercedes Zubillaga M., Romaniuk R. I., Ríos R. P., y Hilding Ohlson M. 2011. Fertilización de base en un cultivo inicial de pecan con dos marcos de plantación de alta densidad. Cienc. suelo vol.29 no.1 Ciudad Autónoma de Buenos Aires ene./jul. 2011.
- Goff B.,2001. Late Season Fertilization: Exciting New Development, Pecan South, Vol. 32, No. 12, Pág. 10-11.
- Gómez Luis A. y Cruzate Adolfo, 2007. Producción de pecan en Argentina. Cap. 5. Aptitudes de los suelos Argentinos para el pecan (*Carya Illinoensis*). Raúl S. Lavado y Enrique A. Frusso, 2007.
- Grauke, L.J. 1985. The Scientific Name of the Pecan. HortScience. 20: 629-630
- Grauke,L.J. 2000. The developing pecan industry in China. Pecan South 33:2,20-21.
- Hanna, E. D., 1977. Cruzas y efectos de la producción alternada en México. CONAFRUT SARH. VI Ciclo de Conferencias Internacionales de Producción de Nuez de la Republica Mexicana, Pág. 53-56.
- Herrera, E. 1999. Selecting soil and Site for a Pecan Orchard. Cooperative Extension Service. College of Agriculture and Home Economics. New Mexico State University. Guide H-614. Reprinted June 1999 Las Cruces, NM.
- Herrera, E. 2004. Libro Manejo de Huertas de Nogal. P.267, edición libre agosto del 2004.
- Hu, H. and D. Sparks. 1992. Nitrogen and sulfur interaction influences net photosynthesis and vegetative growth of pecan. J. Am. Soc. Hort. Sci. 117: 59-64.
- Hunter, J. H. and R.D. Lewis. 1942. Influence of fertilizer and time of its application on growth, yield, and quality of pecans. J. Amer Soc. Agron. 34:175-187.
- Hunter, J. H. and H. E. Hammar. 1957. Variation in composition of pecan leaves. Better Crops with Plant Food 41 (2):18-25.
- Hunter, J. H. and H. E. Hammar. 1961. Effects of different grades and rates of fertilizers applied to Schley pecan trees as influenced by other factors. Proc. S. E. Pecan Growers' Assn. 54:29-41.
- Hunter, J.H. 1964. Time of applying nitrogen to pecan trees in sod. Proc. Southeastern Pecan Growers Association 57:18-22.
- Imssande, J. and B. Touraine. 1994. N demand and the regulation of nitrate uptake. Plant Physiol. 105:3-7.
- Karteliev,V.G. and L.S.Pevnitskaya.1999. Pecan and the prospects of growing it in southern Russia. Lesnoe Khozyastvo 4:38-40.Resumen.

- Kraimer, R.A., W.C. Lindemann, and E.A. Herrera. 2004. Recovery of Late-season ¹⁵N-Labeled Fertilizer Applied to Pecan. *Hortscience*. 256:260.
- Klute, A. 1986. *Methods of Soil Analysis, Part 1. Physical and Mineralogical Methods*. Madison, WI: Soil Science Society of America, Inc.
- Lee, R. B., J. V. Purves, R. G. Ratcliffe, and L. R. Saker. 1992. Nitrogen assimilation and the control of ammonium and nitrate absorption by maize roots. *J. Expt. Bot.* 43:1385-1396.
- Lockwood, D. W. and D. Sparks. 1978. Translocation of C¹⁴ in "Stuart" pecan in the spring following assimilation of ¹⁴CO₂ during the previous growing season. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 103:38-45.
- Madero, E.R. y E.A. Frusso. 2002. Desarrollo del Cultivo de la Nuez Pecán en la Argentina. E.E.A. INTA Delta del Paraná. Pág.1-32.
- Madero, E. 2003. La nuez Pecán. *Idia XXI Año III N° 5*, 78-82.
- Madero, E.R. y E.A. Frusso 2006. Influencia de los factores abióticos y de manejo sobre la calidad, el rendimiento y la sostenibilidad de la fruticultura bajo sistemas de producción integrada y orgánica (PNFRU2181). INTA. Pág. 7.
- Madero, Ernesto. 2007. Producción de pecán en Argentina. En: Raúl S. Lavado y Enrique A. Frusso, 2007. Cap. 1. Pág. 1. Antecedentes históricos del pecán en el mundo y la Argentina.
- Madero, E.R. y E.A. Frusso. 2009. Manejo sustentable de factores abióticos que afectan a los cultivos (PNFRU052811). INTA. Pág.7.
- Marschner, H. 1995. *Mineral nutrition of higher plants*. 2nd ed. Academic Press. London, UK.
- McEachern, R.G. 1975. Intensive pecan orchard establishment. *Proc. Texas Pecan Growers Assoc.* 54:18-19.
- McEachern, G. R. y Stein L. A. 1997. Nitrogen Nutrition. En *Texas pecan handbook*. Ed Texas agricultural extension service. Pp VI -3 a VI -5.
- McEachern, G. R. 1999. Looking ahead for pecans. *Pecan South* 32: 1-6.
- Medina, M. M. C., Chávez, G. J. F. J. y Figueroa V. U., 2004. Abastecimiento de Micronutrientes en Nogal Pecanero, *Revista Nogaleros*, Tiempo de arranque, Asociación Agrícola Local de Productores de Nuez de Chihuahua, Año 1 Edición 2, Pág. 32- 41, Chihuahua. México.
- Mengel, H. and E. A. Kirkby. 1987. *Principles of plant nutrition*. 4th ed. International Potash Institute. Bern, Switzerland.
- Monselise, S. P. and E. E. Goldschmidt. 1982. Alternate bearing in fruit trees. *Hort. Rev.* 4:128-173.
- NDA.2000. *Cultivating pecan nuts*. National Department of Agriculture, South Africa. Compiled by Directorate Communication, National Department of Agriculture in cooperation with ARC-Institute for Tropical and Subtropical Crops.
- N.P.F.I., 1963. National plant nutrition Institute, *Manual de fertilizantes*, editorial LIMUSA, segunda reimpresión, México. Pág. 44-62.
- Ojeda, B. D. L., 2004. El Nitrógeno asociado al Nogal, *Revista Nogaleros* 2004, Asociación Agrícola de Productores de Nuez de Chihuahua, Año 1. Edición 2. Pág. 8 y 9.

- Ortiz, V. B. 1975. Edafología, Editorial escuela nacional de agricultura, México. Pág. 268-273.
- Pérez, V. A., Soto P. J. M., Yáñez, M. R. M., Sánchez, E., Uvalle-Bueno, X. J., Rivero, M. R. y Romero M. L., 2004. Dinámica del contenido de nitratos en suelo, hoja y raqis asociado a la fonología del nogal pecanero (*Carya illinoensis* (Wangenh) K. Koch) 'Western Schley'. ISBN. 84-89720-04-5. Imprime Placido Cuadros, Granada, España, Pág. 108.
- Peterson, J. K. 1990. *Carya illinoensis* (Wangenh.) K. Koch pecan. In: Burns, Russell M.; Honkala, Barbara H., technical coordinators. *Silvics of North America*. Vol. 2, 10 pp.
- Rodríguez, S. F., 1982. Fertilizantes, nutrición vegetal, editoriales AGT, México. Pág. 53-98.
- Rojas, G. M. y Rovalo, M. M., 1984. Fisiología vegetal aplicada, editorial McGraw Hill. México. Pág. 132.
- Rosecrance, R., S. A. Weinbaum, and P. H. Brown. 1998. Alternate bearing affects nitrogen, phosphorus, potassium and starch storage pools in mature pistachio trees. *Ann. Bot.* 82:463-470.
- Ruiz, S. R. 2005. Fertilización del nogal. "Diagnostico y Corrección". *Tierra Adentro* 63: 30–35.
- Sánchez E., Soto J. M., Sosa-Cerecedo M., Yáñez R. M., Muñoz E., Anchondo A. 2009. *Terra Latinoamericana*, vol. 27, núm. 4, octubre-diciembre, 2009, pp. 311-317, Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo, A.C.
- Sierra E.M.; Silvia P.Perez; G. Casagrande y G. Vergara 2001. Efectos del ENSO sobre las precipitaciones del trimestre noviembre-enero (1921/1998) en el centro-este de la provincia de La Pampa (Argentina). *Rev. Arg. De Agrometeorología*, 1 (2): 83-87.
- Sierra, E; E López & S Pérez. 2007. Agroclimatología del pecán (*Carya illinoensis*) en la Argentina. *En: RS Lavado & E Frusso (eds.)*. Producción de pecán en Argentina.
- Skinner, J. J. 1922. Influence of fertilizers on the yield, size and quality of pecans. *Proc. Ga.-Fla. Pecan Growers' Assn.* 16:50-56.
- Smith, C. L. and J. Hamilton. 1937. Effects of nitrogen fertilizer on growth and yield of pecan trees growing in unproductive sandy soil. *Proc. Texas Pecan Growers' Assn.* 17:25-31.
- Smith, C. L. and J. G. Waugh. 1938. Seasonal variations in the carbohydrate and nitrogen content of roots of bearing pecan trees. *J. Agr. Res.* 57:449-460.
- Smith, M. W., P. L. Ager, and D. S. W. Endicott. 1985. Effect of nitrogen and potassium on yield, growth and leaf elemental concentration of pecan. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 110:446-450.
- Smith, M.W. and B.C.Cotten. 1985. Relationship of leaf elemental concentration and yield to cold damage of Western pecan. *Hortscience* 20:420-422.
- Smith, M. W., B. Cheary, and B. Carroll. 1995. Time of nitrogen application and phosphorus effects on growth, yield, and fruit quality of pecan. *HortScience* 30:532-534.

- Smith, W. M., Cheary, B. S., and Carroll, B. L., 2004. Response of pecan to nitrogen rate and nitrogen application time. *HortScience* 39(6):1412-1415.
- Smith, M. W., B. W. Wood, and W. R. Raun. 2007. Recovery and partitioning of nitrogen from early spring and midsummer applications to pecan trees. *J. Am. Soc. Hort. Sci.* 132: 758-763.
- Sparks, D. 1968. Some effects of nitrogen on young pecan trees. *Proc. S. E. Pecan Growers' Assn.* 61:93-102.
- Sparks, D. 1977. Effects of fruiting on scorch, premature defoliation, and nutrient status of "Chickasaw" pecan leaves. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 102:669-673.
- Sparks, D., 1994. Nutritional effects on alternate bearing and nut quality in pecan. 28th. Western pecan conference. Western pecan growers association in cooperative with New Mexico State University. P. 184-203.
- Sparks, D. 1996. A Climatic Model for Pecan Production under Humid Conditions. *Journal of American Society of Horticultural Sciences.* 121:908-914.
- Sparks, D. 2003. Revisiting the literature: Timing fertilizer application for pecan. *Pecan South* 36(6):12-15.
- Sparks, D. 2005. Adaptability of Pecan as a Species. *Hortscience.* 40:1175-1189.
- Taylor, R. W. 1930. Influence of fertilizer treatments on yield and quality of pecans. *Proc. Natl. Pecan Assn. Bul.* 29:18-22.
- Tisdale, S. M. y Nelson, W. L., 1985. fertilidad de los suelos y fertilizantes. Editorial UTHEA. México, Pág. 138- 173.
- Torikata, H., Y. Kobayashi and H. Sukanuma. 1988. Investigation of flowering and bearing of pecan trees in Aichi Prefecture Japan. *J. Jap. Soc. Hort. Sci.* 57:145-151.
- Wakeling, L.T., R.L. Mason, B. R. D'Arcy, and N.A. Caffin. 2000. Australian pecan nut production and processing. *Food Australia.* 52:574-578.
- Weinbaum, S. A., R. S. Johnson, and T. M. DeJong. 1992. Causes and consequences of overfertilization in orchards. *HortTechnology* 2:112-121.
- Weinbaum, S. A., G. A. Picchioni, T.T. Maraoka, P. H. Brown, and L. Ferguson. 1994. Nitrogen usage, accumulations of carbon and nitrogen reserves, and the capacity for labeled fertilizer nitrogen and boron uptake varies during the alternate-bearing cycle in pistachio. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 119:24-31.
- Wetzstein, H. Y. and D. Sparks. 1983. The morphology of pistillate flower differentiation in pecan. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 108:997-1003.
- Wood, B. W. 1988. Fruiting affects photosynthesis and senescence of pecan leaves. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 113:432-436.
- Wood, B. W. 1989. Pecan production responds to root carbohydrates and rootstock. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 114:223-228.
- Wood and J. A. Payne (eds.). Pecan husbandry: Challenges and opportunities. 1st Natl. Pecan Wkshp. Proc., U. S. Dept. of Agr., Agr. Res. Serv. ARS-96.
- Wood, B. W. 1993. Production characteristics of the United States pecan industry. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 118:538-545.

