



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE CIENCIAS
AGROPECUARIAS**



CARRERA DE AGRONOMÍA

TÍTULO DE PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

**“Evaluación de la aplicación de un bioestimulante para
encallamiento y brotación sobre Juglans regia y Malus doméstica**

DOCUMENTO FINAL DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN COMO
REQUISITO PARA OBTENER EL GRADO DE INGENIERO AGRÓNOMO

AUTOR:

RICARDO MIGUEL SANIPATÍN PILAGUANO

TUTOR:

Ing. CARLOS VÁSQUEZ FREYTEZ, Ph.D.

CEVALLOS, 2023

**Evaluación de la aplicación de Agrostemin sobre *Juglans regia* y
*Malus domestica***

REVISADO POR:

.....
Carlos Vásquez

Ing. Carlos Vásquez Freytez, Ph.D.

TUTOR

APROBADO POR LOS MIEMBROS DE CALIFICACIÓN:

.....
Patricio Núñez

Ing. Patricio Núñez, PhD

PRESIDENTE DE TRIBUNAL

.....
Olguer León

Ing. Mg. Olguer León

MIEMBRO DEL TRIBUNAL DE
CALIFICACIÓN

.....
Cristina López

BQF. Mg. Cristina López

MIEMBRO DEL TRIBUNAL DE
CALIFICACIÓN

Fecha

.....
31/08/2023

.....
31/08/2023

.....
31/08/2023

DERECHO DE AUTOR

Al presentar este Informe Final del Proyecto de Investigación titulado “**Evaluación de la aplicación de Agrostemin sobre *Juglans regia* y *Malus domestica***” como uno de los requisitos previos para la obtención del título de grado de Ingeniero Agrónomo, en la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Técnica de Ambato, autorizo a la Biblioteca de la Facultad, para que este documento esté disponible para su lectura, según las normas de la Universidad.

Estoy de acuerdo en que se realice cualquier copia de este Informe Final, dentro de las regulaciones de la Universidad, siempre y cuando esta reproducción no suponga una ganancia económica potencial.

Sin perjuicio de ejercer mi derecho de autor, autorizo a la Universidad Técnica de Ambato la publicación de este Informe Final, o de parte de él.

A handwritten signature in blue ink, enclosed within a hand-drawn oval. The signature is stylized and appears to read 'R. M. Sanipatín Pilaguano'. Below the signature is a horizontal dashed line.

RICARDO MIGUEL SANIPATÍN PILAGUANO

AUTORÍA DE LA INVESTIGACIÓN

El suscrito, **Ricardo Miguel Sanipatín Pilaguano**, portador de cédula de ciudadanía número: 1804992483, libre y voluntariamente declaro que el Informe Final del Proyecto de investigación titulado: “**Evaluación de la aplicación de Agrostemin sobre *Juglans regia* y *Malus domestica***” es original, auténtico y personal. En tal virtud, declaro que el contenido es de mi sola responsabilidad legal y académica, excepto donde se indican las fuentes de información consultadas.



RICARDO MIGUEL SANIPATÍN PILAGUANO

DEDICATORIA

A mis queridos padres, Myriam y Miguel:

Con amor y gratitud infinitos, dedico este logro a ustedes. Su apoyo incondicional, su aliento constante y su amor inquebrantable han sido el faro que me ha guiado a lo largo de este camino académico. Cada paso que he dado en esta travesía está impregnado de su dedicación y sacrificio.

Mi educación es el resultado de su constante esfuerzo y sacrificio. Han sido mi inspiración para superar obstáculos y perseguir mis sueños con valentía. Su fe en mí ha sido mi motor en los momentos de duda, y su confianza en mi capacidad ha sido el impulso para alcanzar metas que parecían inalcanzables.

Este logro no solo es mío, sino también de ustedes. Cada página de esta tesis lleva consigo su amor y su valioso legado de perseverancia. Espero que esta dedicación les haga sentir el orgullo que siento al ser su hijo y al tenerlos como mis guías y ejemplos de vida.

Con todo mi cariño,

RICARDO MIGUEL SANIPATIN PILAGUANO

AGRADECIMIENTO

A mis estimados profesores, personal académico, compañeros y amigos:

Quiero expresar mi más sincero agradecimiento a todas las personas que han contribuido de manera invaluable en la realización de esta tesis. En primer lugar, quiero agradecer a mi tutor, el Ing. Carlos Vásquez, PhD, por su orientación experta, su apoyo constante y sus consejos invaluable a lo largo de este proceso. Su dedicación y compromiso han sido fundamentales para el éxito de este trabajo.

También quiero extender mi agradecimiento a los revisores de esta tesis, el Ing. Olger León y la Bqf. Cristina López, cuyas sugerencias y comentarios constructivos han enriquecido significativamente este trabajo. Sus perspectivas críticas y su dedicación en la revisión han sido de gran ayuda para mejorar la calidad y la profundidad de esta investigación.

Mi reconocimiento también se dirige a todos los profesores y personal académico que, a lo largo de mi trayectoria, me han brindado su conocimiento y han contribuido a mi formación académica y personal.

No puedo dejar de mencionar a mis compañeros de estudio, cuyo apoyo y camaradería han hecho que este viaje sea más ameno y enriquecedor. Sus discusiones, intercambio de ideas y colaboración han sido invaluable en el desarrollo de mis habilidades y en la construcción de nuevos conocimientos.

Por último, pero no menos importante, quiero agradecer a mi familia y amigos por su apoyo incondicional a lo largo de este proceso. Sus palabras de aliento y su comprensión han sido mi fuente de motivación en los momentos más desafiantes.

En resumen, esta tesis no habría sido posible sin la contribución y el apoyo de todas estas personas. Estoy sinceramente agradecido y honrado por haber contado con su ayuda en este viaje académico.

Con sincera gratitud,

RICARDO MIGUEL SANIPATIN PILAGUANO

ÍNDICE GENERAL

| | |
|---|-----|
| AUTORÍA DE LA INVESTIGACIÓN | iii |
| DERECHO DE AUTOR..... | iv |
| DEDICATORIA | v |
| AGRADECIMIENTO | vi |
| ÍNDICE GENERAL..... | vii |
| ÍNDICE DE TABLAS | ix |
| ÍNDICE DE FIGURAS..... | x |
| RESUMEN..... | xi |
| ABSTRACT | xii |
| CAPÍTULO I..... | 13 |
| MARCO TEÓRICO..... | 13 |
| INTRODUCCIÓN | 13 |
| 1.1. Introducción..... | 13 |
| 1.2. Antecedentes Investigativos | 15 |
| 1.3.1. El cultivo de manzana (<i>Malus domestica</i> L.)..... | 18 |
| 1.3.2. El cultivo de la nuez (<i>Juglans regia</i> L.)..... | 20 |
| 1.3.3. El injerto y su uso en la agricultura..... | 20 |
| 1.3.4. El papel de las fitohormonas en el injerto | 23 |
| 1.3.5. Papel de las algas como bioestimulantes | 24 |
| 1.4. Objetivos | 26 |
| Objetivo general..... | 26 |
| Objetivos específicos | 26 |
| CAPÍTULO II | 27 |
| METODOLOGÍA | 27 |
| 2.1. Ubicación del estudio | 27 |
| 2.2. Características del lugar | 27 |
| 2.3. Características climáticas | 27 |
| 2.4. Materiales y equipos..... | 27 |
| 2.5. Factores de estudio | 28 |
| 2.6. Tratamientos | 28 |
| 2.7. Diseño experimental..... | 29 |

| | | |
|--|--|----|
| 2.8. | Manejo del experimento | 29 |
| 2.8.1. | Preparación del sustrato | 29 |
| 2.8.2. | Fertilización de fondo..... | 29 |
| 2.8.3. | Riego | 30 |
| 2.9. | Hipótesis | 30 |
| 2.10. | Variables respuesta..... | 30 |
| 2.10.1. | Porcentaje de prendimiento..... | 30 |
| 2.10.2. | Porcentaje de encallamiento en el patrón..... | 30 |
| 2.10.3. | Tiempo de aparición de brotes laterales..... | 30 |
| 2.10.4. | Longitud de brotes laterales | 30 |
| 2.10.6. | Número de brotes | 30 |
| 2.10.7. | Número de hojas por rama lateral | 31 |
| 2.11. | Procesamiento de la información | 31 |
| CAPÍTULO III..... | | 32 |
| RESULTADOS Y DISCUSIÓN..... | | 32 |
| 3.1. | Efecto de la dosis de Agrostemin sobre el prendimiento de injertos en manzana y nuez | 32 |
| 3.2. | Efecto de la dosis de Agrostemin sobre el porcentaje de encallamiento en injertos de manzana y nuez..... | 33 |
| 3.3. | Efecto de la dosis de Agrostemin sobre la brotación lateral en injertos en manzana y nuez | 35 |
| CAPÍTULO IV..... | | 39 |
| CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES..... | | 39 |
| 4.1. | CONCLUSIONES..... | 39 |
| 4.2. | RECOMENDACIONES | 39 |
| REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS..... | | 40 |
| Anexo 1: Análisis estadístico | | 44 |
| Anexo 2. Fotografías de las actividades..... | | 64 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|---|----|
| Tabla 1. <i>Efecto de la concentración de Agrostemin sobre el porcentaje de prendimiento de injertos de manzana y nuez</i> | 32 |
| Tabla 2. <i>Efecto de la concentración de Agrostemin sobre el porcentaje de encallamiento de injertos de manzana y nuez.....</i> | 34 |
| Tabla 3. <i>Efecto de la concentración de Agrostemin sobre la brotación lateral en injertos de manzana y nuez</i> | 36 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura 1. <i>Los mecanismos generales del injerto</i> | 22 |
| Figura 2. <i>Efectos beneficiosos en la agricultura obtenidos por el uso de microalgas en el suelo y las plantas</i> | 25 |
| Figura 3. <i>Variación en el número de hojas por rama lateral en injertos de nuez y manzana tratados con diferentes dosis de Agrostemin</i> | 37 |

RESUMEN

La propagación asexual por injerto, además de acortar el tiempo de obtención de semillas, también se busca mejorar la producción, reducir la susceptibilidad a enfermedades ocasionadas por nematodos y así aumentar el vigor de la planta. El presente estudio intenta buscar alternativas, como el uso de bioestimulantes, que contribuyan a mejorar la producción de plantas de manzana y nuez con un enfoque sustentable, de fácil acceso para los productores de estos rubros frutícolas. Por ello, el objetivo fue evaluar el efecto de la aplicación de Agrostemin sobre *Juglans regia* y *Malus domestica*. Se evaluó el efecto de cuatro dosis (1.0, 1.6, 2.0 y 2.5 g/L) de Agrostemin, un producto bioestimulante obtenido de extractos naturales de un alga marina (*Ascophyllum nodosum*). Los resultados no demostraron un efecto de la dosis de Agrostemin sobre el porcentaje de prendimiento de injertos tanto de manzana como de nuez, pero el porcentaje de encallamiento sí fue afectado por el tipo de cultivo siendo mayor en injertos de manzana, con los mayores porcentajes observados en estos injertos tratados con 1.0 y 1.6 g/L de Agrostemin. En cuanto al tiempo de aparición y número de brotes laterales no fueron afectados por el uso del bioestimulante Agrostemin, pero sí la longitud de los brotes principalmente durante las etapas iniciales de formación del brote. También, el número de hojas por rama fue afectado por el uso de Agrostemin, siendo mayor en el injerto de manzana tratado con 1.6 g/L y en el testigo, mientras que en injertos de nuez los mejores resultados fueron alcanzados con la aplicación de 1.6 y 2.5 g/L. En base a los resultados obtenidos, se sugiere el uso de Agrostemin en dosis de 1.6 g/L puesto que se obtuvieron los mejores resultados en cuanto al porcentaje de encallamiento, longitud de brotes y número de hojas por rama.

Palabras clave: Agrostemin, algas marinas, bioestimulante, manzana, nuez

ABSTRACT

Asexual propagation by grafting, in addition to shortening the time to obtain seeds, also seeks to improve production, reduce susceptibility to diseases caused by nematodes and thus increase plant vigor. The present study tries to find alternatives, such as the use of biostimulants, that contribute to improving the production of apple and walnut plants with a sustainable approach, easily accessible to producers of these fruit items. Therefore, the objective was to evaluate the effect of the application of Agrostemin on *Juglans regia* and *Malus domestica*. The effect of four doses (1.0, 1.6, 2.0 and 2.5 g/L) of Agrostemin, a biostimulant product obtained from natural extracts of a marine algae (*Ascophyllum nodosum*), was evaluated. The results did not show an effect of the Agrostemin dose on the grafting percentage of both apple and walnut grafts, but the percentage of stranding was affected by the type of crop, being higher in apple grafts, with the highest percentages observed in these grafts treated with 1.0 and 1.6 g/L of Agrostemin. Regarding the time of appearance and number of lateral shoots, they were not affected using the biostimulant Agrostemin, but the length of the shoots was mainly during the initial stages of shoot formation. Also, the number of leaves per branch was affected using Agrostemin, being higher in the apple graft treated with 1.6 g/L and in the control, while in walnut grafts the best results were achieved with the application of 1.6 and 2.5 g/L. Based on the results, the use of Agrostemin in a dose of 1.6 g/L is suggested since the best results were obtained in terms of the percentage of stranding, shoot length and number of leaves per branch.

Keywords: Agrostemin, seaweed, biostimulant, apple, walnut

CAPÍTULO I

MARCO TEÓRICO

INTRODUCCIÓN

1.1. Introducción

Dentro de la producción de frutas, el cultivo de manzanas (*Malus domestica* L.) mostró una producción mundial de 93.1 millones de toneladas, ocupando el segundo lugar después de las bananas con una producción de 124.9 millones de toneladas, seguidas de la producción de naranja y uva, que alcanzaron 75,6 y 73.5 millones de toneladas en el 2021, respectivamente (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, 2022). Adicionalmente, debido a sus cualidades nutricionales y de sabor, se espera que entre el 2025-2050, que el consumo diario promedio se incremente de 172 y 213 g en países en desarrollo, mientras que en los países industrializados este aumento sea aún mayor, pasando de 336 y 388 g per cápita (Vasylieva & James, 2021).