- Wood, B. W. 1995. Relationship of reproductive and vegetative characteristics of pecan to previous-season fruit development and postripening foliation period. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 120:635-642.
- Wood, B. M., 2002. Late nitrogen fertilization in pecan orchards. A review, *Proceedings 36 th. Western pecan Conference.* Pág. 47-59.
- Wood, B.W. 2006. Mineral nutrition of pecan with emphasis on nitrogen. pp. 11-21. *In: Proceedings of Ciclo de Conferencias Internacionales de Nogalero a Nogalero.* Saltillo, Coah., México.
- Worley, R. E. 1974. Effect of N, P, K, and lime on yield, nut quality, tree growth, and leaf analysis of pecan (*Carya illinoensis* W.). *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 99:49-57.
- Worley, R. E. 1979a. Pecan yield, quality, nutlet set, and spring growth as a response to time of fall defoliation. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 104:192-194.
- Worley, R. E. 1979b. Fall defoliation date and seasonal carbohydrate concentration of pecan wood tissue. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 104:195-199.
- Worley, R. E. 1990. Long-term performance of pecan trees when nitrogen applications is based on prescribed threshold concentrations in leaf tissue. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 115:745-749.
- Worley, R. E. 1991. Pecan Leaf Scorch in response to various combinations of nitrogen and potassium fertilization. *Hort Science.* 25:422-423.
- Worley, R.E. 1991. Pecan (*Carya illinoensis* (Wangenh. C. Koch)) yield, leaf and soil analysis responses from different combinations of nitrogen and potassium application. *Commun. Soil Science and Plant Analysis.* 22:1919-1930.
- Worley, R. E et. al. 1995. A long-term comparison of broadcast application versus drip fertigation of nitrogen for mature pecan trees. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* Vol. 5(1).
- Worley, R.E., and B.G. Mullinix. 1996. Fertigation and Leaf Analysis Reduce Nitrogen Requirements of Pecans. *HortTechnology.* 6:401-405.
- Worley Ray E, 1997. Nineteen years of ammonium nitrate applications to limited areas is not detrimental to Pecans. *HortScience*, Vol. 32(1), February 1997.
- Yates, I.E., and D. Sparks. 1993. Environmental Regulation of Anther Dehiscence and Pollen Germination in Pecan. *Journal of the American Society for Horticultural Science.* 118:699-706.
- Young, H.W. and H.H. Bryan. 1966. The effect of nitrogen fertilization on the yield of MoneyMaker and Moore pecans in North Florida. *Proc. Southeastern Pecan Growers Association* 59:37-42.

10. Referencias

Actividades realizadas en el proyecto mediante la interpretación de imágenes:

Figura 1: Perfil del suelo del ensayo.

Figura 2: Fertilización al voleo alrededor del tronco en brotación.

Figura 3: Cosecha mecanizada mediante motosacudidor de ramas.

Figura 4: Recolección manual de las nueces.

Figura 5: Medición de altura de la planta mediante una vara telescópica.

Figura 6: Medición del perímetro del tallo a 30 cm de la superficie del suelo.

Figura 7: Medición de la longitud de una nuez mediante calibrador.

Figura 8: Pelado de la nuez y separación del embrión y la cascara.

Figura 1:



Figura 2:



Figura 3:



Figura 4:



Figura 5:



Figura 6:



Figura 7:



Figura 8:



6. Anexos

Anexo I

Estudio de Suelo Quinta La Pecana

Reseña Histórica

Abasto es una localidad Argentina perteneciente al partido de La Plata, en la provincia de Buenos Aires, a la altura del km 55 de la Autovía 2. Está ubicada a 15 km al suroeste del centro de la ciudad. Debe su nombre a los mataderos emplazados en el lugar y que proveían de carne a la capital de la Provincia de Buenos Aires. Posee un centro muy pintoresco, con casas de principio de siglo XX, que está rodeado por una zona de quintas muy tradicionales. Abasto también se destaca por la numerosa presencia de viveros que posee, una industria muy prospera y que día a día está creciendo a pasos agigantados.

El siguiente cuadro muestra la clasificación taxonómica del suelo.

Orden	Molisoles
Suborden	Udoles
Gran Grupo	Argiudoles
Sub Grupo	Argiudol vértico
Serie	La Pecana

Cuadro 1. Clasificación taxonómica del suelo donde se realizó el ensayo.

El siguiente detalle muestra las características del suelo

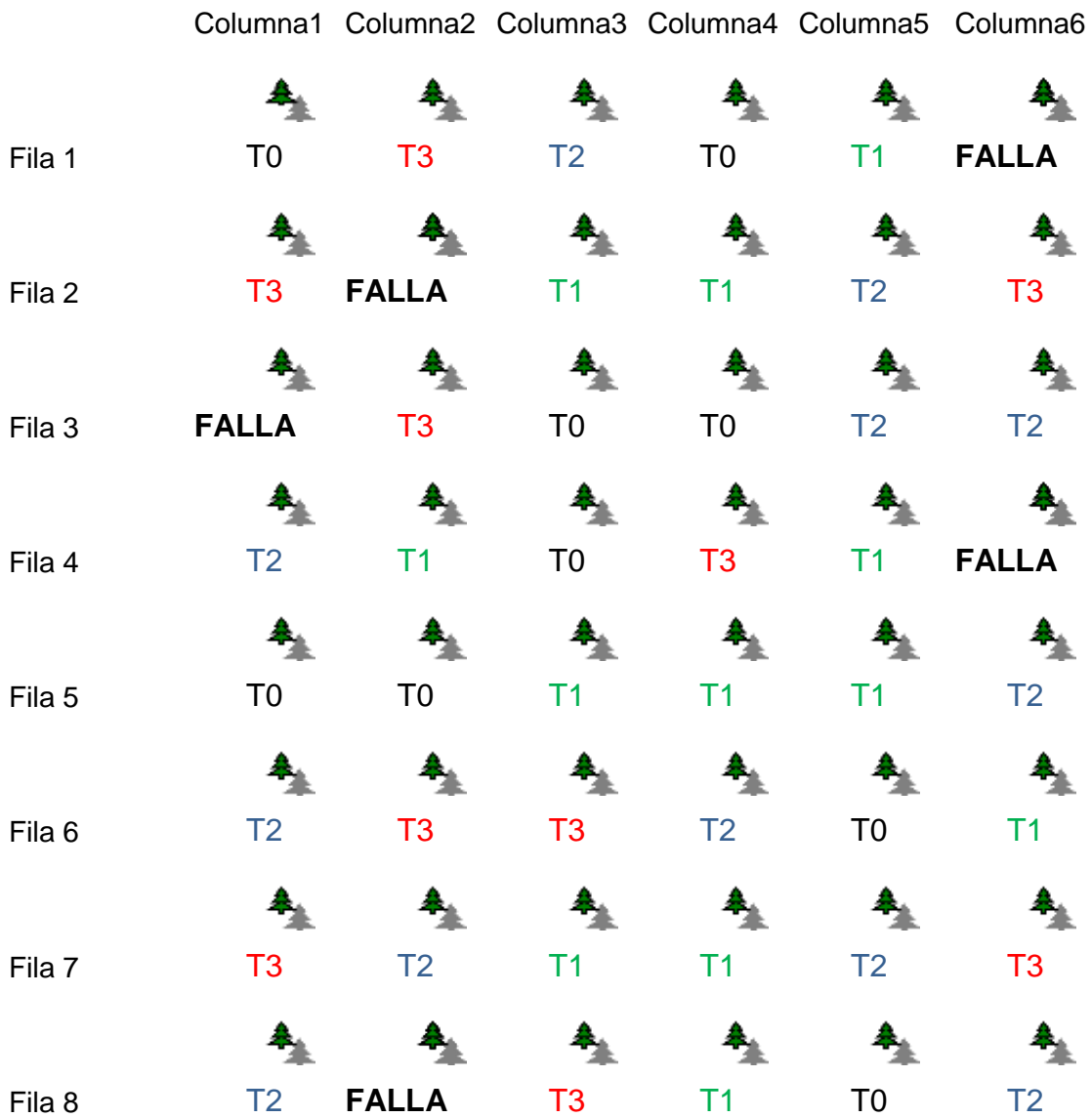
Secuencia de horizontes	Ap - A - 2Bt1 -2Bt2 - 2BC – 2C
El Relieve	
Macro relieve o forma	
Tipo	Subnormal – cóncavo
Posición	Bajo elongado, nacientes de arroyo
Micro relieve o forma	
Tipo	Micro bajo
Pendiente	
Clase	2, áreas muy suavemente planas
Gradiente	0 a 1 %, ángulo de inclinación
Forma	Lineal, dirección del flujo de agua
Escurrimiento	Grado 3, escurrimiento medio el agua
Permeabilidad máxima	Grado 2, permeabilidad lenta. Suelo poco permeable
Drenaje natural máximo	Clase 2, suelo imperfectamente drenado
Nivel freático	No presente en la sección de control
Alcalinidad sódica	
Intensidad	Grado 0, suelos sin alcalinidad sódica hasta 1,25 m
Profundidad	Grado 0, suelos sin alcalinidad sódica hasta 1,25 m
Salinidad	Clase 0, suelo no salino, suelo libre de sales

Cuadro 2: Precipitaciones registradas en el ensayo.

Mes	Año	Precipitaciones (mm)
Enero	2012	22,61
Febrero	2012	185,94
Marzo	2012	74,43
Abril	2012	46,75
Mayo	2012	71,87
Junio	2012	18,03
Julio	2012	15,23
Agosto	2012	241,54
Septiembre	2012	41,91
Octubre	2012	182,88
Noviembre	2012	55,87
Diciembre	2012	172,72
Enero	2013	73,41
Febrero	2013	74,66
Marzo	2013	100,84
Abril	2013	236,98
Mayo	2013	126,74
Junio	2013	13,73
Julio	2013	77,47
Agosto	2013	6,1
Septiembre	2013	174,75
Octubre	2013	30,22
Noviembre	2013	150,13
Diciembre	2013	35,56
Enero	2014	183,65
Febrero	2014	205,49
Marzo	2014	134,11
Abril	2014	70,1
Mayo	2014	89,92
Junio	2014	39,88
Julio	2014	93,22

Fuente: Aeródromo La Plata

Figura 1: Distribución al azar de los tratamientos:



Distancia entre plantas: 10 m x 10 m

Fertilización	Testigo	1 kg UREA	2 kg UREA	4 kg UREA
Tratamiento	T0	T1	T2	T3

Cuadro 3. Tratamientos. T0: testigo, T1:dosis baja, T2:dosis media, T3:dosis alta.

Anexo II

Análisis Estadístico

La primera parte contiene la especificación del modelo en R, e indica el nombre del objeto R que contiene al modelo y los estimadores de sus parámetros. La segunda parte muestra medidas de ajuste que son útiles para comparar modelos alternativos: *AIC* hace referencia al criterio de información de Akaike, *BIC* al criterio de información Bayesiano, *logLik* al logaritmo de la función de verosimilitud y *Sigma* a la desviación estándar residual. La tercera parte presenta una tabla de análisis de la varianza mostrando las pruebas de hipótesis de acuerdo con la suma de cuadrados marginales para los efectos fijos y su interacción del modelo. La cuarta parte presenta una tabla de medias corregidas por las covariables, los errores estándares y el resultado de pruebas post-hoc de comparación múltiple entre medias del tipo LSD de Fisher. Esta información del análisis estadístico se presenta para cada variable analizada. El análisis estadístico se realizó con el software Infostat en combinación con R.

Tasa de crecimiento de la altura del árbol

I. Especificación del modelo en R

Especificación del modelo en R

```
modelo.000_Tasa.crecimiento.altura.mts.ano_REML<-
lme(Tasa.crecimiento.altura.mts.ano~1+Tratamiento+Ano+Tratamiento:Ano
,random=list(TREE=pdIdent(~1))
,weights=varComb(varIdent(form=~1|Ano))
,correlation=corAR1(form=~as.integer(as.character(Ano))|TREE)
,method="REML"
,control=lmeControl(niterEM=150
,msMaxIter=200)
,na.action=na.omit
,data=R.data00
,keep.data=FALSE)
```

II. Tabla de medidas de ajuste del modelo

Medidas de ajuste del modelo

N	AIC	BIC	logLik	Sigma	R2_0	R2_1
86	86,16	114,44	-31,08	0,46	0,31	0,36

AIC y BIC menores implica mejor

III. Tabla de análisis de la varianza

Pruebas de hipótesis marginales (SC tipo III)

	numDF	denDF	F-value	p-value
(Intercept)	1	39	284,44	<0,0001
Tratamiento	3	39	1,53	0,2224
Año	1	39	23,35	<0,0001
Tratamiento:Año	3	39	1,45	0,2432

IV. Tablas de medias ajustadas y errores estándares para tratamiento, año y la interacción tratamiento * año**Tasa.crecimiento.altura.mts.año - Medias ajustadas y errores estándares para Tratamiento**

LSD Fisher (Alfa=0,05)

Procedimiento de corrección de p-valores: No

Tratamiento	Medias	E.E.	
3	0,75	0,08	A
0	0,62	0,08	A
1	0,56	0,07	A
2	0,56	0,07	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)**Tasa.crecimiento.altura.mts.año - Medias ajustadas y errores estándares para Año**

LSD Fisher (Alfa=0,05)

Procedimiento de corrección de p-valores: No

Año	Medias	E.E.	
2013	0,83	0,07	A
2014	0,42	0,03	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)**Tasa.crecimiento.altura.mts.año - Medias ajustadas y errores estándares para Tratamiento*Año**

LSD Fisher (Alfa=0,05)

Procedimiento de corrección de p-valores: No

Tratamiento	Año	Medias	E.E.		
0	2013	0,90	0,16	A	
3	2013	0,87	0,15	A	
1	2013	0,86	0,13	A	
2	2013	0,67	0,13	A	B
3	2014	0,63	0,07	A	B
2	2014	0,44	0,06		B C
0	2014	0,34	0,07		C
1	2014	0,26	0,06		C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)**Tasa crecimiento de diámetro del tronco**

I. Especificación del modelo en R

Especificación del modelo en R

```
modelo.000_Tasa.crecimiento.diametro.del.tronc_REML<-
lme(Tasa.crecimiento.diametro.del.tronc~1+Tratamiento+Ano+Tratamiento:Ano
,random=list(TREE=pdIdent(~1))
,weights=varComb(varIdent(form=~1|Ano))
,correlation=corAR1(form=~as.integer(as.character(Ano))|TREE)
,method="REML"
,control=lmeControl(niterEM=150
,msMaxIter=200)
,na.action=na.omit
,data=R.data00
,keep.data=FALSE)
```

II. Tabla de medidas de ajuste del modelo

Medidas de ajuste del modelo

N	AIC	BIC	logLik	SigmaR2_0	R2_1
86	141,49	169,77	-58,74	0,52	0,27 0,53

AIC y BIC menores implica mejor

III. Tabla de análisis de la varianza

Pruebas de hipótesis marginales (SC tipo III)

	numDF	denDF	F-value	p-value
(Intercept)	1	39	1287,46	<0,0001
Tratamiento	3	39	3,26	0,0316
Ano	1	39	20,08	0,0001
Tratamiento:Ano	3	39	0,19	0,9018

IV. Tablas de medias ajustadas y errores estándares para tratamiento, año y la interacción tratamiento * año

Tasa.crecimiento.diametro.del.tronc - Medias ajustadas y errores estándares para Tratamiento

LSD Fisher (Alfa=0,05)

Procedimiento de corrección de p-valores: No

Tratamiento	Medias	E.E.	
3	2,24 0,11	A	
2	1,89 0,10	B	
0	1,83 0,12	B	
1	1,82 0,10	B	

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Tasa.crecimiento.diametro.del.tronc - Medias ajustadas y errores estándares para Año

LSD Fisher (Alfa=0,05)

Procedimiento de corrección de p-valores: No

Año	Medias	E.E.	
13	2,17	0,09	A
14	1,73	0,06	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Tasa.crecimiento.diametro.del.tronc - Medias ajustadas y errores estándares para Tratamiento*Año

LSD Fisher (Alfa=0,05)

Procedimiento de corrección de p-valores: No

Tratamiento	Año	Medias	E.E.			
3	13	2,49	0,18	A		
0	13	2,09	0,19	A	B	
2	13	2,06	0,16	A	B	
1	13	2,04	0,16	A	B	
3	14	2,00	0,12		B	
2	14	1,73	0,11		B	C
1	14	1,60	0,11			C
0	14	1,58	0,12			C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Peso seco embrión árbol-1

I. Especificación del modelo en R

Especificación del modelo en R

```
modelo.000_Peso.seco.de.embrion.g_REML<-
lme(Peso.seco.de.embrion.g~1+Tratamiento+Año+Tratamiento:Año
,random=list(TREE=pdIdent(~1))
,weights=varComb(varIdent(form=~1|Año))
,correlation=corAR1(form=~as.integer(as.character(Año))|TREE)
,method="REML"
,control=lmeControl(niterEM=150
,msMaxIter=200)
,na.action=na.omit
,data=R.data00
,keep.data=FALSE)
```

II. Tabla de medidas de ajuste del modelo

Medidas de ajuste del modelo

N	AIC	BIC	logLik	Sigma	R2_0	R2_1		
86	1318,81	1347,09	-647,40	391,29	0,65	0,78		

AIC y BIC menores implica mejor

III. Tabla de análisis de la varianza

Pruebas de hipótesis marginales (SC tipo III)

	numDF	denDF	F-value	p-value
(Intercept)	1	39	433,38	<0,0001
Tratamiento	3	39	1,80	0,1634
Año	1	39	218,62	<0,0001
Tratamiento:Año	3	39	2,91	0,0465

IV. Tablas de medias ajustadas y errores estándares para tratamiento, año y la interacción tratamiento * año

Peso.seco.de.embrion.g - Medias ajustadas y errores estándares para Tratamiento

LSD Fisher (Alfa=0,05)

Procedimiento de corrección de p-valores: No

Tratamiento	Medias	E.E.		
3	3135,04	273,83	A	
1	2872,62	249,98	A	B
0	2767,79	288,65	A	B
2	2304,59	249,98		B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Peso.seco.de.embrion.g - Medias ajustadas y errores estándares para Año

LSD Fisher (Alfa=0,05)

Procedimiento de corrección de p-valores: No

Año	Medias	E.E.		
14	4037,57	199,04	A	
13	1502,46	102,42		B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Peso.seco.de.embrion.g - Medias ajustadas y errores estándares para Tratamiento*Año

LSD Fisher (Alfa=0,05)

Procedimiento de corrección de p-valores: No

Tratamiento	Año	Medias	E.E.			
3	14	4770,61	409,63	A		
1	14	4093,92	373,94	A	B	
0	14	3655,26	431,79	A	B	
2	14	3630,47	373,94		B	
0	13	1880,33	222,17			C
1	13	1651,32	192,41			C
3	13	1499,47	210,77			C
2	13	978,70	192,41			D

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Peso seco cáscara árbol-1

I. Especificación del modelo en R

Especificación del modelo en R

```
modelo.000_Peso.seco.de.cascara.g_REML<-
lme(Peso.seco.de.cascara.g~1+Tratamiento+Ano+Tratamiento:Ano
,random=list(TREE=pdIdent(~1))
,weights=varComb(varIdent(form=~1|Ano))
,correlation=corAR1(form=~as.integer(as.character(Ano))|TREE)
,method="REML"
,control=lmeControl(niterEM=150
,msMaxIter=200)
,na.action=na.omit
,data=R.data00
,keep.data=FALSE)
```

II. Tabla de medidas de ajuste del modelo

Medidas de ajuste del modelo

N	AIC	BIC	logLik	Sigma	R2_0	R2_1
86	1293,48	1321,76	-634,74		369,35	0,69 0,78

AIC y BIC menores implica mejor

III. Tabla de análisis de la varianza

Pruebas de hipótesis marginales (SC tipo III)

	numDF	denDF	F-value	p-value
(Intercept)	1	39	493,07	<0,0001
Tratamiento	3	39	1,56	0,2140
Ano	1	39	298,53	<0,0001
Tratamiento:Ano	3	39	2,33	0,0892

IV. Tablas de medias ajustadas y errores estándares para tratamiento, año y la interacción tratamiento * año

Peso.seco.de.cascara.g - Medias ajustadas y errores estándares para Tratamiento

LSD Fisher (Alfa=0,05)

Procedimiento de corrección de p-valores: No

Tratamiento	Medias	E.E.	
3	3061,72	256,60	A
1	2919,39	234,24	A
0	2727,08	270,48	A
2	2366,25	234,24	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Peso.seco.de.cascara.g - Medias ajustadas y errores estándares para Año

LSD Fisher (Alfa=0,05)

Procedimiento de corrección de p-valores: No

Año	Medias	E.E.	
14	4082,76	188,22	A
13	1454,47	85,07	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)**Peso.seco.de.cascara.g - Medias ajustadas y errores estándares para Tratamiento*Año**

LSD Fisher (Alfa=0,05)

Procedimiento de corrección de p-valores: No

Tratamiento	Año	Medias	E.E.			
3	14	4676,65	387,35	A		
1	14	4163,64	353,60	A		
0	14	3758,53	408,30	A		
2	14	3732,21	353,60	A		
0	13	1695,64	184,54		B	
1	13	1675,14	159,82		B	
3	13	1446,79	175,07		B	C
2	13	1000,29	159,82			C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)**Peso seco involucro árbol-1****I. Especificación del modelo en R****Especificación del modelo en R**

```

modelo.000_Peso.seco.de.involucro.g_REML<-
lme(Peso.seco.de.involucro.g~1+Tratamiento+Año+Tratamiento:Año
,random=list(TREE=pdIdent(~1))
,weights=varComb(varIdent(form=~1|Año))
,correlation=corAR1(form=~as.integer(as.character(Año))|TREE)
,method="REML"
,control=lmeControl(niterEM=150
,msMaxIter=200)
,na.action=na.omit
,data=R.data00
,keep.data=FALSE)

```

II. Tabla de medidas de ajuste del modelo**Medidas de ajuste del modelo**

N	AIC	BIC	logLik	Sigma	R2_0	R2_1		
86	1251,27	1279,55	-613,63	241,80	0,65	0,77		

AIC y BIC menores implica mejor

III. Tabla de análisis de la varianza

Pruebas de hipótesis marginales (SC tipo III)

	numDF	denDF	F-value	p-value
(Intercept)	1	39	472,46	<0,0001
Tratamiento	3	39	1,99	0,1309
Año	1	39	251,44	<0,0001
Tratamiento:Año	3	39	2,56	0,0690

IV. Tablas de medias ajustadas y errores estándares para tratamiento, año y la interacción tratamiento * año

Peso.seco.de.involucro.g - Medias ajustadas y errores estándares para Tratamiento

LSD Fisher (Alfa=0,05)

Procedimiento de corrección de p-valores: No

Tratamiento	Medias	E.E.		
3	2287,30	192,00	A	
0	2080,42	202,38	A	B
1	2069,02	175,27	A	B
2	1674,66	175,27		B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Peso.seco.de.involucro.g - Medias ajustadas y errores estándares para Año

LSD Fisher (Alfa=0,05)

Procedimiento de corrección de p-valores: No

Año	Medias	E.E.	
14	2900,22	137,33	A
13	1155,47	67,84	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Peso.seco.de.involucro.g - Medias ajustadas y errores estándares para Tratamiento*Año

LSD Fisher (Alfa=0,05)

Procedimiento de corrección de p-valores: No

Tratamiento	Año	Medias	E.E.		
3	14	3401,90	282,62	A	
1	14	2835,80	257,99	A	B
0	14	2785,44	297,90	A	B
2	14	2577,75	257,99		B
0	13	1375,40	147,17		C
1	13	1302,23	127,45		C
3	13	1172,69	139,61		C
2	13	771,57	127,45		D

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Peso seco fruto árbol-1

I. Especificación del modelo en R

Especificación del modelo en R

```
modelo.000_Peso.seco.de.fruto.g_REML<-
lme(Peso.seco.de.fruto.g~1+Tratamiento+Ano+Tratamiento:Ano
,random=list(TREE=pdIdent(~1))
,weights=varComb(varIdent(form=~1|Ano))
,correlation=corAR1(form=~as.integer(as.character(Ano))|TREE)
,method="REML"
,control=lmeControl(niterEM=150
,msMaxIter=200)
,na.action=na.omit
,data=R.data00
,keep.data=FALSE)
```

II. Tabla de medidas de ajuste del modelo

Medidas de ajuste del modelo

N	AIC	BIC	logLik	Sigma	R2_0	R2_1
86	1458,10	1486,38	-717,05		951,80	0,68 0,79

AIC y BIC menores implica mejor

III. Tabla de análisis de la varianza

Pruebas de hipótesis marginales (SC tipo III)

	numDF	denDF	F-value	p-value
(Intercept)	1	39	479,78	<0,0001
Tratamiento	3	39	1,80	0,1634
Ano	1	39	271,33	<0,0001
Tratamiento:Ano	3	39	2,74	0,0561

IV. Tablas de medias ajustadas y errores estándares para tratamiento, año y la interacción tratamiento * año

Peso.seco.de.fruto.g - Medias ajustadas y errores estándares para Tratamiento

LSD Fisher (Alfa=0,05)