En Ecuador, la producción de manzana ha mostrado ligeras variaciones que van desde 7137.04, 7274.21, 7163.86 y 7191.70 ton entre los años 2018 y 2021, con un rendimiento entre 5289 a 5301.6 kg/ha en el mismo período (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, 2022).

Con relación al cultivo de nuez (*Juglans regia* L.) es la nuez de árbol más extendida en el mundo con una producción mundial que aumentó de 1.5 a 3.5 millones de toneladas entre 2008 y 2021, siendo China el principal productor mundial, seguido de EE. UU., Irán, Turquía, Ucrania, Rumania, Francia e India, sin embargo la producción en otros países como Chile, México, Argentina, Brasil y Perú ha mostrado valores importantes en los últimos años con promedios de 148000 tn, 135946.76 tn, 21582.40 tn y 6215.00 tn, respectivamente (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, 2022; Taha & Al-wadaan, 2011).

La satisfacción de la demanda de la población en los mercados nacionales e internacionales requieren no solo del desarrollo tecnológico de la producción, sino también de un manejo racional de la producción agrícola, conservación y marketing, además, de un amplio conocimiento de las propiedades físicoquímicas de la fruta para

asegurar el correcto manejo que garantice la excelente calidad para su comercialización (Acosta, 2013).

Entre las técnicas de producción de algunas especies frutales se incluye la técnica de la injertación, la cual es una técnica hortícola tradicional usada para unir dos genotipos diferentes para la producción de plantas, con el que se consigue mayor vigor de la parte aérea, se proporciona tolerancia a las condiciones estresantes de naturaleza biótica y abiótica, sin embargo, gran parte del conocimiento sobre los límites para injertar diferentes genotipos juntos proviene del conocimiento empírico de los horticultores (Loupit et al., 2023).

De acuerdo con los árboles que alcanzan la etapa adulta o reproductiva pueden recuperar a través de una variedad de procesos, tales como injertos, podas, tratamientos químicos, sus características juveniles, lo cual le confiere ventajas en la vigorosidad del crecimiento, formación de raíces adventicias, tal como se evidenció en árboles maduros de nuez a través de la técnica del injerto (Wang et al., 2023).

El principal proceso responsable de la producción exitosa de plantas injertadas es la conexión del xilema y floema, lo cual determina la tasa de éxito de los injertos y que depende de varios factores que regulan la conexión entre vástago y patrón, pero las hormonas vegetales son de especial interés puesto que actúan como moléculas de señalización y tienen la capacidad de translocación a través de la unión del injerto (Sharma & Zheng, 2019). Así, las hormonas vegetales, principalmente auxinas, citoquininas y giberelinas, juegan un papel importante en la regulación de varios procesos fisiológicos clave que ocurren en el sitio del injerto (Sharma & Zheng, 2019).

La presente investigación se justifica en el hecho de que tanto la manzana como la nuez son especies de importancia económica, sin embargo, su propagación por métodos sexuales es demorado debido a la ocurrencia de latencia en la semilla. En general, las semillas sexuales en manzana y nuez son usadas principalmente para la obtención de plantas para portainjertos, por este método de propagación sexual se obtienen plantas no con todas las características genéticas de las plantas madres, lo cual es indeseable en la fruticultura.

En tal sentido, con la propagación asexual por injerto, además de acortar el tiempo de obtención de semillas, también se busca mejorar la producción, reducir la susceptibilidad a enfermedades ocasionadas por nematodos y hongos (fitopatógenos

con origen en el suelo) y así aumentar el vigor de la planta.

En consecuencia, el injerto representa una estrategia viable con gran potencial a corto plazo para la agricultura sustentable para mitigar el estrés biótico y abiótico. Es por ello que, el presente estudio intenta buscar alternativas, como el uso de bioestimulantes, que contribuyan a mejorar la producción de plantas de manzana y nuez con un enfoque sustentable, de fácil acceso para los productores de estos rubros frutícolas.

1.2. Antecedentes Investigativos

La selección de la combinación adecuada de injerto/portainjerto es clave para mejorar el rendimiento del cultivo y la producción sostenible en un entorno particular y sistemas de formación específicos. Hayat et al. (2023) realizaron un ensayo con portainjertos para examinar la influencia de 11 portainjertos diferentes en función de su vigor de crecimiento, antioxidantes y niveles hormonales en el vástago. El análisis hormonal indicó que había cantidades notablemente más bajas de ácido abscísico (ABA) en mandarina 'Shatangju' injertada con portainjerto 'Flying Dragon'. Además, los árboles injertados con 'Sour Pummelo' y 'Flying Dragon' mostraron cantidades mínimas de giberelinas (AG24). Este estudio permitió sugerir que el portainjerto 'Flying Dragon' con un fuerte efecto de enanismo puede ser útil para mejorar los métodos de cultivo de alta densidad.

Kawaguchi et al. (2022) sostienen que, en las plantas injertadas, los iones inorgánicos y las hormonas vegetales en el exudado del xilema transportados desde el portainjerto al vástago afectan directa o indirectamente al vástago, mejorando así las características. Es por ello que los autores evaluaron el contenido de iones inorgánicos y hormonas vegetales en el exudado del xilema del portainjerto al vástago en varias plantas injertadas de tomate y berenjena. Los resultados revelaron que las concentraciones de iones inorgánicos y hormonas vegetales en el exudado del xilema diferían significativamente según el tipo de portainjerto. Como resultado, las concentraciones de iones inorgánicos y hormonas vegetales en el exudado del xilema fueron significativamente diferentes en las plantas injertadas con berenjena en comparación con el tomate como vástago. Estos resultados sugieren que las señales

del vástago controlan los iones inorgánicos y las hormonas vegetales transportadas desde el patrón (raíz).

Con el fin de determinar la producción bienal, el efecto del portainjertos de manzano, el cultivar de vástago, así como los cambios metabólicos de las fitohormonas endógenas [zeatina, ácido jasmónico, ácido indol-3 acético (IAA), ácido abscísico (ABA) y giberelinas 1, 3 y 7 (GAs)] y azúcares solubles (glucosa, fructosa y sorbitol), Kviklys & Samuolienė (2020) analizaron su relación con la floración y el rendimiento de yemas de manzano en dos cultivares de manzana (Ligol y Auksis) sobre cinco portainjertos de diferentes niveles de vigor: semienano M.26; enano M.9, B.396 y P 67; y súper enano P 22. El gráfico de dispersión del análisis de componentes principales (PCA) de la respuesta metabólica de las fitohormonas y los azúcares indicó que el efecto del portainjerto semienano M.26 fue significativamente diferente al de los patrones enanos M.9 y P 67 y super enano P 22 en ambas variedades. En contraste con la acumulación de azúcares solubles, el aumento de la carga de cultivos resultó en una mayor acumulación de fitohormonas, excepto ABA. Los portainjertos enanos M.9, B.396 y P 67, así como el superenano P 22 produjeron una acumulación alterada de fitohormonas promotoras, mientras que el portainjerto semienano M.26, más vigoroso, indujo un mayor contenido de glucosa y fitohormonas inhibitoras, aumentando el contenido de IAA, ABA y GA. Los autores concluyeron que los azúcares solubles, especialmente la glucosa, y las rutas hormonales mostraron interconexión y actuaban en conjunto para controlar la inducción de flores, mientras que dependían tanto del portainjerto como de la carga del cultivo.

Else et al. (2018) estudiaron si la unión del injerto tenía algún efecto sobre la intensidad de las señales iónicas y hormonales entre un portainjerto enanizante (M.9) y un portainjerto semivigorizante (MM.106) injertados con vástagos de 'Queen Cox', además se comparó la capacidad de transporte de auxinas polares (PAT) de portainjertos con diferente potencial de enanismo para lo cual se utilizaron portainjertos de diferentes capacidades de enanismo mantenidos en micropropagación para estimar y comparar el transporte de auxinas acropétalas; la velocidad y la intensidad de PAT se determinaron usando auxina radiomarcada. La osmolalidad de la savia y las concentraciones de Ca^{++} se redujeron al pasar a través de la unión del injerto M.9 a velocidades de flujo muy bajas. A las tasas de flujo transpiratorio, las

concentraciones de Ca^{++} y Mg^{++} aumentaron y las de Na^+ y NO_3^- disminuyeron, al pasar a través de la unión del injerto. El contenido de ABA en raíces y brotes en M.9 fue significativamente más alto que en MM.106, lo que estuvo relacionado con la finalización más temprana del crecimiento de los brotes en árboles compuestos M.9.

Adams et al. (2018) señalaron que algunos portainjertos tienen uniones débiles que son susceptibles de romperse en vivero y en campo, la cual está relacionada con la cantidad de conexiones vasculares entre el portainjerto y el vástago y que puede causar mayor resistencia hidráulica. Por lo tanto, los autores determinaron la relación entre la tasa de transpiración y la resistencia hidráulica con la fuerza de la unión del injerto al comparar Geneva® 41 con la fuerte selección Malling 9 NIC™ 29 que forma injertos. El objetivo principal de este estudio fue comparar uniones de injertos fuertes y débiles entre portainjertos vigorosos midiendo la transpiración de todo el árbol, así como la resistencia hidráulica utilizando el método de cámara de presión. También se compararon los efectos del patrón y el método de injerto en las concentraciones de hormonas del xilema. No hubo correlación entre la fuerza de la unión del injerto y la tasa de transpiración de todo el árbol o la tasa de transpiración específica del área de la hoja. La resistencia hidráulica del portainjerto de formación más débil no fue significativamente diferente a la del portainjerto de unión de injerto fuerte y se correlacionó más estrechamente con el tamaño total del sistema radicular. Sin embargo, la resistencia hidráulica del vástago y la unión del injerto fueron pequeñas en relación con la resistencia del sistema radicular, lo que dificulta la detección de diferencias en la resistencia de la unión del injerto entre las combinaciones de vástago y portainjertos. Por el contrario, observamos diferencias en el perfil hormonal del exudado de xilema entre los genotipos de patrones y entre los tipos de injertos.

Tworowski & Fazio (2015) determinaron los perfiles hormonales en árboles injertados sobre portainjertos Malling para lo cual se injertaron yemas de 'Gala', 'Fuji', M.7, M.9, M.27 y MM.111 en portainjertos M.7, M.9, M.27 y MM.111 y luego se cultivaron en un invernadero y el campo. Después de 2 años, las alturas de los árboles injertados con portainjertos controladores de crecimiento disminuyeron en el orden $\text{M.9} > \text{M.7} > \text{MM.111}$ en invernadero, lo cual se invirtió en campo, debido probablemente a la amplia disponibilidad de recursos como agua y nutrientes minerales en el invernadero. El ácido abscísico (ABA) elevado y los metabolitos de

ABA se asociaron con los vástagos 'Gala', MM.111 y M.9 que se injertaron en portainjertos M.9. El ácido abscísico y el éster de glucosa del ácido abscísico fueron generalmente mayores en la raíz, el tallo del patrón por debajo de la unión del injerto, el vástago por encima del injerto y el exudado del xilema del patrón M.9 que en el MM.111. Se encontró giberelina reducida (GA19) en raíces y exudado de xilema de 'Gala' injertados en portainjertos M.9 que MM.111. Estos resultados respaldan la hipótesis de que las señales hormonales de los portainjertos controlan el crecimiento de los árboles, pero es probable que la etapa de desarrollo, el tiempo después de la siembra y los recursos ambientales también interactúen para influir en los efectos de crecimiento de los portainjertos que controlan el tamaño.

Aunque existe suficiente información sobre el efecto de las fitohormonas sobre el éxito de la injertación en frutales de importancia económica, hasta la fecha existen pocas investigaciones sobre el efecto del uso de bioestimulantes en las características agronómicas de plantas injertadas. Uno de los estudios más recientes fue hecho por Zenginbal et al. (2023) quienes evaluaron el efecto del tratamiento de árboles jóvenes de manzana 'Granny Smith' injertadas sobre tres portainjertos clonales con cepas bacterianas promotoras del crecimiento vegetal (PGPB) (*Burkholderia gladia* BA7, *Bacillus subtilis* OSU142 y *Bacillus megatorium* M3). Entre los resultados se observó que el peso de los árboles pasó de 8.6 y 36.0 g, hasta 66.6 y 110.7 g, lo que representó una tasa de incremento de 181,7 y 789,1 %. Así mismo el peso fresco y seco de la raíz y la relación de materia seca de la raíz obtuvieron respectivamente 34.9–61.6 g, 15.3–34.1 g y 44.8–57.8%, la longitud de los brotes al principio varió de 15.1 y 35.6 cm hasta 77.7 y 103.7 cm y el número de ramas laterales varió entre 1,0 y 7,5 unidades. De acuerdo con esto, los autores señalan que la aplicación de cepas bacterianas afectó significativamente todas las características evaluadas por lo que se recomendaría la aplicación bacteriana en el vivero de manzanas y otros cultivos frutales para un mejor desarrollo y producción orgánica de plantas de vivero.

1.3. Categorías fundamentales

1.3.1. El cultivo de manzana (*Malus domestica* L.)

El género *Malus* pertenece a la familia de las Rosaceae, que tradicionalmente se divide en cuatro subfamilias según el tipo de fruto; Rosoideae (que incluye los

géneros *Rosa*, *Fragaria*, *Potentilla* y *Rubus*; fruta tipo aquenio); Prunoideae (que incluye el género *Prunus*; fruta tipo drupa); Spiraeoideae (que incluye el género *Spirea*; fruta tipo folículo o cápsula) y Maloideae (que incluye los géneros *Malus*, *Pyrus* y *Cotoneaster*; fruta tipo pomo)(Organization for Economic Co-operation and Development, 2022).

Se presume que la manzana cultivada *Malus domestica* es el resultado de una hibridación interespecífica, sin embargo, la designación de *M. domestica* Borkh. ha sido generalmente aceptada como el nombre científico apropiado que reemplaza al nombre científico anterior *M. pumila* y a lo largo de la historia del cultivo, se han desarrollado más de 10000 cultivares, aunque la mayor parte de ha perdido y actualmente se cultivan comercialmente solo unos 100 cultivares, los más populares incluyen: 'Fuji', 'Delicious', 'Golden Delicious', 'Gala', 'Granny Smith', 'Idared', 'Jonagold', 'Braeburn', 'Cripps Pink', 'Jonathan', 'Elstar' y 'McIntosh' (Organization for Economic Co-operation and Development, 2022).