Procedimiento de corrección de p-valores: No

Tratamiento	Medias	E.E.		
3	8484,06	710,91	A	
1	7861,03	648,97	A	B
0	7575,30	749,36	A	B
2	6345,50	648,97		B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Peso.seco.de.fruto.g - Medias ajustadas y errores estándares para Año

LSD Fisher (Alfa=0,05)

Procedimiento de corrección de p-valores: No

Ano	Medias	E.E.	
14	11020,55	513,22	A
13	4112,39	251,41	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)**Peso.seco.de.fruto.g - Medias ajustadas y errores estándares para Tratamiento* Año**

LSD Fisher (Alfa=0,05)

Procedimiento de corrección de p-valores: No

Tratamiento	Ano	Medias	E.E.			
3	14	12849,16	1056,19	A		
1	14	11093,37	964,16	A	B	
0	14	10199,23	1113,32	A	B	
2	14	9940,44	964,16		B	
0	13	4951,37	545,38			C
1	13	4628,69	472,32			C
3	13	4118,96	517,40			C D
2	13	2750,56	472,32			D

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)**Peso seco de nuez árbol-1****I. Especificación del modelo en R****Especificación del modelo en R**

```

modelo.000_Peso.seco.de.nuez.g_REML<-
lme(Peso.seco.de.nuez.g~1+Tratamiento+Año+Tratamiento:Año
,random=list(TREE=pdIdent(~1))
,weights=varComb(varIdent(form=~1|Año))
,correlation=corAR1(form=~as.integer(as.character(Año))|TREE)
,method="REML"
,control=lmeControl(niterEM=150
,msMaxIter=200)
,na.action=na.omit
,data=R.data00
,keep.data=FALSE)

```

II. Tabla de medidas de ajuste del modelo**Medidas de ajuste del modelo**

N	AIC	BIC	logLik	Sigma	R2_0	R2_1		
86	1412,80	1441,08	-694,40	743,44	0,68	0,78		

AIC y BIC menores implica mejor

III. Tabla de análisis de la varianza

Pruebas de hipótesis marginales (SC tipo III)

	numDF	denDF	F-value	p-value
(Intercept)	1	39	473,74	<0,0001
Tratamiento	3	39	1,72	0,1794
Año	1	39	262,09	<0,0001
Tratamiento:Año	3	39	2,70	0,0588

IV. Tablas de medias ajustadas y errores estándares para tratamiento, año y la interacción tratamiento * año

Peso.seco.de.nuez.g - Medias ajustadas y errores estándares para Tratamiento

LSD Fisher (Alfa=0,05)

Procedimiento de corrección de p-valores: No

Tratamiento	Medias	E.E.		
3	6196,76	523,69	A	
1	5792,01	478,06	A	B
0	5494,88	552,02	A	B
2	4670,84	478,06		B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Peso.seco.de.nuez.g - Medias ajustadas y errores estándares para Año

LSD Fisher (Alfa=0,05)

Procedimiento de corrección de p-valores: No

Año	Medias	E.E.		
14	8120,32	382,54	A	
13	2956,92	184,47		B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Peso.seco.de.nuez.g - Medias ajustadas y errores estándares para Tratamiento*Año

LSD Fisher (Alfa=0,05)

Procedimiento de corrección de p-valores: No

Tratamiento	Año	Medias	E.E.		
3	14	9447,26	787,27	A	
1	14	8257,56	718,67	A	
0	14	7413,79	829,85	A	
2	14	7362,69	718,67	A	
0	13	3575,97	400,18		B
1	13	3326,46	346,56		B
3	13	2946,27	379,64	B	C
2	13	1978,99	346,56		C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Peso seco de nuez promedio árbol-1

I. Especificación del modelo en R

Especificación del modelo en R

```
modelo.000_Peso.seco.de.nuez.promedio.g_REML<-
lme(Peso.seco.de.nuez.promedio.g~1+Tratamiento+Ano+Tratamiento:Ano
,random=list(TREE=pdIdent(~1))
,weights=varComb(varIdent(form=~1|Ano))
,correlation=corAR1(form=~as.integer(as.character(Ano))|TREE)
,method="REML"
,control=lmeControl(niterEM=150
,msMaxIter=200)
,na.action=na.omit
,data=R.data00
,keep.data=FALSE)
```

II. Tabla de medidas de ajuste del modelo

Medidas de ajuste del modelo

N	AIC	BIC	logLik	SigmaR2_0	R2_1
86	155,99	184,28	-66,00	0,35	0,09

AIC y BIC menores implica mejor

III. Tabla de análisis de la varianza

Pruebas de hipótesis marginales (SC tipo III)

	numDF	denDF	F-value	p-value
(Intercept)	1	39	7635,41	<0,0001
Tratamiento	3	39	2,6E-03	0,9998
Ano	1	39	8,41	0,0061
Tratamiento:Ano	3	39	0,95	0,4263

IV. Tablas de medias ajustadas y errores estándares para tratamiento, año y la interacción tratamiento * año

Peso.seco.de.nuez.promedio.g - Medias ajustadas y errores estándares para Tratamiento

LSD Fisher (Alfa=0,05)

Procedimiento de corrección de p-valores: No

Tratamiento	Medias	E.E.
1	5,90 0,13	A
2	5,90 0,13	A
3	5,89 0,14	A
0	5,89 0,15	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Peso.seco.de.nuez.promedio.g - Medias ajustadas y errores estándares para Año

LSD Fisher (Alfa=0,05)

Procedimiento de corrección de p-valores: No

Ano	Medias	E.E.	
13	6,04	0,06	A
14	5,75	0,10	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Peso.seco.de.nuez.promedio.g - Medias ajustadas y errores estándares para Tratamiento*Ano

LSD Fisher (Alfa=0,05)

Procedimiento de corrección de p-valores: No

Tratamiento	Ano	Medias	E.E.		
0	13	6,17	0,13	A	
3	13	6,06	0,13	A	B
1	13	5,98	0,11	A	B
2	13	5,96	0,11	A	B
1	14	5,83	0,19	A	B
2	14	5,83	0,19	A	B
3	14	5,73	0,21	A	B
0	14	5,61	0,22		B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Peso seco de embrión promedio árbol-1

I. Especificación del modelo en R

Especificación del modelo en R

```
modelo.000_Peso.seco.de.embrion.promedio.g_REML<-
lme(Peso.seco.de.embrion.promedio.g~1+Tratamiento+Ano+Tratamiento:Ano
,random=list(TREE=pdIdent(~1))
,weights=varComb(varIdent(form=~1|Ano))
,correlation=corAR1(form=~as.integer(as.character(Ano))|TREE)
,method="REML"
,control=lmeControl(niterEM=150
,msMaxIter=200)
,na.action=na.omit
,data=R.data00
,keep.data=FALSE)
```

II. Tabla de medidas de ajuste del modelo

Medidas de ajuste del modelo

N	AIC	BIC	logLik	SigmaR2_0	R2_1	
86	90,70	118,98	-33,35	0,29	0,11	0,43

AIC y BIC menores implica mejor

III. Tabla de análisis de la varianza

Pruebas de hipótesis marginales (SC tipo III)

	numDF	denDF	F-value	p-value
(Intercept)	1	39	5686,81	<0,0001
Tratamiento	3	39	0,14	0,9354
Año	1	39	8,58	0,0056
Tratamiento:Año	3	39	1,33	0,2781

IV. Tablas de medias ajustadas y errores estándares para tratamiento, año y la interacción tratamiento * año

Peso.seco.de.embrion.promedio.g - Medias ajustadas y errores estándares para Tratamiento

LSD Fisher (Alfa=0,05)

Procedimiento de corrección de p-valores: No

Tratamiento	Medias	E.E.	
3	2,98	0,08	A
0	2,96	0,08	A
1	2,93	0,07	A
2	2,92	0,07	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Peso.seco.de.embrion.promedio.g - Medias ajustadas y errores estándares para Año

LSD Fisher (Alfa=0,05)

Procedimiento de corrección de p-valores: No

Año	Medias	E.E.	
13	3,04	0,05	A
14	2,85	0,05	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Peso.seco.de.embrion.promedio.g - Medias ajustadas y errores estándares para Tratamiento*Año

LSD Fisher (Alfa=0,05)

Procedimiento de corrección de p-valores: No

Tratamiento	Año	Medias	E.E.		
0	13	3,17	0,10	A	
3	13	3,06	0,10	A	B
2	13	2,97	0,09	A	B
1	13	2,96	0,09	A	B
1	14	2,89	0,10	A	B
3	14	2,89	0,11	A	B
2	14	2,86	0,10		B
0	14	2,75	0,12		B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Porcentaje de llenado de embrión

I. Especificación del modelo en R

Especificación del modelo en R

```
modelo.000_Porcentaje.de.llenado_REML<-
lme(Porcentaje.de.llenado~1+Tratamiento+Ano+Tratamiento:Ano
,random=list(TREE=pdIdent(~1))
,weights=varComb(varIdent(form=~1|Ano))
,correlation=corAR1(form=~as.integer(as.character(Ano))|TREE)
,method="REML"
,control=lmeControl(niterEM=150
,msMaxIter=200)
,na.action=na.omit
,data=R.data00
,keep.data=FALSE)
```

II. Tabla de medidas de ajuste del modelo

Medidas de ajuste del modelo

N	AIC	BIC	logLik	SigmaR2_0	R2_1
86	410,88	439,16	-193,44	2,64	0,06 0,66

AIC y BIC menores implica mejor

III. Tabla de análisis de la varianza

Pruebas de hipótesis marginales (SC tipo III)

	numDF	denDF	F-value	p-value
(Intercept)	1	39	15924,73	<0,0001
Tratamiento	3	39	0,38	0,7686
Ano	1	39	3,03	0,0899
Tratamiento:Ano	3	39	1,34	0,2768

IV. Tablas de medias ajustadas y errores estándares para tratamiento, año y la interacción tratamiento * año

Porcentaje.de.llenado - Medias ajustadas y errores estándares para Tratamiento

LSD Fisher (Alfa=0,05)

Procedimiento de corrección de p-valores: No

Tratamiento	Medias	E.E.
0	50,39	0,86 A
3	50,33	0,81 A
1	49,54	0,74 A
2	49,49	0,74 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Porcentaje.de.llenado - Medias ajustadas y errores estándares para Año

LSD Fisher (Alfa=0,05)

Procedimiento de corrección de p-valores: No

Año	Medias	E.E.
13	50,31	0,52 A
14	49,56	0,36 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)**Porcentaje.de.llenado - Medias ajustadas y errores estándares para Tratamiento*Año**

LSD Fisher (Alfa=0,05)

Procedimiento de corrección de p-valores: No

Tratamiento	Año	Medias	E.E.
0	13	51,51	1,14 A
3	13	50,42	1,08 A
3	14	50,24	0,75 A
2	13	49,81	0,98 A
1	14	49,58	0,68 A
1	13	49,50	0,98 A
0	14	49,26	0,79 A
2	14	49,17	0,68 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)**Largo de nuez promedio árbol-1****I. Especificación del modelo en R****Especificación del modelo en R**

```

modelo.000_Largo.de.nuez.mm_REML<-
lme(Largo.de.nuez.mm~1+Tratamiento+Año+Tratamiento:Año
,random=list(TREE=pdIdent(~1))
,weights=varComb(varIdent(form=~1|Año))
,correlation=corAR1(form=~as.integer(as.character(Año))|TREE)
,method="REML"
,control=lmeControl(niterEM=150
,msMaxIter=200)
,na.action=na.omit
,data=R.data00
,keep.data=FALSE)

```

II. Tabla de medidas de ajuste del modelo**Medidas de ajuste del modelo**

N	AIC	BIC	logLik	SigmaR2_0	R2_1
86	312,57	340,85	-144,28	0,60	0,26 0,86

AIC y BIC menores implica mejor

III. Tabla de análisis de la varianza

Pruebas de hipótesis marginales (SC tipo III)

	numDF	denDF	F-value	p-value
(Intercept)	1	39	22141,61	<0,0001
Tratamiento	3	39	2,36	0,0860
Año	1	39	60,61	<0,0001
Tratamiento:Año	3	39	0,31	0,8167

IV. Tablas de medias ajustadas y errores estándares para tratamiento, año y la interacción tratamiento * año

Largo.de.nuez.mm - Medias ajustadas y errores estándares para Tratamiento

LSD Fisher (Alfa=0,05)

Procedimiento de corrección de p-valores: No

Tratamiento	Medias	E.E.
0	37,790,54	A
3	37,320,51	A B
2	36,580,47	A B
1	36,060,47	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Largo.de.nuez.mm - Medias ajustadas y errores estándares para Año

LSD Fisher (Alfa=0,05)