La manzana se caracteriza por ser un árbol pequeño a mediano cuyos frutos son comestibles carnosos y su sitio de origen probable se ubica en Asia Central (Gayaket al., 2020). Además, de acuerdo con la Organization for Economic Co-operation and Development (2022), esta especie se caracteriza desde el punto de vista botánico de la siguiente manera:

Es un árbol caducifolio, de tamaño entre 2 a 10 m de altura, dependiendo del portainjerto y del sistema de siembra y poda. Los brotes muestran un crecimiento lento y producen principalmente flores y frutos.

Hojas: son hojas simples de color verde oscuro, ovoides, dispuestas alternativamente, con borde aserrado, de 4 a 13 cm de largo x 3 a 7 cm de ancho, y, por lo general, son pubescentes en la cara abaxial.

Yemas: son de color marrón violáceo, ovoides y densamente pubescentes que pueden producir brotes/hojas (yemas vegetativas) o flores (yemas florales), siendo estos últimos de mayor tamaño y grosor que las yemas de crecimiento.

Flores: miden 3-4 cm de diámetro con 5 sépalos, 5 pétalos, que varían de blanco a rosa, y unos 20 estambres con anteras amarillas en tres verticilos (10+5+5), el gineceo presenta un estigma con cinco estilos unidos en la base, más largos que el androceo; el ovario es ínfero, ubicado debajo de los sépalos, pétalos y estambre; el pedúnculo y el cáliz suelen ser pubescentes y el cáliz es persistente en el fruto Las flores suelen ser terminales, en inflorescencias de tipo corimbos, racimos corimbosos, cimas y falsas cimas con 4 a 6 flores.

Fruto: es un pomo globoso, elipsoide o obovoide, de 5 cm de diámetro y pesan entre 200 y 350 gramos, de color que varía desde rojo, verde o amarillo, el núcleo central del fruto tiene un centro carnoso con una cápsula de cinco carpelos fusionados, cada carpelo contiene típicamente dos semillas lisas, brillantes y de color castaño.

1.3.2. El cultivo de la nuez (*Juglans regia* L.)

El árbol se llama comúnmente nogal persa, nogal blanco, nogal inglés o nogal común. Esta especie perteneciente a la familia Juglandaceae, es originaria del viejo mundo, con su sitio de origen que se extiende desde los Balcanes hasta la cadena del Himalaya occidental y se cultiva en Europa desde el año 1000 a.C. pero en la actualidad, esta planta se cultiva comercialmente en el sur de Europa, el norte de África, el este Asia, EE. UU. y el oeste de América del Sur (Taha & Al-wadaan, 2011).

1.3.3. El injerto y su uso en la agricultura

El injerto es una antigua práctica hortícola que data de 1560 a. C. en China y que es usada para la propagación asexual de plantas que consiste en la unión de un patrón o porta injerto de una planta al injerto de otra planta (Tsutsui & Notaguchi, 2017), sin embargo, solo en décadas recientes es cuando se está comprendiendo los mecanismos que subyacen a este proceso (Habibi et al., 2022).

La técnica del injerto es un método usado debido a que, por un lado, permite la propagación vegetativa a gran escala de árboles frutales comerciales que son difíciles de propagar por otros métodos, como esquejes o acodos aéreos y, además, para superar la susceptibilidad de algunos cultivares a nematodos o enfermedades, con lo que se mejora el vigor de la parte aérea (Nawaz et al., 2016; Preece, 2003). Hoy en día, el

injerto se emplea para la propagación comercial de muchos árboles frutales, incluidos manzanos, cítricos, uvas, mangos, albaricoques, melocotones, peras, ciruelas, cerezas y nueces, especies cuyas variedades son altamente heterocigóticas y no enraízan fácilmente a partir de esquejes (Habibi et al., 2022).

El injerto también se emplea para aprovechar las ventajas de la propagación vegetativa clonal, puesto que los materiales injertados supera la condición juvenil de la planta, mientras que los portainjertos pueden modificar la arquitectura de la parte aérea, así como mejorar su adaptabilidad a condiciones ambientales desfavorables y la resistencia a insectos plaga, enfermedades bacterianas y fúngicas y, por último, aumentar la productividad (Belmonte-Urenã et al., 2020; Melnyk, 2017). Por ejemplo, los portainjertos clonales de manzana pueden controlar el crecimiento y el vigor de la parte aérea y mejorar el tamaño de la copa, lo cual facilita la cosecha, y también permite establecer sistemas de cultivo de alta densidad para conferir tolerancia a estreses bióticos como el pulgón lanígero de la manzana (Chauhan et al., 2020). Otros ejemplos exitosos refieren el uso de injertos en cultivares de *Vitis vinifera* en el control de filoxera, un insecto que se alimenta de las raíces de la vid, mientras que el injerto de la nuez puede disminuir el tiempo juvenil y produce árboles enanos y, por último, el injerto se puede utilizar para estudiar la infección por virus y aspectos de la fisiología de la floración (Assunção et al., 2019; Gonçalves et al., 2006; Habibi et al., 2022).

Finalmente, cuando se realiza un injerto, muchos procesos fisiológicos y bioquímicos sufren cambios significativos mediados por señalización hormonal, la expresión génica, la renovación de proteínas, los metabolitos, el silenciamiento del ARN, regulados por las relaciones hídricas y la absorción y el transporte de iones en los árboles injertados, lo cual en conjunto afectan las características hortícolas (Harada, 2010; Nawaz et al., 2016).

El éxito del injerto depende en gran medida del portainjerto y del vástago para la formación de la unión del injerto, lo cual es regulado por mecanismos moleculares, bioquímicos y fisiológicos que establecen la unión del injerto y son responsables de la cicatrización del tejido después de la herida (Fig. 1).

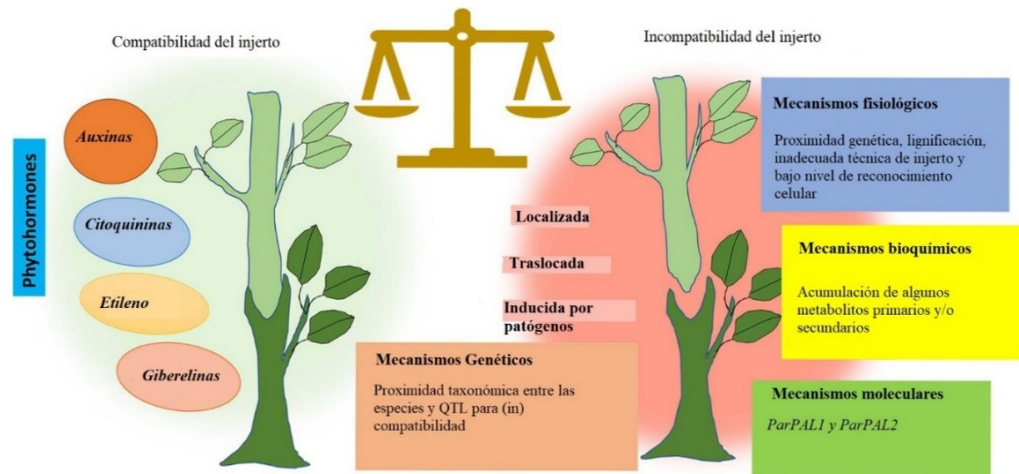


Figura 1. Los mecanismos generales del injerto

Fuente: Habibi et al. (2022)

Los principales procesos durante la formación de la unión de un injerto compatible son la adhesión del portainjerto y el vástago, la proliferación de las células del callo y la diferenciación vascular a través de la interfaz del injerto (Hartmann & Kester, 2014), por lo tanto, la interconexión vascular entre el vástago y el patrón es esencial (Pina & Errea, 2005). Por otro lado, el punto de inicio de la formación de la unión en el injerto es la proliferación celular, luego la formación de una masa de callos indiferenciados pluripotentes y la diferenciación vascular para conectar el floema y el xilema a través de la unión del injerto (Zhai et al., 2021), así el xilema y floema recién formados restablecen la conexión vascular como una etapa esencial para el crecimiento de nuevos brotes a partir de yemas en el vástago.

Algunos factores pueden influir en el éxito de la unión del injerto, incluida la incompatibilidad (por ejemplo, de virus, fitoplasma, otros factores metabólicos), la polaridad, la estructura física del injerto, las condiciones ambientales, los reguladores del crecimiento de las plantas, la contaminación por virus y hongos (Hartmann & Kester, 2014).

1.3.4. El papel de las fitohormonas en el injerto

Las hormonas vegetales tienen un papel principal durante el establecimiento de la unión exitosa de injerto, puesto que intervienen inicialmente en la producción de pectina para iniciar la adhesión entre los tejidos, la formación de células callosas desdiferenciadas, el desarrollo de uniones celulares (plasmodesmos), el inicio de la división celular en el cámbium, la corteza y las células de la médula próximas al floema y al xilema (Nanda & Melnyk, 2018). Así, las hormonas vegetales, como la auxina, el etileno (ET), la citoquinina (CK), la giberelina (GA), el ácido abscísico (ABA) y el ácido jasmónico (JA) cumplen funciones en la regulación de varios procesos fisiológicos cruciales que ocurren en el sitio de unión del injerto (Sharma & Zheng, 2019).

La auxina es una fitohormona importante para la formación de uniones compatibles en un injerto, puesto que la formación de tejido calloso depende de la división celular proximal a los tejidos vasculares, que es vital para la proliferación de células en el punto de unión del injerto (Zhai et al., 2021). Durante este proceso de desarrollo, la auxina se transloca entre los haces vasculares del portainjerto y el vástago e induce la diferenciación de los tejidos vasculares (Nanda & Melnyk, 2018), demostrándose que bajas concentraciones de auxina transforman el callo en floema en varias especies de plantas, mientras que una alta concentración induce la formación de floema y xilema (Aloni, 2021).

Las auxinas se transportan a la herida a través de transportadores y desencadena la regeneración del tejido vascular, promoviendo así la expresión de factores de transcripción específicos que influyen en la proliferación de células de la médula y además estas hormonas son requeridas como vía de señalización de auxinas para la reconexión con el floema en el patrón durante la formación de la unión del injerto (Bishopp et al., 2011; Sharma & Zheng, 2019).

El etileno también está involucrado en la respuesta a la herida y promueve la elongación celular, la formación de callos y la proliferación celular, además, regula la expresión de genes importantes para la cicatrización de heridas (Nanda & Melnyk, 2018; Zhai et al., 2021).

Las citoquininas (CK) pueden inducir la proliferación de callos en la unión del injerto durante el proceso de cicatrización de heridas (Sharma & Zheng, 2019). Un análisis de las células en la unión del injerto detectó niveles más altos de ribósido de zeatina que coincidieron con el establecimiento de la unión del injerto en la nuez pecana (Mo et al., 2018). Por otro lado, esta fitohormona puede estimular el proceso de regeneración de los vasos durante la cicatrización de las heridas del tallo y los tubos cribosos y, junto con las auxinas, promueve la diferenciación vascular y aumenta la relación floema/xilema (Sharma & Zheng, 2019). Además, las CK pueden promover el crecimiento de células vasculares, el desarrollo de haces vasculares y la división del tejido cambium (Nieminen et al., 2008). Se informa que la aplicación de CK exógena, incluida la benciladenina (BA) o la kinetina (Ki), aumentó significativamente la formación de callos y mejoró la formación de la unión del injerto en la vid (Kose & Gülerüüz, 2006).

Se ha demostrado que las giberelinas (GA) cumplen funciones en el crecimiento vascular de las plantas, la actividad del cambium, la expansión del xilema y la diferenciación de las fibras del xilema, así como en el crecimiento secundario de las plantas (Sharma & Zheng, 2019). Además, estas hormonas pueden afectar la expresión génica para facilitar el desarrollo del tejido del xilema y el crecimiento del tallo debido a su capacidad de moverse a través de la unión del injerto y regula la formación de xilema, la formación de haces vasculares, así como el control de la actividad del cambium, la diferenciación de las fibras del xilema y la reunión de la corteza en la unión de la parte aérea y el patrón (Dayan et al., 2010; Eriksson et al., 2000).

Finalmente, el ácido abscísico (ABA) interviene en la inducción de la diferenciación del xilema (Nanda & Melnyk, 2018), y se cree que la reducción de la síntesis de esta hormona debido a que ABA puede ser la base del establecimiento de la unión del injerto debido al efecto inhibitorio del ABA en la cicatrización de heridas (Ikeuchi et al., 2017). Según sus funciones conocidas, es probable que el ácido jasmónico (JA) tenga una función en la promoción del cambium y la formación vascular durante la formación del injerto, sin embargo, hasta la fecha esto no está completamente demostrado (Nanda & Melnyk, 2018).

1.3.5. Papel de las algas como bioestimulantes

Las microalgas son un amplio grupo de organismos fotosintéticos componentes del fitoplancton que incluyen cianobacterias y otros organismos eucariotas (algas verdes, euglenoides, diatomeas y otros), que pueden crecer en sistemas marinos o de agua dulce desempeñando un papel clave como productores tróficos primarios (Camacho et al., 2019). En la agricultura, las microalgas son utilizadas por sus altos contenidos de nutrientes, los cuales contribuyen con el incremento de la producción y el desarrollo de los cultivos, pero también son usados como agentes de biocontrol, como biofertilizantes y acondicionadores del suelo (Alvarez et al., 2021) (Figura. 2).

Los extractos de microalgas están siendo utilizados cada vez más en la agricultura debido a la acción bioestimulante de sus compuestos bioactivos, los cuales pueden ser extraídos a través de procesos mecánicos o físicos (autoclave, sonicación, microondas), químicos (choque osmótico, uso de ácidos específicos, hidróxido de sodio) y enzimáticos (celulasa, proteasa), sin embargo, los dos primeros causan ruptura de la pared celular, lo que resulta en la pérdida de compuestos bioactivos, mientras que los medios enzimáticos están ganando popularidad, aun cuando tienen un costo elevado (González-Pérez et al., 2022).

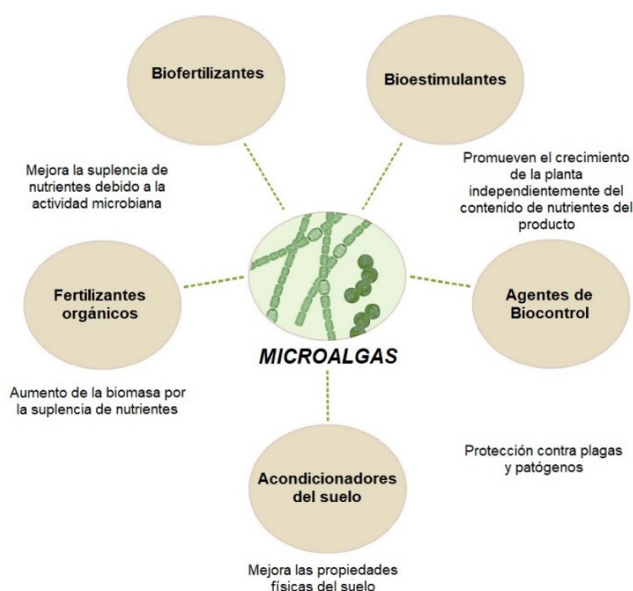


Figura 2. Efectos beneficiosos en la agricultura obtenidos por el uso de microalgas en el suelo y las plantas

Fuente: Alvarez et al. (2021)

1.4. Objetivos

Objetivo general:

Evaluar el efecto de la aplicación de Agrostemin sobre *Juglans regia* y *Malus domestica*

Objetivos específicos:

- Determinar el prendimiento de injertos en manzana y nuez tratados con tres dosis de Agrostemin.
- Establecer el efecto de tres dosis de Agrostemin sobre el porcentaje de encallamiento en injertos de manzana y nuez.
- Determinar los tiempos de brotación lateral aplicando tres dosis de Agrostemin en injertos en manzana y nuez.

CAPÍTULO II

METODOLOGÍA

2.1. Ubicación del estudio

La presente investigación se llevó a cabo en el sector Quinlata del cantón Patate, provincia de Tungurahua, con una latitud de a 1°18'13" Sur y longitud 78° 29'58" Oeste, con altitud de 2250 m.s.n.m. (Datos tomados con GPS, Sistema de Posicionamiento Global).

2.2. Características del lugar

En la zona, el tipo de suelo predominante son los Inceptisoles y Mollisoles, con un relieve irregular, predominando las formas escarpadas y montañosas (con pendientes superiores al 50%) (MAGAP, 2014).

2.3. Características climáticas

El clima de Patate se caracteriza como clima Ecuatorial de Alta Montaña en las partes más altas y un clima Ecuatorial Mesotérmico Semi Húmedo alrededor de la cabecera cantonal. Las temperaturas medias anuales oscilan entre los 6 y 14°C, con precipitaciones medias anuales de 500 mm en el oeste y 4.000 mm en el norte (MAGAP, 2014).

2.4. Materiales y equipos

- ✓ Bomba de mochila
- ✓ Sustrato de siembra
- ✓ Fundas plásticas
- ✓ Pala
- ✓ Regadera
- ✓ Calibrador vernier
- ✓ Cinta métrica
- ✓ Producto comercial bioestimulante Agrostemin

2.5. Factores de estudio

a) Producto Bioestimulante

F1: Producto bioestimulante Agrostemin, que es un extracto natural de algas marinas (*Ascophyllum nodosum*), compuesto por: macro y micronutrientes (biológicamente complejados por aminoácidos), precursores hormonales de auxinas, giberelinas citoquininas, poliaminas, ácidos jasmónicos, salicilatos, que actúan como regulador hormonal (Edifarm, 2023).

b) Cultivo:

Manzana

Nuez

c) Dosis de los productos

D1= 1.0 g/L de Agrostemin

D2= 1.6 g/L de Agrostemin

D3= 2.0 g/L de Agrostemin

D4= 2.5 g/l de Agrostemin

D0= Sin aplicación

2.6. Tratamientos

| Tratamientos | Nº de repeticiones | Cultivo | Simbología | Descripción |
|--------------|--------------------|---------|------------|-----------------------------------|
| 1 | 10 | Manzana | C1D1 | Agrostemin a una dosis de 1.0 g/L |
| 2 | 10 | Manzana | C1D2 | Agrostemin a una dosis de 1.6 g/L |
| 3 | 10 | Manzana | C1D3 | Agrostemin a una dosis de 2.0 |

| | | | | |
|----|----|---------|------|--------------------------------------|
| | | | | g/L |
| 4 | 10 | Manzana | C1D4 | Agrostemin a una dosis de 2.5 g/l |
| 5 | 10 | Manzana | C1D0 | Sin aplicación |
| 6 | 10 | Nuez | C2D1 | Agrostemin a una dosis de 1.0 g/L |
| 7 | 10 | Nuez | C2D2 | Agrostemin a una dosis de 1.6 g/L |
| 8 | 10 | Nuez | C2D3 | Agrostemin a una dosis de 2.0 g/L |
| 9 | 10 | Nuez | C2D4 | Agrostemin a una dosis de 2.5 g/l |
| 10 | 10 | Nuez | C2D0 | Sin aplicación |

2.7. Diseño experimental

El ensayo fue conducido como un diseño completamente al azar. Las variables en estudio fueron sometidas a análisis de variancia (ADEVA) para determinar diferencias entre los tratamientos y, aquellas variables que mostraron diferencias significativas fueron comparadas mediante prueba de medias según Tukey al 5%.

2.8. Manejo del experimento

2.8.1. Preparación del sustrato

El sustrato usado para la propagación de los injertos de manzana y nuez estuvo compuesto de tierra negra (80%), pomina (15%) y materia orgánica (5%). La mezcla fue vertida en fundas de 30.5 x 35.5 cm

2.8.2. Fertilización de fondo

La fertilización de fondo fue hecha con fertilizante 18-46-0 y yaramilla Complex (el fósforo forma polifosfatos de amonio (2/3) y de potasio (1/3) en un 25% del total de fósforo producido, haciéndolo de rápida asimilación.

2.8.3. Riego

El riego fue hecho con manguera de 1" con la ayuda de una ducha de riego.

2.9. Hipótesis

- H₁: La aplicación de un bioestimulante favorece el porcentaje de prendimiento de los injertos, porcentaje de encallamiento y el tiempo de aparición de brotes laterales en injertos en manzana y nuez.

2.10. Variables respuesta

2.10.1. Porcentaje de prendimiento

Se determinó el número de injertos exitosos por tratamiento para lo cual se tomó en cuenta la formación de callo en el punto de injerto y vigor de la parte aérea.

2.10.2. Porcentaje de encallamiento en el patrón

Se contabilizó el número de patrones que prendimiento y encallamiento y se expresó en porcentaje.

2.10.3. Tiempo de aparición de brotes laterales

Se contabilizó el número de días requerido para la aparición del primer brote lateral en la parte aérea.

2.10.4. Longitud de brotes laterales

Se tomaron medidas de la longitud de los brotes laterales en la parte aérea evaluados a 20 y 40 días después del injerto.

2.10.5. Grosor del brote:

Medido a 1 cm a partir de la yema

2.10.6. Número de brotes

Se contabilizó el número de brotes en el injerto de 3 yemas.

2.10.7. Número de hojas por rama lateral

Se contabilizó el número de hojas desarrolladas en cada rama lateral en la parte aérea.

2.11. Procesamiento de la información

Los datos sobre porcentaje de prendimiento, porcentaje de encallamiento en el patrón, tiempo de aparición de brotes laterales, longitud de brotes laterales, grosor y número de brote y número de hojas por rama lateral fueron sometidos a análisis de varianza y aquellas variables que mostraron diferencias significativas fueron comparadas mediante prueba de medias según Tukey ($p < 0.05$) usando el programa estadístico Statistix versión 10 para Windows.

CAPÍTULO III

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1.Efecto de la dosis de Agrostemin sobre el prendimiento de injertos en manzana y nuez

No se observó efecto de la dosis de Agrostemin sobre el porcentaje de prendimiento de injertos tanto de manzana como de nuez en la primera y segunda evaluación (Tabla 1). En general, durante la primera evaluación, el porcentaje de prendimiento varió desde 80% en injertos de nuez no tratadas hasta 100% cuando fueron tratadas con Agrostemin a la dosis de 1.6 g/L, seguido de un 90% con dosis de 2.0 y 2.5 g/L. De la misma manera, en injertos de manzana, el porcentaje de prendimiento varió desde 80% a la dosis mayor (2.5 g/L) y fue aumentando hasta alcanzar un 100% a medida que disminuyó la concentración del producto. Estos valores se mantuvieron durante la segunda evaluación, lo que indica que el prendimiento total se alcanzó en la primera evaluación

Tabla 1. Efecto de la concentración de Agrostemin sobre el porcentaje de prendimiento de injertos de manzana y nuez

| Cultivo | Dosis | Primera evaluación | Segunda evaluación |
|-----------------|---------|-----------------------|-----------------------|
| Nuez | 1.0 g/L | 90.0 ±10.00 a | 90.0 ±10.00 a |
| | 1.6 g/L | 100.0 ±0.00 a | 100.0 ±0.00 a |
| | 2.0 g/L | 90.0 ±10.00 a | 90.0 ±10.00 a |
| | 2.5 g/l | 90.0 ±10.00 a | 90.0 ±10.00 a |
| | Testigo | 80.0 ± 13.33 a | 80.0 ± 13.33 a |
| Promedio | | 90.00 ± 4.28 a | 90.00 ± 4.28 a |
| Manzana | 1.0 g/L | 100.0 ± 0.00 a | 100.0 ± 0.00 a |
| | 1.6 g/L | 100.0 ± 0.00 a | 100.0 ± 0.00 a |
| | 2.0 g/L | 90.0 ± 10.00 a | 90.0 ± 10.00 a |
| | 2.5 g/l | 80.0 ± 13.33 a | 80.0 ± 13.33 a |
| | Testigo | 100.0 ± 0.00 a | 100.0 ± 0.00 a |
| Promedio | | 92.00 ± 2.73 a | 92.00 ± 2.73 a |

Valores promedios en una columna seguidos de la misma letra no mostraron diferencias de acuerdo con la prueba de Tukey ($p < 0.05$).

La investigación disponible sugiere que las moléculas presentes en los bioestimulantes pueden promover el crecimiento, el desarrollo de las plántulas y las plantas, pero además estos compuestos pueden interactuar, lo que resulta difícil de predecir sus efectos y, además, estos no pueden trasladarse a otros cultivos debido a que el efecto de un bioestimulante es específico para cada agroecosistema, por lo cual se requieren estudios específicos y controlados (Attia et al., 2023).

También se han observado resultados significativos con el uso de bioestimulantes en la producción de material de siembra en la multiplicación de esquejes de especies de difícil propagación, tal como *Abies gracilis* (Pinaceae) que debe cultivarse ex situ para asegurar su supervivencia y en la cual el uso de estos productos mostró resultados alentadores en comparación con el uso de inductores de enraizamiento ya conocidos (Trofimuk et al., 2020).

Además, el enraizamiento de los portainjertos se considera un punto crítico en la producción de material de plantación de alta calidad, para lo cual se deben usar hormonas vegetales, como las auxinas, para el desarrollo de raíces adventicias, lo cual puede ser provisto a través del uso de bioestimulantes, los cuales influyen en el desarrollo del sistema radicular, lo que a su vez asegura un buen crecimiento de la parte aérea de la planta. En este sentido, Brighenti et al. (2023) al evaluar el efecto del uso de bioestimulante a base de extracto de algas más ácido indolbutírico (IBA) demostraron su eficacia sobre el enraizamiento y desarrollo de esquejes leñosos de diferentes portainjertos de vid.

3.2. Efecto de la dosis de Agrostemin sobre el porcentaje de enraizamiento en injertos de manzana y nuez

El porcentaje de enraizamiento fue afectado por el tipo de cultivo, pero no por las dosis del producto, siendo mayor en injertos de nuez (Tabla 2). Durante la primera evaluación, los mayores porcentajes de enraizamiento fueron observados en injertos de nuez tratados con 1.0 y 1.6 g/L de Agrostemin con los que se alcanzó 11.5 y 11.6 %, respectivamente, el cual fue similar al tratamiento testigo. A medida que se aumentó la dosis del producto, el enraizamiento fue disminuyendo. Con relación a los injertos de manzana, no se observaron diferencias por efecto de las dosis con valores que variaron desde 6.3% en el tratamiento testigo hasta 8.8% a la dosis 1.6 g/L.

Tabla 2. Efecto de la concentración de Agrostemin sobre el porcentaje de encallamiento de injertos de manzana y nuez

| Cultivo | Dosis | Primera evaluación | Segunda evaluación |
|-----------------|---------|----------------------|--------------------|
| Nuez | 1.0 g/L | 7.7 ± 0.88 ab | 47,6±5,37 ab |
| | 1.6 g/L | 8.8 ± 0.16 ab | 54,7±0,62 ab |
| | 2.0 g/L | 8.2 ± 0.93 ab | 54,0±6,06 ab |
| | 2.5 g/l | 8.1 ± 0.95 ab | 49,1±5,50 ab |
| | Testigo | 6.3 ± 1.07 b | 39,1±6,55 b |
| Promedio | | 7.8 ± 0.39 b | 48,9±2,40 b |
| Manzana | 1.0 g/L | 11.5 ± 0.43 a | 62,5±0,93 a |
| | 1.6 g/L | 11.6 ± 0.26 a | 60,5±1,01 ab |
| | 2.0 g/L | 9.8 ± 1.11 ab | 59,3±6,64 ab |
| | 2.5 g/l | 8.7 ± 1.51 ab | 46,9±7,84 ab |
| | Testigo | 10.8 ± 0.26 a | 55,3±0,95 ab |
| Promedio | | 10.5 ± 0.41 a | 56,9±1,65 a |

Valores promedios en una columna seguidos de la misma letra no mostraron diferencias de acuerdo con la prueba de Tukey ($p < 0.05$).

De manera similar, en la segunda evaluación nuevamente el mayor porcentaje de encallamiento ocurrió en injertos de manzana, con un promedio 56.9% frente a un 48.9% en injertos de nuez. Cuando se analizó el efecto de la dosis, el mayor valor de encallamiento fue observado en injertos de manzana tratados con la menor dosis (1.0 g/L) pero el resto de los tratamientos no mostraron diferencias significativas con la menor dosis, incluyendo el tratamiento testigo. Con relación a los injertos de nuez, todas las dosis mostraron ser estadísticamente iguales con valores entre 47.6 y 54.7%, los cuales fueron superiores al testigo (39.1%).