Procedimiento de corrección de p-valores: No

Año	Medias	E.E.
14	37,650,29	A
13	36,230,24	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Largo.de.nuez.mm - Medias ajustadas y errores estándares para Tratamiento*Año

LSD Fisher (Alfa=0,05)

Procedimiento de corrección de p-valores: No

Tratamiento	Año	Medias	E.E.
0	14	38,470,62	A
3	14	38,170,59	A B
2	14	37,300,54	A B C
0	13	37,100,52	B C D
1	14	36,660,54	B C D
3	13	36,480,50	C D E
2	13	35,870,45	D E
1	13	35,460,45	E

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Número de nueces árbol-1

I. Especificación del modelo en R

Especificación del modelo en R

```
modelo.000_Numero.de.nueces_REML<-
lme(Numero.de.nueces~1+Tratamiento+Ano+Tratamiento:Ano
,random=list(TREE=pdIdent(~1))
,weights=varComb(varIdent(form=~1|Ano))
,correlation=corAR1(form=~as.integer(as.character(Ano))|TREE)
,method="REML"
,control=lmeControl(niterEM=150
,msMaxIter=200)
,na.action=na.omit
,data=R.data00
,keep.data=FALSE)
```

II. Tabla de medidas de ajuste del modelo

Medidas de ajuste del modelo

N	AIC	BIC	logLik	Sigma	R2_0	R2_1
86	1139,03	1167,31	-557,52	129,88	0,66	0,75

AIC y BIC menores implica mejor

III. Tabla de análisis de la varianza

Pruebas de hipótesis marginales (SC tipo III)

	numDF	denDF	F-value	p-value
(Intercept)	1	39	395,61	<0,0001
Tratamiento	3	39	1,58	0,2095
Ano	1	39	266,71	<0,0001
Tratamiento:Ano	3	39	2,21	0,1027

IV. Tablas de medias ajustadas y errores estándares para tratamiento, año y la interacción tratamiento * año

Numero.de.nueces - Medias ajustadas y errores estándares para Tratamiento

LSD Fisher (Alfa=0,05)

Procedimiento de corrección de p-valores: No

Tratamiento	Medias	E.E.		
3	1091,25	99,63	A	
1	990,91	90,95	A	B
0	964,13	105,02	A	B
2	805,27	90,95	B	

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Numero.de.nueces - Medias ajustadas y errores estándares para Año

LSD Fisher (Alfa=0,05)

Procedimiento de corrección de p-valores: No

Ano	Medias	E.E.	
14	1434,94	73,22	A
13	490,84	31,57	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)**Numero.de.nueces - Medias ajustadas y errores estándares para Tratamiento*Año**

LSD Fisher (Alfa=0,05)

Procedimiento de corrección de p-valores: No

Tratamiento	Ano	Medias	E.E.		
3	14	1685,50	150,69	A	
1	14	1425,37	137,56	A	
0	14	1349,30	158,84	A	
2	14	1279,59	137,56	A	
0	13	578,97	68,49	B	
1	13	556,44	59,31	B	
3	13	497,01	64,98	B	C
2	13	330,95	59,31		C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)**Número de nueces por kg de nuez****I. Especificación del modelo en R****Especificación del modelo en R**

```

modelo.000_Numero.de.nueces.por.kg_REML<-
lme(Numero.de.nueces.por.kg~1+Tratamiento+Año+Tratamiento:Año
,random=list(TREE=pdIdent(~1))
,weights=varComb(varIdent(form=~1|Año))
,correlation=corAR1(form=~as.integer(as.character(Año))|TREE)
,method="REML"
,control=lmeControl(niterEM=150
,msMaxIter=200)
,na.action=na.omit
,data=R.data00
,keep.data=FALSE)

```

II. Tabla de medidas de ajuste del modelo**Medidas de ajuste del modelo**

N	AIC	BIC	logLik	SigmaR2_0	R2_1		
86	688,37	716,65	-332,18	8,46	0,10	0,33	

AIC y BIC menores implica mejor

III. Tabla de análisis de la varianza

Pruebas de hipótesis marginales (SC tipo III)

	numDF	denDF	F-value	p-value
(Intercept)	1	39	6101,82	<0,0001
Tratamiento	3	39	0,06	0,9782
Año	1	39	9,37	0,0040
Tratamiento:Año	3	39	0,92	0,4379

IV. Tablas de medias ajustadas y errores estándares para tratamiento, año y la interacción tratamiento * año

Numero.de.nueces.por.kg - Medias ajustadas y errores estándares para Tratamiento

LSD Fisher (Alfa=0,05)

Procedimiento de corrección de p-valores: No

Tratamiento	Medias	E.E.	
3	172,86	4,51	A
0	171,31	4,76	A
2	170,56	4,12	A
1	170,44	4,12	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Numero.de.nueces.por.kg - Medias ajustadas y errores estándares para Año

LSD Fisher (Alfa=0,05)

Procedimiento de corrección de p-valores: No

Año	Medias	E.E.	
14	176,39	3,53	A
13	166,19	1,64	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Numero.de.nueces.por.kg - Medias ajustadas y errores estándares para Tratamiento*Año

LSD Fisher (Alfa=0,05)

Procedimiento de corrección de p-valores: No

Tratamiento	Año	Medias	E.E.		
0	14	180,22	7,66	A	
3	14	179,54	7,27	A	
1	14	172,96	6,64	A	B
2	14	172,84	6,64	A	B
2	13	168,29	3,08	A	B
1	13	167,91	3,08	A	B
3	13	166,18	3,38	A	B
0	13	162,40	3,56		B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Anexo III

Gráficos de Diagnóstico

Se presentan para cada variable de respuesta analizada: a) un diagrama de caja y bigotes para los residuos estudentizados de Pearson para la interacción entre los efectos fijos del modelo (AÑO x TRATAMIENTO) luego de estimar el modelo mixto respectivo; b) un diagrama de dispersión de dichos residuos versus los valores predichos por el modelo; c) un gráfico del tipo Q-Q Plot de los residuos entre los valores observados y los esperados para una distribución Normal. Todos estos criterios diagnósticos se obtuvieron con el software Infostat en combinación con R.

Tasa de crecimiento de la altura del árbol

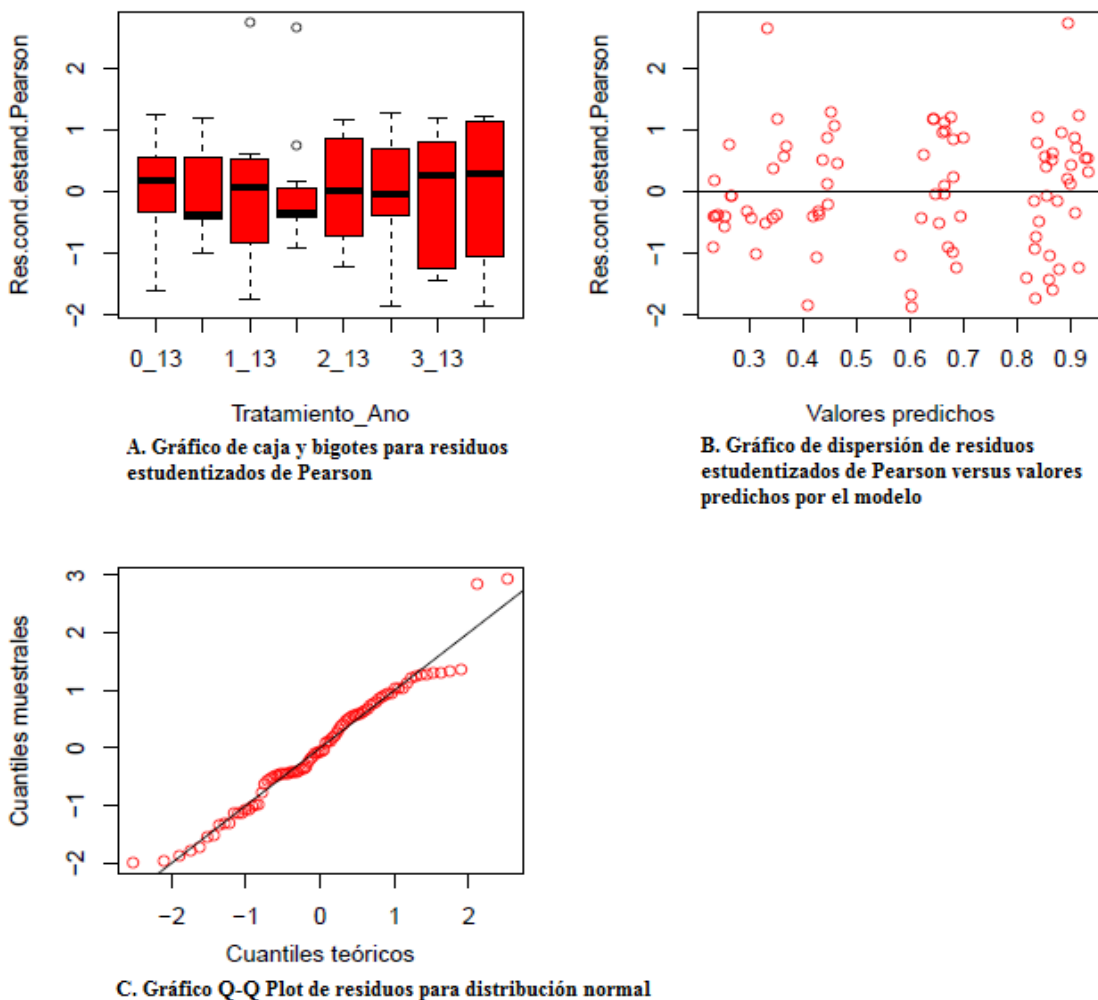


Figura 1. Gráficos de diagnóstico obtenidos para la variable tasa de crecimiento de altura del árbol. A. Gráfico de caja y bigotes para residuos estudentizados de Pearson. B. Gráfico de dispersión de residuos estudentizados de Pearson versus valores predichos por el modelo C. Gráfico Q-Q Plot de residuos para distribución normal.

Tasa crecimiento de diámetro del tronco

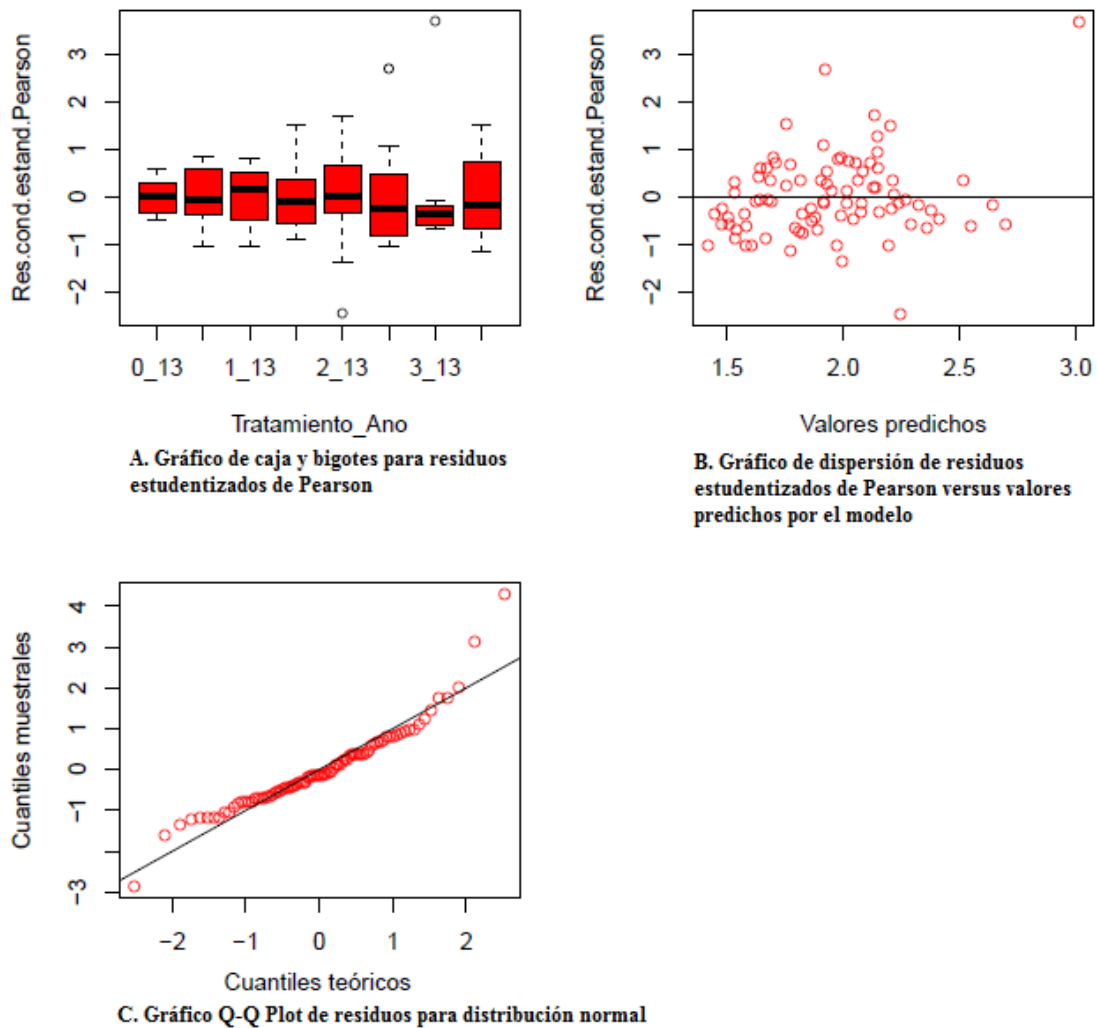
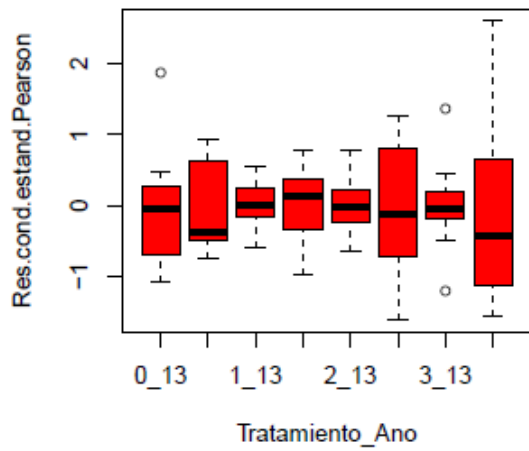
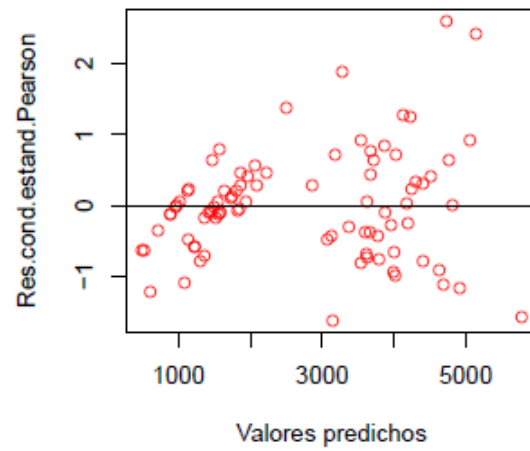