Con respecto al efecto de los extractos de algas en los protocolos de propagación vegetativa, los estudios han demostrado que este tipo de productos promueven el desarrollo de material de siembra de calidad en rosa y pitahaya (Freitas et al., 2021; Parađiković et al., 2019). Dado que la formación de raíces después del trasplante de plantas jóvenes es una condición previa para el crecimiento y desarrollo exitoso de las plantas, la estimulación de la rizogénesis mediante el tratamiento

hormonal se aplica comúnmente en los viveros, durante la producción de esquejes de muchas especies de plantas hortícolas (Parađiković et al., 2019)

3.3.Efecto de la dosis de Agrostemin sobre la brotación lateral en injertos en manzana y nuez

El número de brotes no fue afectado por la aplicación de las diferentes dosis de Agrostemin en injertos de nuez y manzana (Tabla 3). En injertos de nuez, el número promedio de brotes varió desde 1.0 brote en el tratamiento testigo hasta 1.4 brotes en el injerto tratado con 1.6 g/L del producto. En cuanto a los injertos de manzana, el número de brotes fue ligeramente mayor, variando desde un promedio de 1.3 brotes en injertos tratados con las dosis mayores (2.0 y 2.5 g/L) hasta 1.6 brotes cuando fue tratada con 1.6 g/L de Agrostemin. Así mismo, durante la segunda evaluación no se observaron diferencias por efecto de las dosis ni del cultivo, obteniéndose entre 1.4 y 2.0 brotes laterales en el testigo y con la dosis de 1.6 g/L y Agrostemin en injertos de nuez, mientras que en manzana el número de brotes varió de 1.6 a 2.6 g/L del producto. Aunque en manzana se observó un número mayor de brotes, esto podría deberse a diferencias genéticas entre ambos cultivos.

Así mismo, el tiempo de aparición de los brotes laterales tampoco fue afectado por la aplicación de Agrostemin, con una variación entre 16 y 20 días en ambos cultivos durante la primera evaluación, mientras que, en la segunda evaluación, el tiempo varió desde 32 a 40 días, sin diferencias significativas entre ellos.

Con relación a la longitud de los brotes laterales, durante la primera evaluación se evidenció el efecto de la aplicación de Agrostemin, siendo significativamente mayor en los injertos de manzana tratados con 1.6 y 2.5 g/L de Agrostemin, seguido de los brotes de injertos tratados con 1.0 g/L del producto, los cuales fueron superiores al control y al tratamiento que recibió 2.0 g/L. En cuanto a los brotes de nuez, el mayor valor fue observado en injertos tratados con 1.6 g/L, mientras que el resto de los tratamientos no mostraron diferencias significativas entre ellos. Durante la segunda

Tabla 3. Efecto de la concentración de Agrostemin sobre la brotación lateral en injertos de manzana y nuez

| Cultivo | Dosis | Primera evaluación | | | Segunda evaluación | | |
|-----------------|---------|----------------------------|---------------------------------------|----------------------------|---------------------------|---------------------------------------|----------------------------|
| | | Número de brotes laterales | Tiempo de aparición del brote lateral | Longitud del brote lateral | Número de brotes laterals | Tiempo de aparición del brote lateral | Longitud del brote lateral |
| Nuez | 1.0 g/L | 1.1 ± 0.179 a | 18.0 ± 2.00 a | 0.037 ± 0.0047 d | 1.6±0.306 a | 36.0±4.00 a | 0.0520±0.006 a |
| | 1.6 g/L | 1.4 ± 0.221 a | 20.0 ± 0.00 a | 0.045 ± 0.0016 c | 2.0±0.258 a | 40.0±0.00 a | 0.061±0.001 a |
| | 2.0 g/L | 1.1 ± 0.179 a | 18.0 ± 2.00 a | 0.039 ± 0.005 d | 1.9±0.315 a | 36.0±4.00 a | 0.056±0.02 a |
| | 2.5 g/l | 1.1 ± 0.179 a | 18.0 ± 2.00 a | 0.036 ± 0.004 d | 1.8±0.327 a | 36.0±4.00 a | 0.056±0.006 a |
| | Testigo | 1.0 ± 0.211 a | 16.0 ± 2.67 a | 0.030 ± 0.005 d | 1.4±0.306 a | 32.0±5.33 a | 0.048±0.008 a |
| Promedio | | 1.14 ±0.085 | 18.00±0.85 | 0.0374±0.001b | 1.7±0.13 | 36.0±1.71a | 0.054±0.013 |
| Manzana | 1.0 g/L | 1.4 ± 0.163 a | 20.0 ± 0.00 a | 0.071 ± 0.032 b | 1.8±0.249 a | 40.0±0.00 a | 0.063±0.002 a |
| | 1.6 g/L | 1.6 ± 0.267 a | 20.0 ± 0.00 a | 0.121 ± 0.051 a | 2.1±0.315 a | 40.0±0.00 a | 0.067±0.001 a |
| | 2.0 g/L | 1.3 ± 0.260 a | 18.0 ± 2.00 a | 0.046 ± 0.005 c | 1.6±0.3055 a | 36.0±4.00 a | 0.064±0.007 a |
| | 2.5 g/l | 1.3 ± 0.260 a | 16.0 ± 2.67 a | 0.139 ± 0.068 a | 2.1±0.277 a | 32.0±5.33 a | 0.058±0.009 a |
| | Testigo | 1.4 ± 0.221 a | 20.0 ± 0.00 a | 0.051 ± 0.001 c | 2.6±0.163 a | 40.0±0.00 a | 0.064±0.003 a |
| Promedio | | 1.4 ±0.067 | 18.00±0.67 | 0.0855±0.010a | 2.0±0.12 | 37.6±1.36a | 0.063±0.002 |

Valores promedios en una columna seguidos de la misma letra no mostraron diferencias de acuerdo con la prueba de Tukey ($p < 0.05$).

evaluación, no se detectaron diferencias entre la longitud de los brotes, lo que sugiere que el efecto del Agrostemin se manifiesta en los estados iniciales de elongación celular en el brote. (Figura. 3)

Con relación al efecto en injertos de manzana todos los valores fueron mayores a lo observado en injertos de nuez. Al ser comparadas las dosis en injertos de nuez, la longitud fue mayor con las dosis de 1.6 g/L, mientras que con el resto de las dosis y el testigo los valores fueron 17.8; 13.3; 20 y 33.3% menor

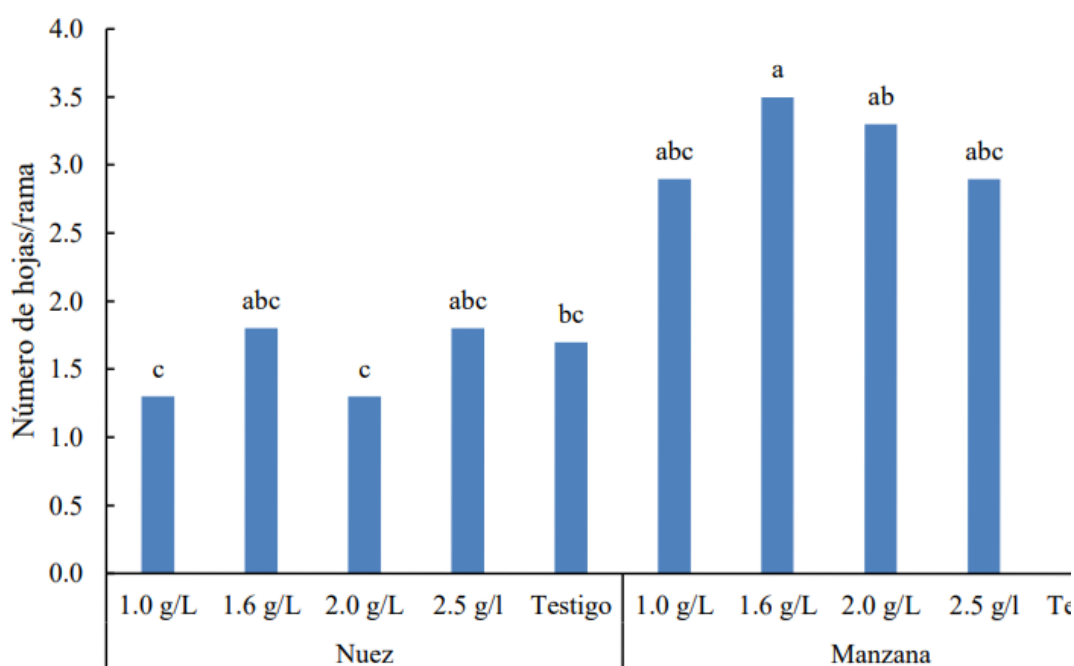


Figura 3. Variación en el número de hojas por rama lateral en injertos de nuez y manzana tratados con diferentes dosis de Agrostemin

Adicionalmente, Ribeiro et al. (2017) demostraron que el uso de bioestimulante a base de extracto de algas promovió un aumento significativo en la longitud de brotes, densidad de raíces, área de raíces, longitud de raíces, materia seca de raíces y materia seca de brotes del cv. ‘Crimson Seedless’.

Las investigaciones han demostrado que la aplicación de productos bioestimulantes puede potenciar el mecanismo de defensa de las plantas y mejorar sus características de desarrollo aun cuando esté sometida a algún tipo de estrés biótico o

abiótico. Así el uso de un bioestimulante a base del alga *Ascophyllum nodosum* mejoró el contenido de agua fue mejorado en plantas de sandía, incluso cuando esta estuvo sometida a condiciones de alta salinidad, lo que demuestra el efecto beneficioso de estos productos en la fisiología de las plantas (Bantis & Koukounaras, 2023). Así mismo, el uso de un producto a base de calcio (Maxifos Ca) más la aplicación de bioestimulantes (*A. nodosum* y *Arthrospira platensis*) demostraron ser eficientes en la inducción de la resistencia de plantas de pimiento contra el marchitamiento por *Fusarium* (Attia et al., 2023).

Finalmente, aunque se ha demostrado que los bioestimulantes pueden mejorar el vigor de las semillas tanto botánicas como agronómicas y la productividad de las plantas, el logro de los mejores resultados requerirá del conocimiento a fondo sobre el producto, incluyendo su composición química, dosis, momento óptimo de aplicación, pero también sobre los procesos bioquímicos que ocurren en las plantas después del tratamiento con bioestimulantes (Patel et al., 2023).

CAPÍTULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. CONCLUSIONES

No se detectó efecto estadístico significativo del uso de Agrostemin sobre el porcentaje de prendimiento de injertos de nuez y manzana, sin embargo, en injertos de nuez, se obtuvo un máximo de prendimiento con la dosis de 1.6 g/L comparado con el tratamiento testigo.

La aplicación de Agrostemin mostró tener efecto sobre el porcentaje de encallamiento en ambos cultivos, aunque fue mayor en injertos de manzana cuando fueron tratados con la menor dosis (1.0 g/L), mientras que, en los injertos de nuez, aunque no se observó efecto de las diferentes dosis, todas fueron superiores al testigo, demostrándose un efecto positivo.

El tiempo de aparición y número de brotes laterales no fueron afectados por el uso del bioestimulante Agrostemin, pero si la longitud de los brotes principalmente durante las etapas iniciales de formación del brote. También, el número de hojas por rama fue afectado por el uso de Agrostemin, siendo mayor en el injerto de manzana tratado con 1.6 g/L y en el testigo, mientras que en injertos de nuez los mejores resultados fueron alcanzados con la aplicación de 1.6 y 2.5 g/L

4.2. RECOMENDACIONES

Con base en los resultados, se sugiere el uso de Agrostemin en dosis de 1.6 g/L puesto que se obtuvieron los mejores resultados en cuanto al porcentaje de encallamiento y longitud de brotes y número de hojas por rama.

Se sugiere repetir esta investigación bajo condiciones controladas de invernadero y laboratorio con el fin de evaluar el efecto de las condiciones ambientales sobre los resultados.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Adams, S., Lordan, J., Fazio, G., Bugbee, B., Francescato, P., Robinson, T. L., & Black, B. (2018). Effect of scion and graft type on transpiration, hydraulic resistance and xylem hormone profile of apples grafted on Geneva®41 and M.9-NIC™29 rootstocks. *Scientia Horticulturae*, 227, 213–222. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2017.09.052>
- Aloni, R. (2021). Vascular Differentiation and Plant Hormones. In *Vascular Differentiation and Plant Hormones*. Springer Nature Switzerland AG. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-53202-4>
- Alvarez, A. L., Weyers, S. L., Goemann, H. M., Peyton, B. M., & Gardner, R. D. (2021). Microalgae, soil and plants: A critical review of microalgae as renewable resources for agriculture. *Algal Research*, 54, 102200. <https://doi.org/10.1016/j.algal.2021.102200>
- Assunção, M., Pinheiro, J., Cruz, S., Brazão, J., Queiroz, J., Eiras Dias, J. E., & Canas, S. (2019). Gallic acid, sinapic acid and catechin as potential chemical markers of Vitis graft success. *Scientia Horticulturae*, 246(August 2018), 129–135. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2018.10.056>
- Belmonte-Urenã, L. J., Garrido-Cardenas, J. A., & Camacho-Ferre, F. (2020). Analysis of world research on grafting in horticultural plants. *HortScience*, 55(1), 112–120. <https://doi.org/10.21273/HORTSCI14533-19>
- Bishopp, A., Help, H., El-Showk, S., Weijers, D., Scheres, B., Friml, J., Benková, E., Mähönen, A. P., & Helariutta, Y. (2011). A mutually inhibitory interaction between auxin and cytokinin specifies vascular pattern in roots. *Current Biology*,

21, 917–926. <https://doi.org/10.1016/j.cub.2011.04.017>

Camacho, F., Macedo, A., & Malcata, F. (2019). Potential industrial applications and commercialization of microalgae in the functional food and feed industries: A short review. *Marine Drugs*, *17*(6), 1–25. <https://doi.org/10.3390/md17060312>

Chauhan, A., Ladon, T., & Verma, P. (2020). Strategies for rootstock and varietal improvement in apple: A review. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, *9*(5), 2513–2516.