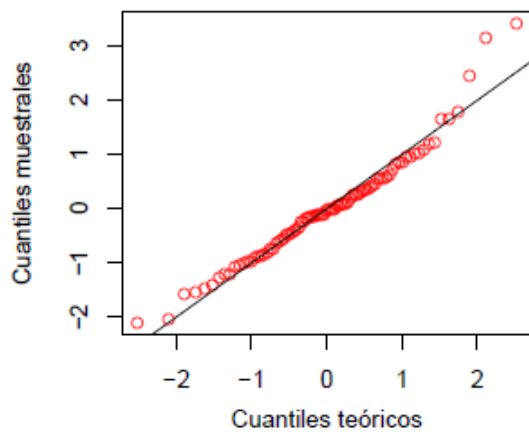
Figura 2. Gráficos de diagnóstico obtenidos para la variable tasa crecimiento de diámetro del tronco. A. Gráfico de caja y bigotes para residuos estudentizados de Pearson. B. Gráfico de dispersión de residuos estudentizados de Pearson versus valores predichos por el modelo C. Gráfico Q-Q Plot de residuos para distribución normal.

Peso seco embrión árbol-1

A. Gráfico de caja y bigotes para residuos estudentizados de Pearson



B. Gráfico de dispersión de residuos estudentizados de Pearson versus valores predichos por el modelo



C. Gráfico Q-Q Plot de residuos para distribución normal

Figura 3. Gráficos de diagnóstico obtenidos para la variable peso seco embrión. A. Gráfico de caja y bigotes para residuos estudentizados de Pearson. B. Gráfico de dispersión de residuos estudentizados de Pearson versus valores predichos por el modelo C. Gráfico Q-Q Plot de residuos para distribución normal.

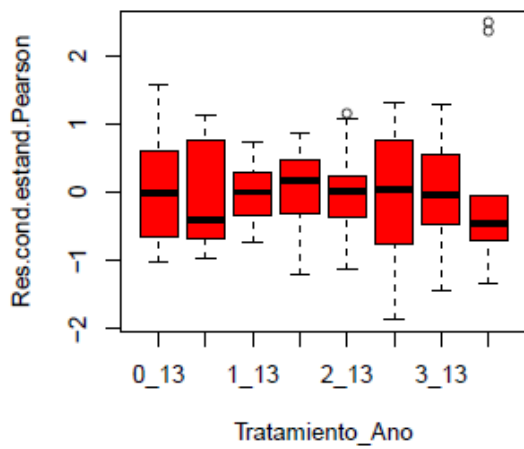
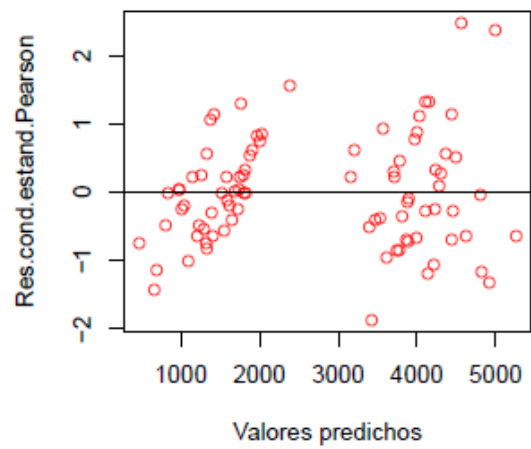
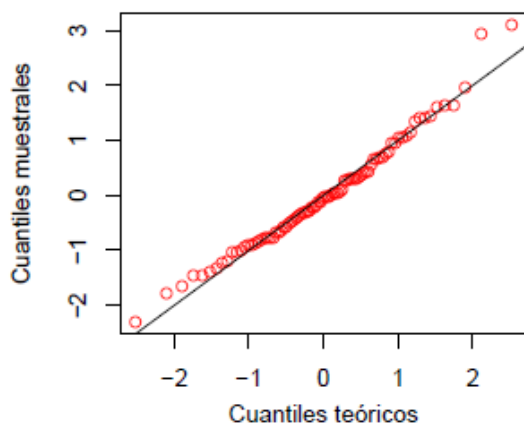
Peso seco cáscara árbol-1**A. Gráfico de caja y bigotes para residuos estudentizados de Pearson****B. Gráfico de dispersión de residuos estudentizados de Pearson versus valores predichos por el modelo****C. Gráfico Q-Q Plot de residuos para distribución normal**

Figura 4. Gráficos de diagnóstico obtenidos para la variable peso seco cáscara. A. Gráfico de caja y bigotes para residuos estudentizados de Pearson. B. Gráfico de dispersión de residuos estudentizados de Pearson versus valores predichos por el modelo C. Gráfico Q-Q Plot de residuos para distribución normal.

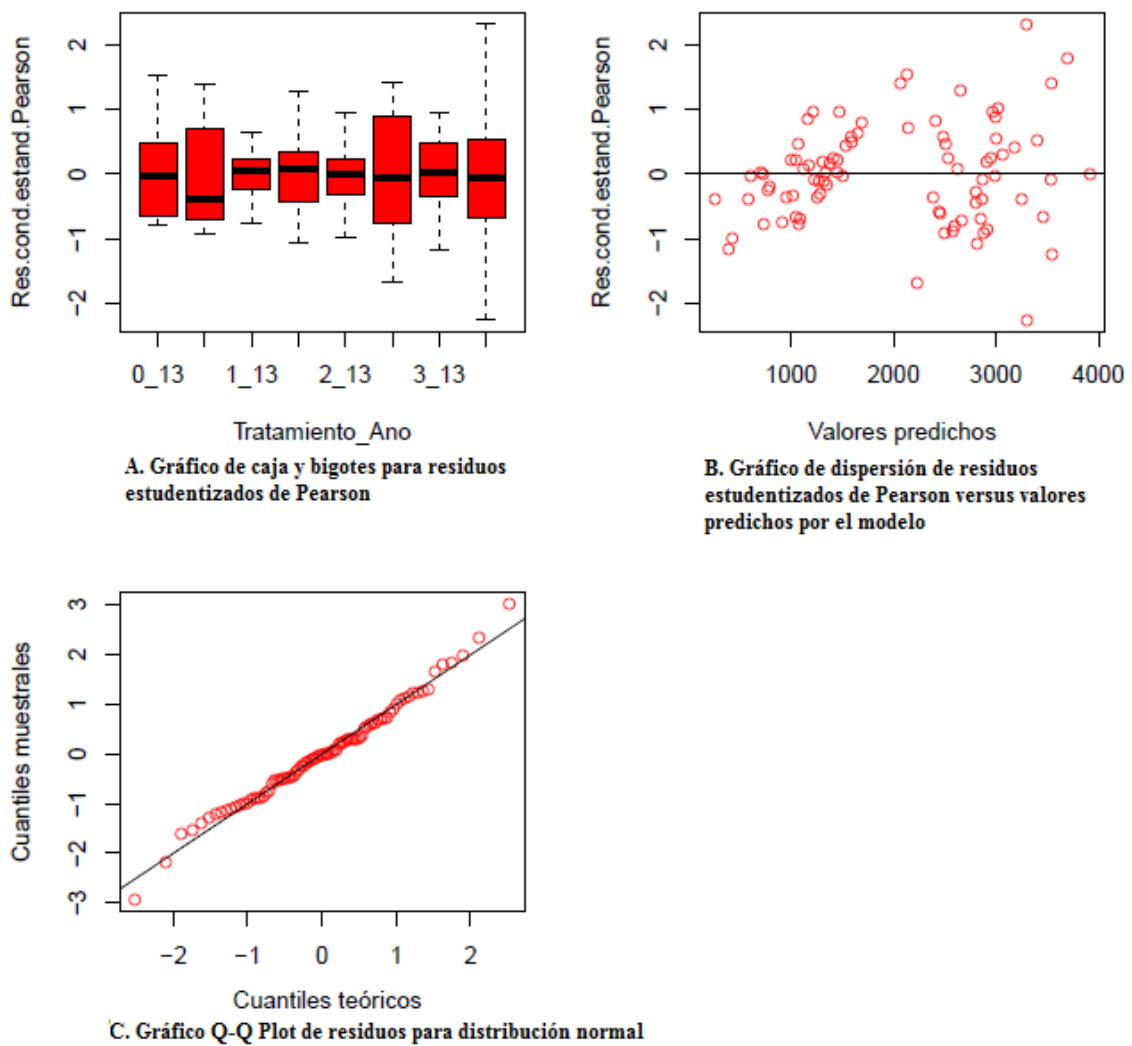
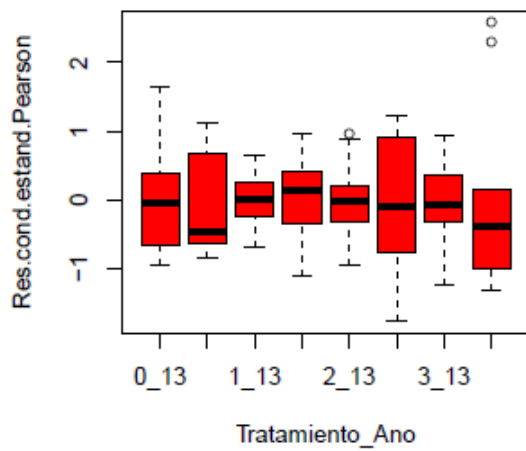
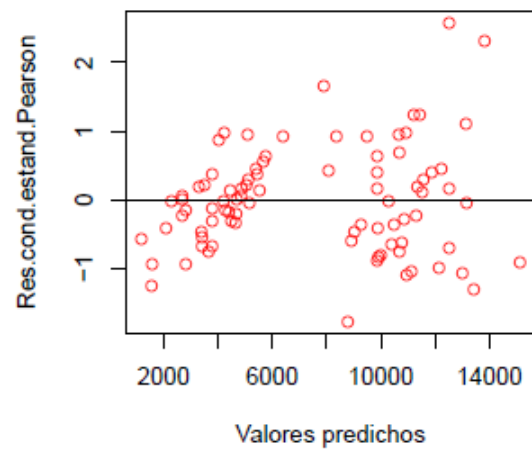
Peso seco involucro árbol-1

Figura 5. Gráficos de diagnóstico obtenidos para la variable peso seco involucro. A. Gráfico de caja y bigotes para residuos estudentizados de Pearson. B. Gráfico de dispersión de residuos estudentizados de Pearson versus valores predichos por el modelo C. Gráfico Q-Q Plot de residuos para distribución normal.