Dayan, J., Schwarzkopf, M., Avni, A., & Aloni, R. (2010). Enhancing plant growth and fiber production by silencing GA 2-oxidase. *Plant Biotechnology Journal*, *8*(4), 425–435. <https://doi.org/10.1111/j.1467-7652.2009.00480.x>

Else, M. A., Taylor, J. M., Young, S., & Atkinson, C. J. (2018). The effect of the graft union on hormonal and ionic signalling between rootstocks and scions of grafted apple (*Malus pumila* L. Mill.). *Environmental and Experimental Botany*, *156*, 325–336. <https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2018.07.013>

Eriksson, M. E., Israelsson, M., Olsson, O., & Moritz, T. (2000). Increased gibberellin biosynthesis in transgenic trees promotes growth, biomass production and xylem fiber length. *Nature Biotechnology*, *18*(7), 784–788. <https://doi.org/10.1038/77355>

- Gayak, B., Pandey, S. R., & Bhatta, S. (2020). Economics of production and marketing of apple (*Malus domestica*) in Mustang, Nepal. *International Journal of Agriculture, Environment and Food Sciences*, 4(4), 483–492. <https://doi.org/10.31015/jaefs.2020.4.12>
- Gonçalves, B., Moutinho-Pereira, J., Santos, A., Silva, A. P., Bacelar, E., Correia, C., & Rosa, E. (2006). Scion-rootstock interaction affects the physiology and fruit quality of sweet cherry. *Tree Physiology*, 26(1), 93–104. <https://doi.org/10.1093/treephys/26.1.93>
- González-Pérez, B. K., Rivas-Castillo, A. M., Valdez-Calderón, A., & Gayosso-Morales, M. A. (2022). Microalgae as biostimulants: a new approach in agriculture. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, 38(1), 1–12. <https://doi.org/10.1007/s11274-021-03192-2>
- Habibi, F., Liu, T., Folta, K., & Sarkhosh, A. (2022). Physiological, biochemical, and molecular aspects of grafting in fruit trees. *Horticulture Research*, 9, 1–18. <https://doi.org/10.1093/hr/uhac032>
- Harada, T. (2010). Grafting and RNA transport via phloem tissue in horticultural plants. *Scientia Horticulturae*, 125(4), 545–550. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2010.05.013>
- Hartmann, H. T., & Kester, D. E. (2014). Hartmann and Kester's Plant Propagation Principles and Practices, 9th Edition. In *HortScience* (Vol. 53, Issue 5). Pearson Education Limited. <https://doi.org/10.21273/hortsci535bkrev-17>
- Hayat, F., Li, J., Iqbal, S., Khan, U., Ali, N. A., Peng, Y., Hong, L., Asghar, S., Javed, H. U., Li, C., Song, W., Tu, P., Chen, J., & Shahid, M. A. (2023). Hormonal

Interactions Underlying Rootstock-Induced Vigor Control in Horticultural Crops. *Applied Sciences*, 13(3), 1–14. <https://doi.org/10.3390/app13031237>

Ikeuchi, M., Iwase, A., Rymen, B., Lambolez, A., Kojima, M., Takebayashi, Y., Heyman, J., Watanabe, S., Seo, M., De Veylder, L., Sakakibara, H., & Sugimoto, K. (2017). Wounding triggers callus formation via dynamic hormonal and transcriptional changes. *Plant Physiology*, 175(3), 1158–1174. <https://doi.org/10.1104/pp.17.01035>

Kawaguchi, K., Nakaune, M., Ma, J. F., Kojima, M., Takebayashi, Y., Sakakibara, H., Otagaki, S., Matsumoto, S., & Shiratake, K. (2022). Plant Hormone and Inorganic Ion Concentrations in the Xylem Exudate of Grafted Plants Depend on the Scion–Rootstock Combination. *Plants*, 11(19), 1–19. <https://doi.org/10.3390/plants11192594>

Kose, C., & Güleryüz, M. (2006). Effects of auxins and cytokinins on graft union of grapevine (*Vitis vinifera*). *New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science*, 34, 145–150.

Kviklys, D., & Samuolienė, G. (2020). Relationships Among the Rootstock, Crop Load, and Sugar Hormone Signaling of Apple Tree, and Their Effects on Biennial Bearing. *Frontiers in Plant Science*, 11, 1–13. <https://doi.org/10.3389/fpls.2020.01213>

- Melnyk, C. W. (2017). Plant grafting: insights into tissue regeneration. *Regeneration*, 4(1), 3–14. <https://doi.org/10.1002/reg2.71>
- Mo, Z., Feng, G., Su, W., Liu, Z., & Peng, F. (2018). Transcriptomic analysis provides insights into grafting union development in pecan (*Carya illinoensis*). *Genes*, 9, 1–16. <https://doi.org/10.3390/genes9020071>
- Nanda, A. K., & Melnyk, C. W. (2018). The role of plant hormones during grafting. *Journal of Plant Research*, 131(1), 49–58. <https://doi.org/10.1007/s10265-017-0994-5>
- Nawaz, M. A., Imtiaz, M., Kong, Q., Cheng, F., Ahmed, W., Huang, Y., & Bie, Z. (2016). Grafting: A technique to modify ion accumulation in horticultural crops. *Frontiers in Plant Science*, 7, 1–15. <https://doi.org/10.3389/fpls.2016.01457>
- Nieminen, K., Immanen, J., Laxell, M., Kauppinen, L., Tarkowski, P., Dolezal, K., Tähtiharju, S., Elo, A., Decourteix, M., Ljung, K., Bhalerao, R., Keinonen, K., Albert, V. A., & Ykä, H. (2008). Cytokinin signaling regulates cambial development in poplar. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 105(50), 20032–20037. <https://doi.org/10.1073/pnas.0805617106>
- Organization for Economic Co-operation and Development, O. (2022). Safety Assessment of Transgenic Organisms in the Environment. In *OECD Consensus Documents on the biology of crops: apple, safflower, rice* (Vol. 9). OECD Publishing. https://www.oecd-ilibrary.org/environment/safety-assessment-of-transgenic-organisms-in-the-environment-volume-6_9789264253421-en
- Pina, A., & Errea, P. (2005). A review of new advances in mechanism of graft

- compatibility- incompatibility. *Scientia Horticulturae*, 106(1), 1–11.
<https://doi.org/10.1016/j.scienta.2005.04.003>
- Preece, J. E. (2003). A century of progress with vegetative plant propagation. *HortScience*, 38(5), 1015–1025. <https://doi.org/10.21273/hortsci.38.5.1015>
- Sharma, A., & Zheng, B. (2019). Molecular responses during plant grafting and its regulation by auxins, cytokinins, and gibberellins. *Biomolecules*, 9(9), 1–20.
<https://doi.org/10.3390/biom9090397>
- Taha, N. A., & Al-wadaan, M. A. (2011). Utility and importance of walnut, *Juglans regia* Linn: A review. *African Journal of Microbiology Research*, 5(32), 5796–5805. <https://doi.org/10.5897/ajmr11.610>
- Tsutsui, H., & Notaguchi, M. (2017). The use of grafting to study systemic signaling in plants. *Plant and Cell Physiology*, 58(8), 1291–1301.
<https://doi.org/10.1093/pcp/pcx098>
- Twoorkoski, T., & Fazio, G. (2015). Effects of Size-Controlling Apple Rootstocks on Growth, Abscisic Acid, and Hydraulic Conductivity of Scion of Different Vigor. *International Journal of Fruit Science*, 15(4), 369–381.
<https://doi.org/10.1080/15538362.2015.1009973>
- Zenginbal, H., Öztürk, A., & Faizi, Z. A. (2023). Bacterial strains effect on the nursery

plants growth of ‘Granny Smith’ apple grafted on M-9, MM-106, and MM-111 rootstocks. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, 50(102747), 6–7. <https://doi.org/10.1016/j.bcab.2023.102747>

Zhai, L., Wang, X., Tang, D., Qi, Q., Yer, H., Jiang, X., Han, Z., McAvoy, R., Li, W., & Li, Y. (2021). Molecular and physiological characterization of the effects of auxin-enriched rootstock on grafting. *Horticulture Research*, 8(1), 1–13. <https://doi.org/10.1038/s41438-021-00509-y>

Anexo 1: Análisis estadístico

Primera evaluación

Statistix 10,0
evaluación.sx;02/08/2023; 12:09:19

Primera

Split-plot AOV Table for Prendimie

| Source | DF | SS | MS | F | P |
|-------------------------|----|---------|---------|------|--------|
| Rep | 9 | 5600,0 | 622,222 | | |
| Cultivo | 1 | 400,0 | 400,000 | 1,00 | 0,3434 |
| Error Rep*Cultivo | 9 | 3600,0 | 400,000 | | |
| Dosis | 4 | 2600,0 | 650,000 | 0,80 | 0,5317 |
| Cultivo*Dosis | 4 | 2600,0 | 650,000 | 0,80 | 0,5317 |
| Error Rep*Cultivo*Dosis | 72 | 58800,0 | 816,667 | | |
| Total | 99 | 73600,0 | | | |
| Grand Mean | | 92,000 | | | |
| CV(Rep*Cultivo) | | 21,74 | | | |
| CV(Rep*Cultivo*Dosis) | | 31,06 | | | |

Split-plot AOV Table for Encallami

| Source | DF | SS | MS | F | P |
|-------------------------|----|---------|---------|-------|--------|
| Rep | 9 | 42,416 | 4,713 | | |
| Cultivo | 1 | 176,890 | 176,890 | 48,07 | 0,0001 |
| Error Rep*Cultivo | 9 | 33,118 | 3,680 | | |
| Dosis | 4 | 43,460 | 10,865 | 1,30 | 0,2767 |
| Cultivo*Dosis | 4 | 48,348 | 12,087 | 1,45 | 0,2262 |
| Error Rep*Cultivo*Dosis | 72 | 599,848 | 8,331 | | |
| Total | 99 | 944,080 | | | |
| Grand Mean | | 9,1600 | | | |
| CV(Rep*Cultivo) | | 20,94 | | | |
| CV(Rep*Cultivo*Dosis) | | 31,51 | | | |

Split-plot AOV Table for TABL

| Source | DF | SS | MS | F | P |
|-------------------------|----|---------|---------|------|--------|
| Rep | 9 | 224,00 | | | |
| Cultivo | 1 | 16,00 | 16,0000 | 1,00 | 0,3434 |
| Error Rep*Cultivo | 9 | 144,00 | 16,0000 | | |
| Dosis | 4 | 104,00 | 26,0000 | 0,80 | 0,5317 |
| Cultivo*Dosis | 4 | 104,00 | 26,0000 | 0,80 | 0,5317 |
| Error Rep*Cultivo*Dosis | 72 | 2352,00 | 32,6667 | | |
| Total | 99 | 2944,00 | | | |
| Grand Mean | | 18,400 | | | |
| CV(Rep*Cultivo) | | 21,74 | | | |

CV(Rep*Cultivo*Dosis) 31,06

Split-plot AOV Table for LongBL

| Source | DF | SS | MS | F | P |
|-------------------------|----|---------|---------|------|--------|
| Rep | 9 | 0,07613 | 0,00846 | | |
| Cultivo | 1 | 0,05789 | 0,05789 | 6,25 | 0,0339 |
| Error Rep*Cultivo | 9 | 0,08336 | 0,00926 | | |
| Dosis | 4 | 0,03956 | 0,00989 | 1,18 | 0,3263 |
| Cultivo*Dosis | 4 | 0,03231 | 0,00808 | 0,96 | 0,4322 |
| Error Rep*Cultivo*Dosis | 72 | 0,60281 | 0,00837 | | |
| Total | 99 | 0,89207 | | | |
| Grand Mean | | 0,0614 | | | |
| CV(Rep*Cultivo) | | 156,69 | | | |
| CV(Rep*Cultivo*Dosis) | | 148,98 | | | |

Split-plot AOV Table for Númbrotos

| Source | DF | SS | MS | F | P |
|-------------------------|----|---------|---------|------|--------|
| Rep | 9 | 3,6100 | 0,40111 | | |
| Cultivo | 1 | 1,6900 | 1,69000 | 7,57 | 0,0224 |
| Error Rep*Cultivo | 9 | 2,0100 | 0,22333 | | |
| Dosis | 4 | 1,3600 | 0,34000 | 0,66 | 0,6192 |
| Cultivo*Dosis | 4 | 0,1600 | 0,04000 | 0,08 | 0,9888 |
| Error Rep*Cultivo*Dosis | 72 | 36,8800 | 0,51222 | | |
| Total | 99 | 45,7100 | | | |
| Grand Mean | | 1,2700 | | | |
| CV(Rep*Cultivo) | | 37,21 | | | |
| CV(Rep*Cultivo*Dosis) | | 56,35 | | | |

Prueba de medias

Statistix 10,0
02/08/2023; 12:10:12

Primera evaluación.sx;

Tukey HSD All-Pairwise Comparisons Test of Prendimie for Cultivo

| Cultivo | Mean | Homogeneous Groups |
|---------|--------|--------------------|
| 2 | 94,000 | A |
| 1 | 90,000 | A |

Alpha 0,05 Standard Error for Comparison 4,0000
Critical Q Value 3,201 Critical Value for Comparison 9,0531
There are no significant pairwise differences among the means.

Tukey HSD All-Pairwise Comparisons Test of Prendimie for Dosis

| Dosis | Mean | Homogeneous Groups |
|-------|--------|--------------------|
| 2 | 100,00 | A |
| 1 | 95,00 | A |
| 5 | 90,00 | A |
| 3 | 90,00 | A |
| 4 | 85,00 | A |

Alpha 0,05 Standard Error for Comparison 9,0370
 Critical Q Value 3,958 Critical Value for Comparison 25,289
 There are no significant pairwise differences among the means.

Tukey HSD All-Pairwise Comparisons Test of Prendimie for Cultivo*Dosis

| Cultivo | Dosis | Mean | Homogeneous Groups |
|---------|-------|--------|--------------------|
| 1 | 2 | 100,00 | A |
| 2 | 1 | 100,00 | A |
| 2 | 2 | 100,00 | A |
| 2 | 5 | 100,00 | A |
| 1 | 1 | 90,00 | A |
| 1 | 3 | 90,00 | A |
| 1 | 4 | 90,00 | A |
| 2 | 3 | 90,00 | A |
| 1 | 5 | 80,00 | A |
| 2 | 4 | 80,00 | A |

Comparisons of means for the same level of Cultivo

Alpha 0,05 Standard Error for Comparison 12,780
 Critical Q Value 4,616 Critical Value for Comparison 41,711 Error term used: Rep*Cultivo*Dosis, 72 DF

Comparisons of means for different levels of Cultivo

Alpha 0,05 Standard Error for Comparison 12,111
 Critical Q Value 4,738 Critical Value for Comparison 40,574 Error terms used: Rep*Cultivo and Rep*Cultivo*Dosis

There are no significant pairwise differences among the means.