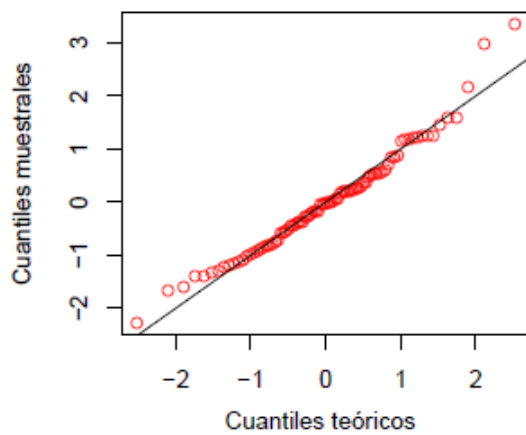
Peso seco fruto árbol-1



A. Gráfico de caja y bigotes para residuos estudentizados de Pearson

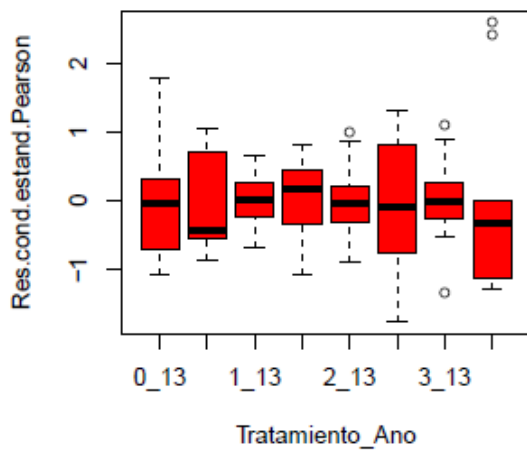


B. Gráfico de dispersión de residuos estudentizados de Pearson versus valores predichos por el modelo

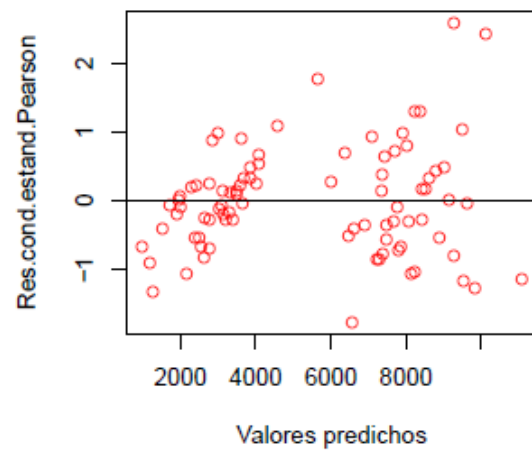


C. Gráfico Q-Q Plot de residuos para distribución normal

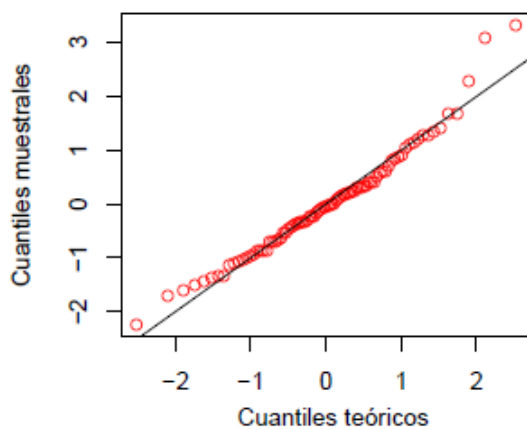
Figura 6. Gráficos de diagnóstico obtenidos para la variable peso seco fruto. A. Gráfico de caja y bigotes para residuos estudentizados de Pearson. B. Gráfico de dispersión de residuos estudentizados de Pearson versus valores predichos por el modelo C. Gráfico Q-Q Plot de residuos para distribución normal.

Peso seco de nuez árbol-1

A. Gráfico de caja y bigotes para residuos estudentizados de Pearson



B. Gráfico de dispersión de residuos estudentizados de Pearson versus valores predichos por el modelo



C. Gráfico Q-Q Plot de residuos para distribución normal

Figura 7. Gráficos de diagnóstico obtenidos para la variable peso seco de nuez. A. Gráfico de caja y bigotes para residuos estudentizados de Pearson. B. Gráfico de dispersión de residuos estudentizados de Pearson versus valores predichos por el modelo C. Gráfico Q-Q Plot de residuos para distribución normal.

Peso seco de nuez promedio árbol-1

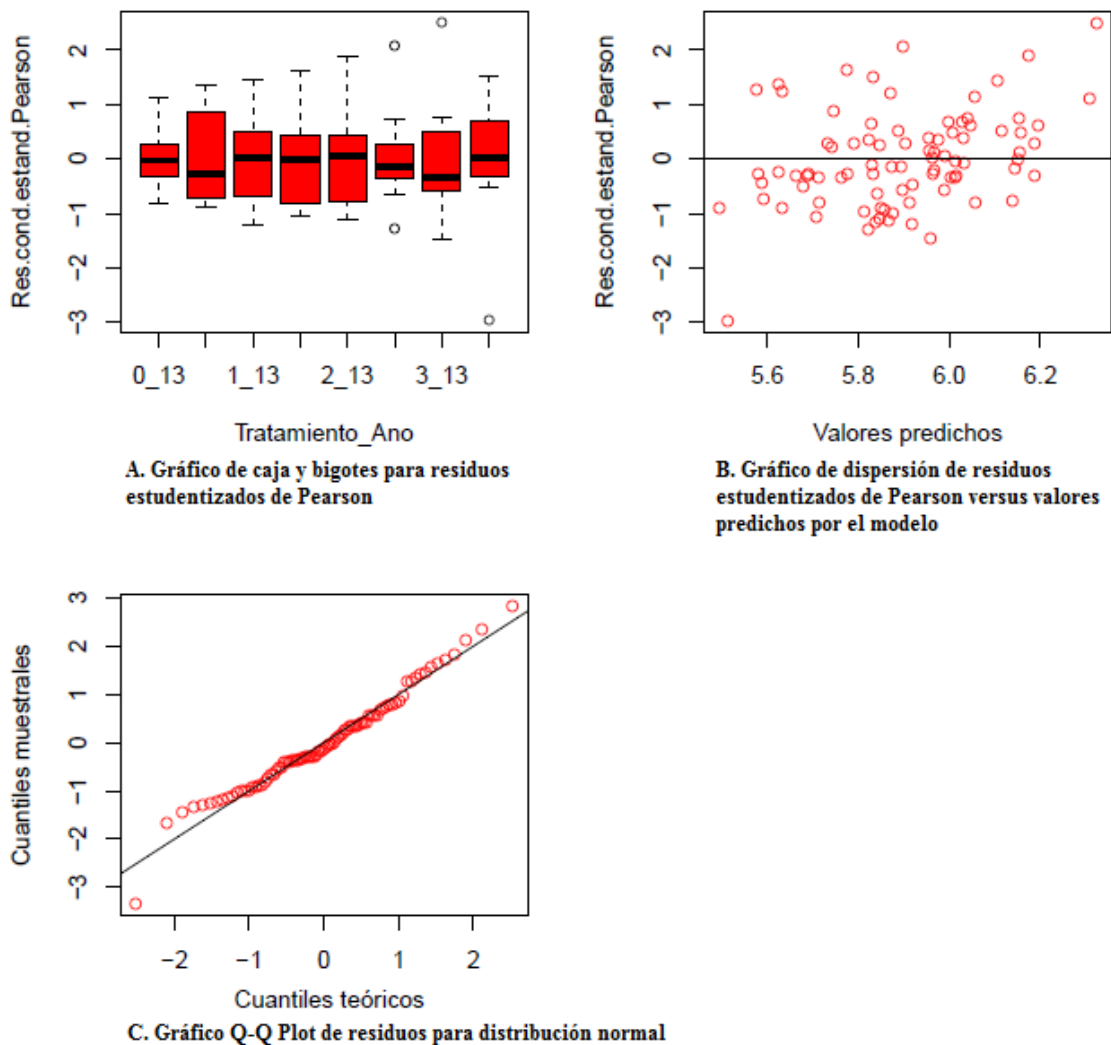


Figura 8. Gráficos de diagnóstico obtenidos para la variable peso seco de nuez promedio. A. Gráfico de caja y bigotes para residuos estudentizados de Pearson. B. Gráfico de dispersión de residuos estudentizados de Pearson versus valores predichos por el modelo C. Gráfico Q-Q Plot de residuos para distribución normal.

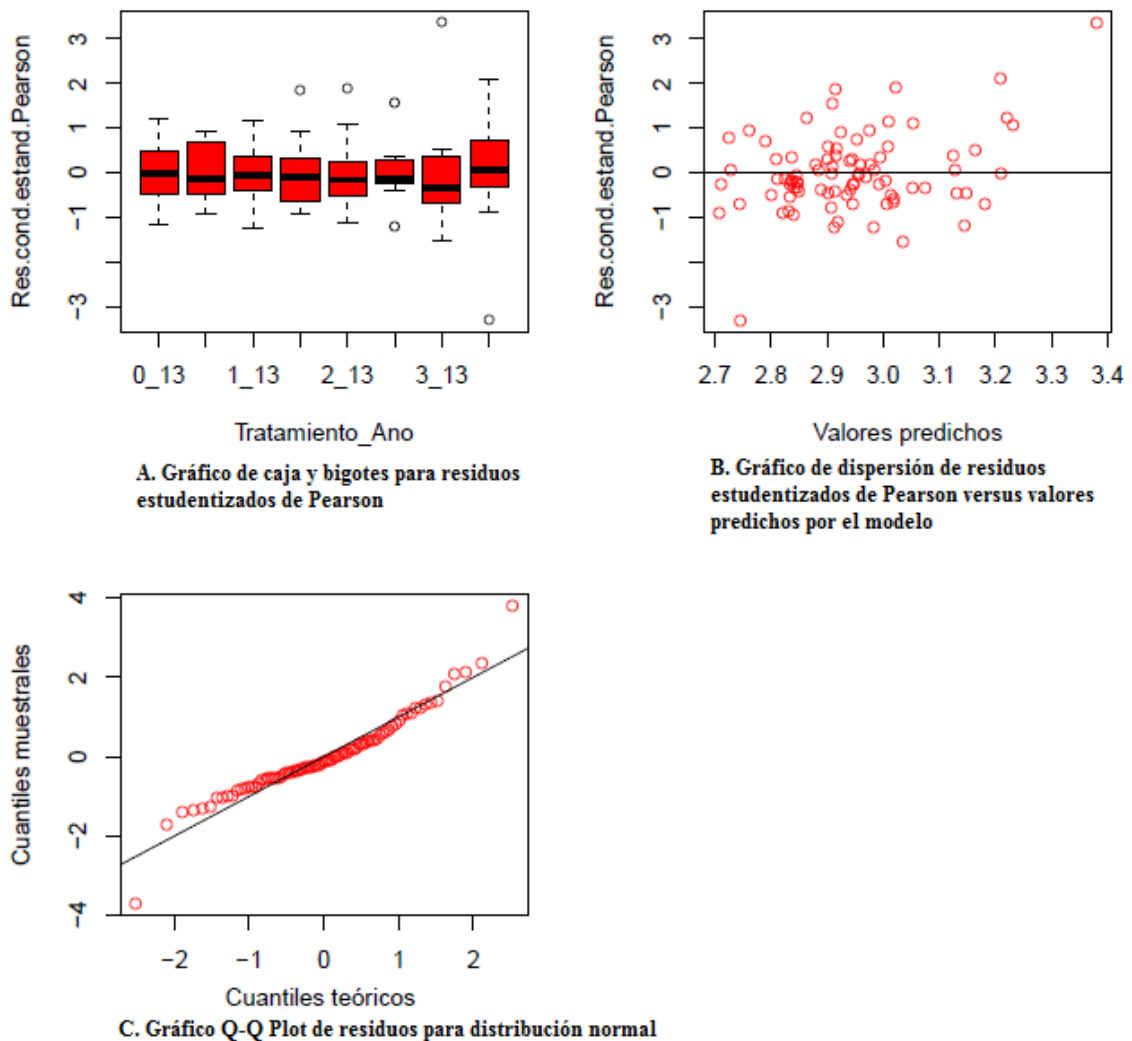
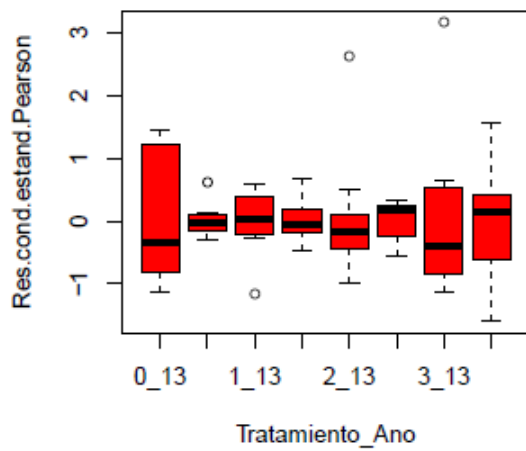
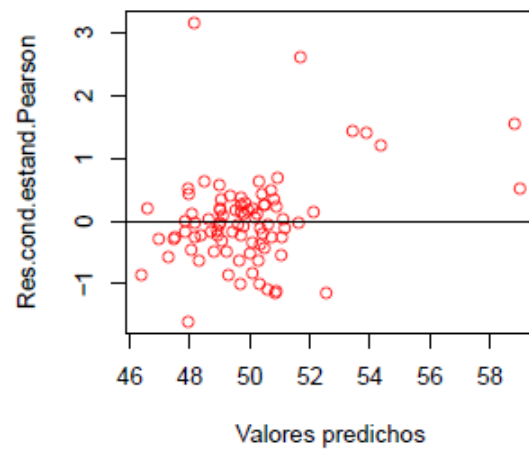
Peso seco embrión promedio árbol-1

Figura 9. Gráficos de diagnóstico obtenidos para la variable peso seco embrión promedio. A. Gráfico de caja y bigotes para residuos estudentizados de Pearson. B. Gráfico de dispersión de residuos estudentizados de Pearson versus valores predichos por el modelo C. Gráfico Q-Q Plot de residuos para distribución normal.

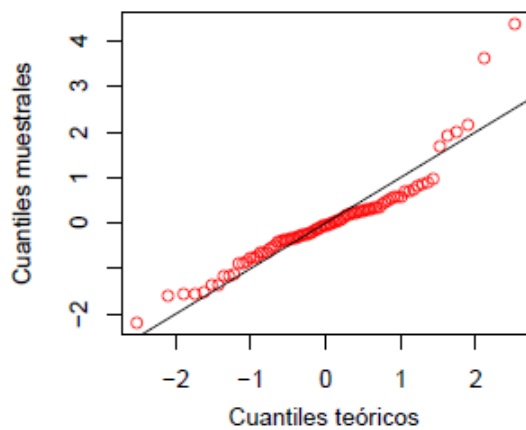
Porcentaje de llenado de embrión



A. Gráfico de caja y bigotes para residuos estudentizados de Pearson



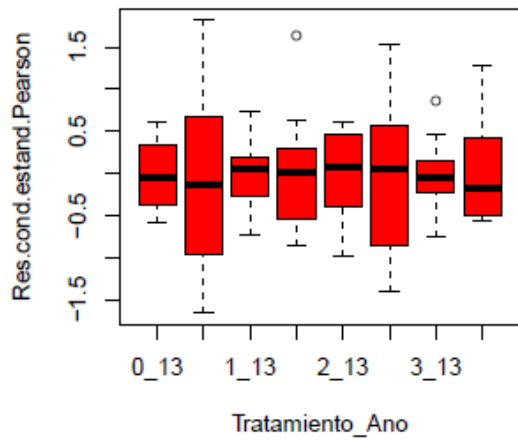
B. Gráfico de dispersión de residuos estudentizados de Pearson versus valores predichos por el modelo



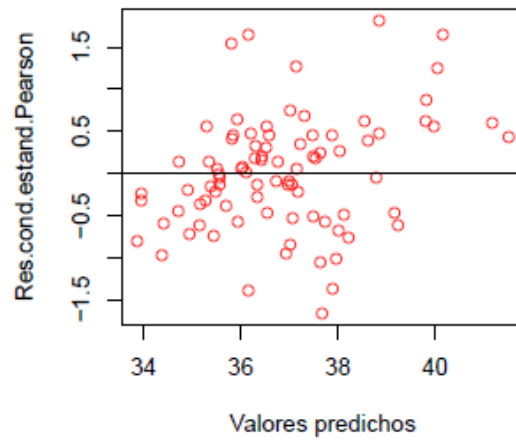
C. Gráfico Q-Q Plot de residuos para distribución normal

Figura 10. Gráficos de diagnóstico obtenidos para la variable porcentaje de llenado de embrión. A. Gráfico de caja y bigotes para residuos estudentizados de Pearson. B. Gráfico de dispersión de residuos estudentizados de Pearson versus valores predichos por el modelo C. Gráfico Q-Q Plot de residuos para distribución normal.

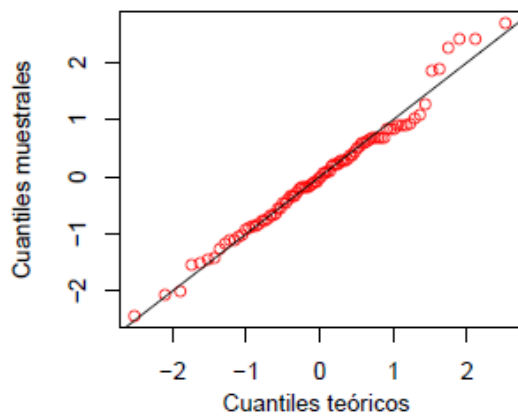
Largo de nuez promedio árbol-1



A. Gráfico de caja y bigotes para residuos estudentizados de Pearson



B. Gráfico de dispersión de residuos estudentizados de Pearson versus valores predichos por el modelo



C. Gráfico Q-Q Plot de residuos para distribución normal

Figura 11. Gráficos de diagnóstico obtenidos para la variable largo de nuez. A. Gráfico de caja y bigotes para residuos estudentizados de Pearson. B. Gráfico de dispersión de residuos estudentizados de Pearson versus valores predichos por el modelo C. Gráfico Q-Q Plot de residuos para distribución normal.

Número de nueces árbol-1

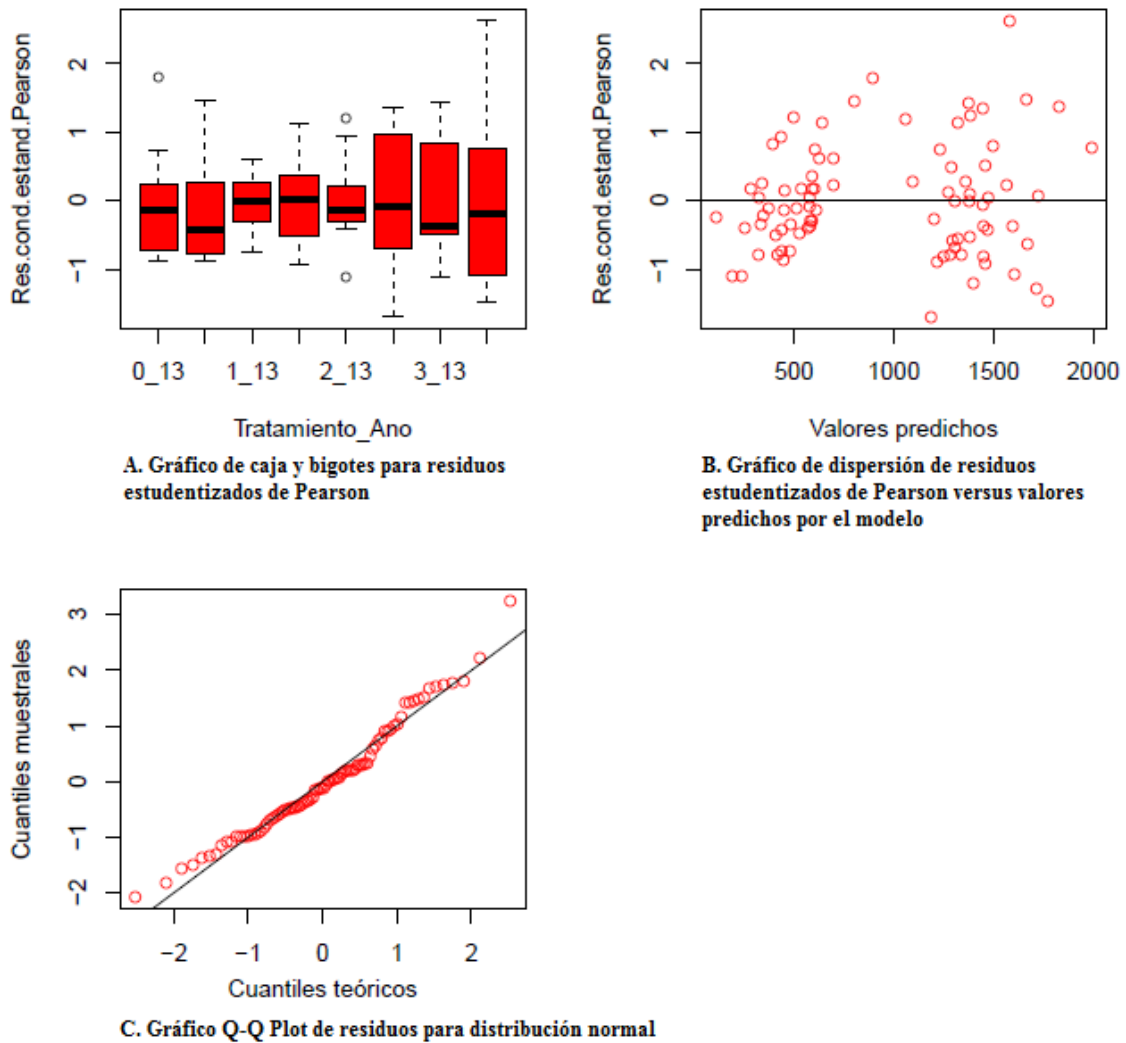
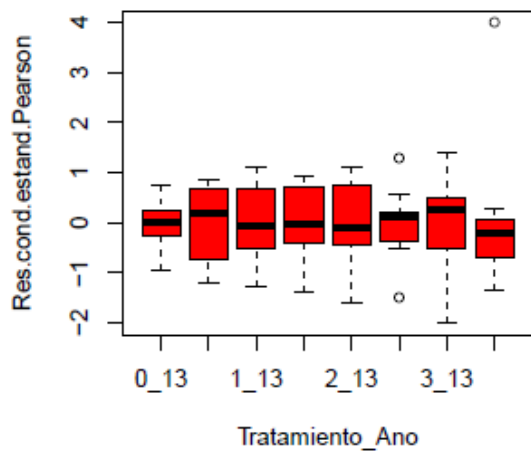
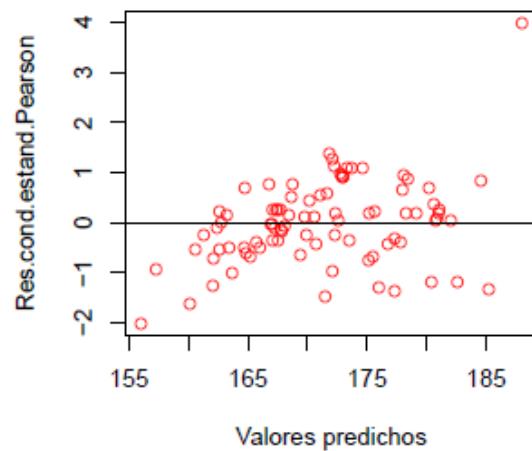


Figura 12. Gráficos de diagnóstico obtenidos para la variable número de nueces por árbol. A. Gráfico de caja y bigotes para residuos estudentizados de Pearson. B. Gráfico de dispersión de residuos estudentizados de Pearson versus valores predichos por el modelo C. Gráfico Q-Q Plot de residuos para distribución normal.

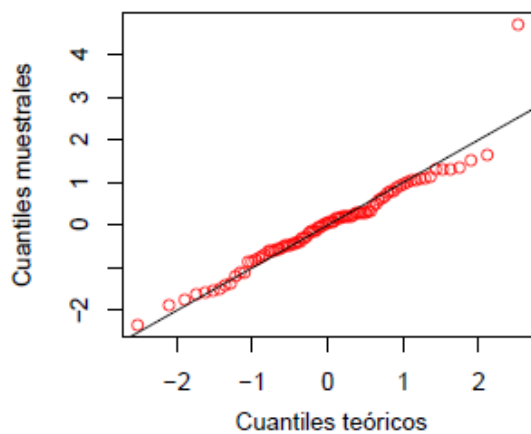
Número de nueces / kg



A. Gráfico de caja y bigotes para residuos estudentizados de Pearson



B. Gráfico de dispersión de residuos estudentizados de Pearson versus valores predichos por el modelo



C. Gráfico Q-Q Plot de residuos para distribución normal

Figura 13. Gráficos de diagnóstico obtenidos para la variable número de nueces por kilogramo. A. Gráfico de caja y bigotes para residuos estudentizados de Pearson. B. Gráfico de dispersión de residuos estudentizados de Pearson versus valores predichos por el modelo C. Gráfico Q-Q Plot de residuos para distribución normal.