Tukey HSD All-Pairwise Comparisons Test of Encallami for Cultivo

| Cultivo | Mean | Homogeneous Groups |
|---------|--------|--------------------|
| 2 | 10,490 | A |
| 1 | 7,830 | B |

Alpha 0,05 Standard Error for Comparison 0,3837
 Critical Q Value 3,201 Critical Value for Comparison 0,8683
 All 2 means are significantly different from one another.

Tukey HSD All-Pairwise Comparisons Test of Encallami for Dosis

| Dosis | Mean | Homogeneous Groups |
|-------|--------|--------------------|
| 2 | 10,190 | A |
| 1 | 9,610 | A |
| 3 | 9,000 | A |
| 5 | 8,580 | A |
| 4 | 8,420 | A |

Alpha 0,05 Standard Error for Comparison 0,9128
 Critical Q Value 3,958 Critical Value for Comparison 2,5543
 There are no significant pairwise differences among the means.

Tukey HSD All-Pairwise Comparisons Test of Encallami for Cultivo*Dosis

| Cultivo | Dosis | Mean | Homogeneous Groups |
|---------|-------|--------|--------------------|
| 2 | 2 | 11,550 | A |
| 2 | 1 | 11,520 | A |
| 2 | 5 | 10,810 | A |
| 2 | 3 | 9,830 | AB |
| 1 | 2 | 8,830 | AB |
| 2 | 4 | 8,740 | AB |
| 1 | 3 | 8,170 | AB |
| 1 | 4 | 8,100 | AB |
| 1 | 1 | 7,700 | AB |
| 1 | 5 | 6,350 | B |

Comparisons of means for the same level of Cultivo

Alpha 0,05 Standard Error for Comparison 1,2908
 Critical Q Value 4,616 Critical Value for Comparison 4,2130
 Error term used: Rep*Cultivo*Dosis, 72 DF

Comparisons of means for different levels of Cultivo

Alpha 0,05 Standard Error for Comparison 1,2166
 Critical Q Value 4,727 Critical Value for Comparison 4,0668
 Error terms used: Rep*Cultivo and Rep*Cultivo*Dosis

There are 2 groups (A and B) in which the means are not significantly different from one another.

Tukey HSD All-Pairwise Comparisons Test of TABL for Cultivo

| Cultivo | Mean | Homogeneous Groups |
|---------|--------|--------------------|
| 2 | 18,800 | A |
| 1 | 18,000 | A |

Alpha 0,05 Standard Error for Comparison 0,8000

Critical Q Value 3,201 Critical Value for Comparison 1,8106
 There are no significant pairwise differences among the means.

Tukey HSD All-Pairwise Comparisons Test of TABL for Dosis

| Dosis | Mean | Homogeneous Groups |
|-------|--------|--------------------|
| 2 | 20,000 | A |
| 1 | 19,000 | A |
| 5 | 18,000 | A |
| 3 | 18,000 | A |
| 4 | 17,000 | A |

Alpha 0,05 Standard Error for Comparison 1,8074
 Critical Q Value 3,958 Critical Value for Comparison 5,0578
 There are no significant pairwise differences among the means.

Tukey HSD All-Pairwise Comparisons Test of TABL for Cultivo*Dosis

| Cultivo | Dosis | Mean | Homogeneous Groups |
|---------|-------|--------|--------------------|
| 1 | 2 | 20,000 | A |
| 2 | 1 | 20,000 | A |
| 2 | 2 | 20,000 | A |
| 2 | 5 | 20,000 | A |
| 1 | 1 | 18,000 | A |
| 1 | 3 | 18,000 | A |
| 1 | 4 | 18,000 | A |
| 2 | 3 | 18,000 | A |
| 1 | 5 | 16,000 | A |
| 2 | 4 | 16,000 | A |

Comparisons of means for the same level of Cultivo

Alpha 0,05 Standard Error for Comparison 2,5560
 Critical Q Value 4,616 Critical Value for Comparison 8,3423 Error term used: Rep*Cultivo*Dosis, 72 DF

Comparisons of means for different levels of Cultivo

Alpha 0,05 Standard Error for Comparison 2,4221
 Critical Q Value 4,738 Critical Value for Comparison 8,1148 Error terms used: Rep*Cultivo and Rep*Cultivo*Dosis

There are no significant pairwise differences among the means.

Tukey HSD All-Pairwise Comparisons Test of LongBL for Cultivo

| Cultivo | Mean | Homogeneous Groups |
|---------|--------|--------------------|
| 2 | 0,0855 | A |
| 1 | 0,0374 | B |

Alpha 0,05 Standard Error for Comparison 0,0192
 Critical Q Value 3,201 Critical Value for Comparison 0,0436
 2 means are significantly different from one another.

Tukey HSD All-Pairwise Comparisons Test of LongBL for Dosis

| Dosis | Mean | Homogeneous Groups |
|-------|--------|--------------------|
| 4 | 0,0876 | A |
| 2 | 0,0825 | A |
| 1 | 0,0539 | A |
| 3 | 0,0422 | A |
| 5 | 0,0409 | A |

Alpha 0,05 Standard Error for Comparison 0,0289
 Critical Q Value 3,958 Critical Value for Comparison 0,0810
 There are no significant pairwise differences among the means.

Tukey HSD All-Pairwise Comparisons Test of LongBL for Cultivo*Dosis

| Cultivo | Dosis | Mean | Homogeneous Groups |
|---------|-------|--------|--------------------|
| 2 | 4 | 0,1392 | A |
| 2 | 2 | 0,1205 | A |
| 2 | 1 | 0,0707 | A |
| 2 | 5 | 0,0514 | A |
| 2 | 3 | 0,0456 | A |
| 1 | 2 | 0,0445 | A |
| 1 | 3 | 0,0388 | A |
| 1 | 1 | 0,0372 | A |
| 1 | 4 | 0,0360 | A |
| 1 | 5 | 0,0303 | A |

Comparisons of means for the same level of Cultivo

Alpha 0,05 Standard Error for Comparison 0,0409
 Critical Q Value 4,616 Critical Value for Comparison 0,1336 Error term used: Rep*Cultivo*Dosis, 72 DF

Comparisons of means for different levels of Cultivo

Alpha 0,05 Standard Error for Comparison 0,0414
 Critical Q Value 4,859 Critical Value for Comparison 0,1421 Error terms used: Rep*Cultivo and Rep*Cultivo*Dosis

There are no significant pairwise differences among the means.

Tukey HSD All-Pairwise Comparisons Test of Númbrotres for Cultivo

| Cultivo | Mean | Homogeneous Groups |
|---------|--------|--------------------|
| 2 | 1,4000 | A |

1 1,1400 B

Alpha 0,05 Standard Error for Comparison 0,0945
 Critical Q Value 3,201 Critical Value for Comparison 0,2139
 All 2 means are significantly different from one another.

Tukey HSD All-Pairwise Comparisons Test of Numbrotos for Dosis

| Dosis | Mean | Homogeneous Groups |
|-------|--------|--------------------|
| 2 | 1,5000 | A |
| 1 | 1,2500 | A |
| 5 | 1,2000 | A |
| 3 | 1,2000 | A |
| 4 | 1,2000 | A |

Alpha 0,05 Standard Error for Comparison 0,2263
 Critical Q Value 3,958 Critical Value for Comparison 0,6333
 There are no significant pairwise differences among the means.

Tukey HSD All-Pairwise Comparisons Test of Numbrotos for Cultivo*Dosis

| Cultivo | Dosis | Mean | Homogeneous Groups |
|---------|-------|--------|--------------------|
| 2 | 2 | 1,6000 | A |
| 1 | 2 | 1,4000 | A |
| 2 | 1 | 1,4000 | A |
| 2 | 5 | 1,4000 | A |
| 2 | 4 | 1,3000 | A |
| 2 | 3 | 1,3000 | A |
| 1 | 4 | 1,1000 | A |
| 1 | 1 | 1,1000 | A |
| 1 | 3 | 1,1000 | A |
| 1 | 5 | 1,0000 | A |

Comparisons of means for the same level of Cultivo

Alpha 0,05 Standard Error for Comparison 0,3201
 Critical Q Value 4,616 Critical Value for Comparison 1,0446 Error term used: Rep*Cultivo*Dosis, 72 DF

Comparisons of means for different levels of Cultivo

Alpha 0,05 Standard Error for Comparison 0,3015
 Critical Q Value 4,726 Critical Value for Comparison 1,0075 Error terms used: Rep*Cultivo and Rep*Cultivo*Dosis

There are no significant pairwise differences among the means.

Resumen de estadísticos

Statistix 10,0
 evaluación.sx;02/08/2023; 12:11:21

Primera

Breakdown for Prendimie

| Variable | Level | Mean | SD | SE |
|----------|-------|--------|--------|--------|
| Dosis | 1 | 90,000 | 31,623 | 10,000 |
| Dosis | 2 | 100,00 | 0,0000 | 0,0000 |
| Dosis | 3 | 90,000 | 31,623 | 10,000 |
| Dosis | 4 | 90,000 | 31,623 | 10,000 |
| Dosis | 5 | 80,000 | 42,164 | 13,333 |
| Cultivo | 1 | 90,000 | 30,305 | 4,2857 |
| Dosis | 1 | 100,00 | 0,0000 | 0,0000 |
| Dosis | 2 | 100,00 | 0,0000 | 0,0000 |
| Dosis | 3 | 90,000 | 31,623 | 10,000 |
| Dosis | 4 | 80,000 | 42,164 | 13,333 |
| Dosis | 5 | 100,00 | 0,0000 | 0,0000 |
| Cultivo | 2 | 94,000 | 23,990 | 3,3927 |
| Overall | | 92,000 | 27,266 | 2,7266 |

Cases Included 100 Missing Cases 0

Breakdown for Encallami

| Variable | Level | Mean | SD | SE |
|----------|-------|--------|--------|--------|
| Dosis | 1 | 7,7000 | 2,7897 | 0,8822 |
| Dosis | 2 | 8,8300 | 0,4990 | 0,1578 |
| Dosis | 3 | 8,1700 | 2,9250 | 0,9250 |
| Dosis | 4 | 8,1000 | 2,9941 | 0,9468 |
| Dosis | 5 | 6,3500 | 3,3696 | 1,0655 |
| Cultivo | 1 | 7,8300 | 2,7334 | 0,3866 |
| Dosis | 1 | 11,520 | 1,3702 | 0,4333 |
| Dosis | 2 | 11,550 | 0,8263 | 0,2613 |
| Dosis | 3 | 9,8300 | 3,4929 | 1,1045 |
| Dosis | 4 | 8,7400 | 4,7666 | 1,5073 |
| Dosis | 5 | 10,810 | 0,8103 | 0,2562 |
| Cultivo | 2 | 10,490 | 2,8610 | 0,4046 |
| Overall | | 9,1600 | 3,0881 | 0,3088 |

Cases Included 100 Missing Cases 0

Breakdown for TABL

| Variable | Level | Mean | SD | SE |
|----------|-------|--------|--------|--------|
| Dosis | 1 | 18,000 | 6,3246 | 2,0000 |
| Dosis | 2 | 20,000 | 0,0000 | 0,0000 |
| Dosis | 3 | 18,000 | 6,3246 | 2,0000 |
| Dosis | 4 | 18,000 | 6,3246 | 2,0000 |
| Dosis | 5 | 16,000 | 8,4327 | 2,6667 |
| Cultivo | 1 | 18,000 | 6,0609 | 0,8571 |
| Dosis | 1 | 20,000 | 0,0000 | 0,0000 |
| Dosis | 2 | 20,000 | 0,0000 | 0,0000 |
| Dosis | 3 | 18,000 | 6,3246 | 2,0000 |
| Dosis | 4 | 16,000 | 8,4327 | 2,6667 |
| Dosis | 5 | 20,000 | 0,0000 | 0,0000 |

| | | | | |
|---------|---|--------|--------|--------|
| Cultivo | 2 | 18,800 | 4,7980 | 0,6785 |
| Overall | | 18,400 | 5,4532 | 0,5453 |

Cases Included 100 Missing Cases 0

Breakdown for LongBL

| Variable | Level | Mean | SD | SE |
|----------|-------|--------|-----------|-----------|
| Dosis | 1 | 0,0372 | 0,0148 | 4,671E-03 |
| Dosis | 2 | 0,0445 | 3,659E-03 | 1,157E-03 |
| Dosis | 3 | 0,0388 | 0,0152 | 4,795E-03 |
| Dosis | 4 | 0,0360 | 0,0135 | 4,279E-03 |
| Dosis | 5 | 0,0303 | 0,0167 | 5,290E-03 |
| Cultivo | 1 | 0,0374 | 0,0138 | 1,955E-03 |
| Dosis | 1 | 0,0707 | 0,1018 | 0,0322 |
| Dosis | 2 | 0,1205 | 0,1620 | 0,0512 |
| Dosis | 3 | 0,0456 | 0,0170 | 5,390E-03 |
| Dosis | 4 | 0,1392 | 0,2165 | 0,0684 |
| Dosis | 5 | 0,0514 | 4,033E-03 | 1,275E-03 |
| Cultivo | 2 | 0,0855 | 0,1297 | 0,0183 |
| Overall | | 0,0614 | 0,0949 | 9,493E-03 |

Cases Included 100 Missing Cases 0

Breakdown for Númbrotos

| Variable | Level | Mean | SD | SE |
|----------|-------|--------|--------|--------|
| Dosis | 1 | 1,1000 | 0,5676 | 0,1795 |
| Dosis | 2 | 1,4000 | 0,6992 | 0,2211 |
| Dosis | 3 | 1,1000 | 0,5676 | 0,1795 |
| Dosis | 4 | 1,1000 | 0,5676 | 0,1795 |
| Dosis | 5 | 1,0000 | 0,6667 | 0,2108 |
| Cultivo | 1 | 1,1400 | 0,6064 | 0,0858 |
| Dosis | 1 | 1,4000 | 0,5164 | 0,1633 |
| Dosis | 2 | 1,6000 | 0,8433 | 0,2667 |
| Dosis | 3 | 1,3000 | 0,8233 | 0,2603 |
| Dosis | 4 | 1,3000 | 0,8233 | 0,2603 |
| Dosis | 5 | 1,4000 | 0,6992 | 0,2211 |
| Cultivo | 2 | 1,4000 | 0,7284 | 0,1030 |
| Overall | | 1,2700 | 0,6795 | 0,0679 |

Cases Included 100 Missing Cases 0

Segunda evaluación ANOVA

Statistix 10,0 Segunda
evaluación.sx;02/08/2023; 12:12:50

Split-plot AOV Table for Prendimie

| Source | DF | SS | MS | F | P |
|---------|----|--------|---------|------|--------|
| Rep | 9 | 5600,0 | 622,222 | | |
| Cultivo | 1 | 400,0 | 400,000 | 1,00 | 0,3434 |

| | | | | | |
|-------------------------|----|---------|---------|------|--------|
| Error Rep*Cultivo | 9 | 3600,0 | 400,000 | | |
| Dosis | 4 | 2600,0 | 650,000 | 0,80 | 0,5317 |
| Cultivo*Dosis | 4 | 2600,0 | 650,000 | 0,80 | 0,5317 |
| Error Rep*Cultivo*Dosis | 72 | 58800,0 | 816,667 | | |
| Total | 99 | 73600,0 | | | |
| Grand Mean | | 92,000 | | | |
| CV(Rep*Cultivo) | | 21,74 | | | |
| CV(Rep*Cultivo*Dosis) | | 31,06 | | | |

Split-plot AOV Table for Encallami

| Source | DF | SS | MS | F | P |
|-------------------------|----|---------|---------|-------|--------|
| Rep | 9 | 1632,8 | 181,42 | | |
| Cultivo | 1 | 1587,2 | 1587,23 | 14,15 | 0,0045 |
| Error Rep*Cultivo | 9 | 1009,8 | 112,20 | | |
| Dosis | 4 | 1937,8 | 484,45 | 1,78 | 0,1426 |
| Cultivo*Dosis | 4 | 1150,3 | 287,57 | 1,06 | 0,3848 |
| Error Rep*Cultivo*Dosis | 72 | 19613,3 | 272,41 | | |
| Total | 99 | 26931,1 | | | |
| Grand Mean | | 52,890 | | | |
| CV(Rep*Cultivo) | | 20,83 | | | |
| CV(Rep*Cultivo*Dosis) | | 20,83 | | | |

Split-plot AOV Table for TABL

| Source | DF | SS | MS | F | P |
|-------------------------|----|---------|---------|------|--------|
| Rep | 9 | 896,0 | 99,556 | | |
| Cultivo | 1 | 64,0 | 64,000 | 1,00 | 0,3434 |
| Error Rep*Cultivo | 9 | 576,0 | 64,000 | | |
| Dosis | 4 | 416,0 | 104,000 | 0,80 | 0,5317 |
| Cultivo*Dosis | 4 | 416,0 | 104,000 | 0,80 | 0,5317 |
| Error Rep*Cultivo*Dosis | 72 | 9408,0 | 130,667 | | |
| Total | 99 | 11776,0 | | | |
| Grand Mean | | 36,800 | | | |
| CV(Rep*Cultivo) | | 21,74 | | | |
| CV(Rep*Cultivo*Dosis) | | 31,06 | | | |

Split-plot AOV Table for LongBL

| Source | DF | SS | MS | F | P |
|-------------------------|----|---------|-----------|------|--------|
| Rep | 9 | 0,04560 | 5,066E-03 | | |
| Cultivo | 1 | 0,00019 | 1,904E-04 | 0,04 | 0,8433 |
| Error Rep*Cultivo | 9 | 0,04139 | 4,599E-03 | | |
| Dosis | 4 | 0,01753 | 4,381E-03 | 0,99 | 0,4199 |
| Cultivo*Dosis | 4 | 0,01815 | 4,537E-03 | 1,02 | 0,4015 |
| Error Rep*Cultivo*Dosis | 72 | 0,31940 | 4,436E-03 | | |
| Total | 99 | 0,44225 | | | |
| Grand Mean | | 0,0657 | | | |
| CV(Rep*Cultivo) | | 103,22 | | | |

CV(Rep*Cultivo*Dosis) 101,38

Split-plot AOV Table for Númbrotos

| Source | DF | SS | MS | F | P |
|-------------------------|----|---------|---------|------|--------|
| Rep | 9 | 12,0900 | 1,34333 | | |
| Cultivo | 1 | 2,2500 | 2,25000 | 4,35 | 0,0665 |
| Error Rep*Cultivo | 9 | 4,6500 | 0,51667 | | |
| Dosis | 4 | 1,9400 | 0,48500 | 0,62 | 0,6531 |
| Cultivo*Dosis | 4 | 6,1000 | 1,52500 | 1,93 | 0,1139 |
| Error Rep*Cultivo*Dosis | 72 | 56,7600 | 0,78833 | | |
| Total | 99 | 83,7900 | | | |
| Grand Mean | | 1,8900 | | | |
| CV(Rep*Cultivo) | | 38,03 | | | |
| CV(Rep*Cultivo*Dosis) | | 46,98 | | | |

Split-plot AOV Table for

**NHR
L**

| Source | DF | SS | MS | F | P |
|-------------------------|----|---------|---------|-------|--------|
| Rep | 9 | 5,800 | 0,6444 | | |
| Cultivo | 1 | 67,240 | 67,2400 | 74,16 | 0,0000 |
| Error Rep*Cultivo | 9 | 8,160 | 0,9067 | | |
| Dosis | 4 | 4,100 | 1,0250 | 1,15 | 0,3423 |
| Cultivo*Dosis | 4 | 2,260 | 0,5650 | 0,63 | 0,6418 |
| Error Rep*Cultivo*Dosis | 72 | 64,440 | 0,8950 | | |
| Total | 99 | 152,000 | | | |
| Grand Mean | | 2,4000 | | | |
| CV(Rep*Cultivo) | | 39,67 | | | |
| CV(Rep*Cultivo*Dosis) | | 39,42 | | | |

Prueba de medias

Statistix 10,0
evaluación.sx;02/08/2023; 12:13:48

Segunda

Tukey HSD All-Pairwise Comparisons Test of Prendimie for Cultivo

| Cultivo | Mean | Homogeneous Groups |
|---------|--------|--------------------|
| 2 | 94,000 | A |
| 1 | 90,000 | A |

Alpha 0,05 Standard Error for Comparison 4,0000
 Critical Q Value 3,201 Critical Value for Comparison 9,0531
 There are no significant pairwise differences among the means.

Tukey HSD All-Pairwise Comparisons Test of Prendimie for Dosis

| Dosis | Mean | Homogeneous Groups |
|-------|------|--------------------|
|-------|------|--------------------|

| | | |
|---|--------|---|
| 2 | 100,00 | A |
| 1 | 95,00 | A |
| 5 | 90,00 | A |
| 3 | 90,00 | A |
| 4 | 85,00 | A |

Alpha 0,05 Standard Error for Comparison 9,0370
 Critical Q Value 3,958 Critical Value for Comparison 25,289
 There are no significant pairwise differences among the means.

Tukey HSD All-Pairwise Comparisons Test of Prendimie for Cultivo*Dosis

| Cultivo | Dosis | Mean | Homogeneous Groups |
|---------|-------|--------|--------------------|
| 1 | 2 | 100,00 | A |
| 2 | 1 | 100,00 | A |
| 2 | 2 | 100,00 | A |
| 2 | 5 | 100,00 | A |
| 1 | 1 | 90,00 | A |
| 1 | 3 | 90,00 | A |
| 1 | 4 | 90,00 | A |
| 2 | 3 | 90,00 | A |
| 1 | 5 | 80,00 | A |
| 2 | 4 | 80,00 | A |

Comparisons of means for the same level of Cultivo

Alpha 0,05 Standard Error for Comparison 12,780
 Critical Q Value 4,616 Critical Value for Comparison 41,711 Error term used:
 Rep*Cultivo*Dosis, 72 DF

Comparisons of means for different levels of Cultivo

Alpha 0,05 Standard Error for Comparison 12,111
 Critical Q Value 4,738 Critical Value for Comparison 40,574 Error terms used:
 Rep*Cultivo and Rep*Cultivo*Dosis

There are no significant pairwise differences among the means.

Tukey HSD All-Pairwise Comparisons Test of Encallami for Cultivo

Cultivo Mean Homogeneous Groups

| | | |
|---|--------|---|
| 2 | 56,874 | A |
| 1 | 48,906 | B |

Alpha 0,05 Standard Error for Comparison 2,1185

Critical Q Value 3,201 Critical Value for Comparison 4,7947 All 2 means are significantly different from one another.

Tukey HSD All-Pairwise Comparisons Test of Encallami for Dosis

| Dosis | Mean | Homogeneous Groups |
|-------|--------|--------------------|
| 2 | 57,565 | A |
| 3 | 56,645 | A |
| 1 | 55,040 | A |
| 4 | 48,015 | A |
| 5 | 47,185 | A |

Alpha 0,05 Standard Error for Comparison 5,2193
 Critical Q Value 3,958 Critical Value for Comparison 14,606
 There are no significant pairwise differences among the means.

Tukey HSD All-Pairwise Comparisons Test of Encallami for Cultivo*Dosis

| Cultivo | Dosis | Mean | Homogeneous Groups |
|---------|-------|--------|--------------------|
| 2 | 1 | 62,470 | A |
| 2 | 2 | 60,470 | AB |
| 2 | 3 | 59,280 | AB |
| 2 | 5 | 55,250 | AB |
| 1 | 2 | 54,660 | AB |
| 1 | 3 | 54,010 | AB |
| 1 | 4 | 49,130 | AB |
| 1 | 1 | 47,610 | AB |
| 2 | 4 | 46,900 | AB |
| 1 | 5 | 39,120 | B |

Comparisons of means for the same level of Cultivo

Alpha 0,05 Standard Error for Comparison 7,3811
 Critical Q Value 4,616 Critical Value for Comparison 24,090 Error term used:
 Rep*Cultivo*Dosis, 72 DF

Comparisons of means for different levels of Cultivo

Alpha 0,05 Standard Error for Comparison 6,9335
 Critical Q Value 4,720 Critical Value for Comparison 23,143 Error terms used:
 Rep*Cultivo and Rep*Cultivo*Dosis

There are 2 groups (A and B) in which the means are not significantly different from one another.

Tukey HSD All-Pairwise Comparisons Test of TABL for Cultivo

| Cultivo | Mean | Homogeneous Groups |
|---------|--------|--------------------|
| 2 | 37,600 | A |
| 1 | 36,000 | A |

Alpha 0,05 Standard Error for Comparison 1,6000
 Critical Q Value 3,201 Critical Value for Comparison 3,6213

There are no significant pairwise differences among the means.

Tukey HSD All-Pairwise Comparisons Test of TABL for Dosis

| Dosis | Mean | Homogeneous Groups |
|-------|--------|--------------------|
| 2 | 40,000 | A |
| 1 | 38,000 | A |
| 5 | 36,000 | A |
| 3 | 36,000 | A |
| 4 | 34,000 | A |

Alpha 0,05 Standard Error for Comparison 3,6148
 Critical Q Value 3,958 Critical Value for Comparison 10,116

There are no significant pairwise differences among the means.

Tukey HSD All-Pairwise Comparisons Test of TABL for Cultivo*Dosis

| Cultivo | Dosis | Mean | Homogeneous Groups |
|---------|-------|--------|--------------------|
| 1 | 2 | 40,000 | A |
| 2 | 1 | 40,000 | A |
| 2 | 2 | 40,000 | A |
| 2 | 5 | 40,000 | A |
| 1 | 1 | 36,000 | A |
| 1 | 3 | 36,000 | A |
| 1 | 4 | 36,000 | A |
| 2 | 3 | 36,000 | A |
| 1 | 5 | 32,000 | A |
| 2 | 4 | 32,000 | A |

Comparisons of means for the same level of Cultivo

Alpha 0,05 Standard Error for Comparison 5,1121
 Critical Q Value 4,616 Critical Value for Comparison 16,685 Error term used:
 Rep*Cultivo*Dosis, 72 DF

Comparisons of means for different levels of Cultivo

Alpha 0,05 Standard Error for Comparison 4,8442
 Critical Q Value 4,738 Critical Value for Comparison 16,230 Error terms used:
 Rep*Cultivo and Rep*Cultivo*Dosis

There are no significant pairwise differences among the means.

Tukey HSD All-Pairwise Comparisons Test of LongBL for Cultivo

| Cultivo | Mean | Homogeneous Groups |
|---------|--------|--------------------|
| 1 | 0,0671 | A |
| 2 | 0,0643 | A |

Alpha 0,05 Standard Error for Comparison 0,0136
 Critical Q Value 3,201 Critical Value for Comparison 0,0307
 There are no significant pairwise differences among the means.

Tukey HSD All-Pairwise Comparisons Test of LongBL for Dosis

| Dosis | Mean | Homogeneous Groups |
|-------|--------|--------------------|
| 3 | 0,0916 | A |
| 2 | 0,0642 | A |
| 5 | 0,0586 | A |
| 1 | 0,0575 | A |
| 4 | 0,0566 | A |

Alpha 0,05 Standard Error for Comparison 0,0211
 Critical Q Value 3,958 Critical Value for Comparison 0,0589
 There are no significant pairwise differences among the means.

Tukey HSD All-Pairwise Comparisons Test of LongBL for Cultivo*Dosis

| Cultivo | Dosis | Mean | Homogeneous Groups |
|---------|-------|--------|--------------------|
| 1 | 3 | 0,1191 | A |
| 2 | 5 | 0,0697 | A |
| 2 | 2 | 0,0669 | A |
| 2 | 3 | 0,0642 | A |
| 2 | 1 | 0,0631 | A |
| 1 | 2 | 0,0614 | A |
| 2 | 4 | 0,0577 | A |
| 1 | 4 | 0,0555 | A |
| 1 | 1 | 0,0519 | A |
| 1 | 5 | 0,0475 | A |

Comparisons of means for the same level of Cultivo

Alpha 0,05 Standard Error for Comparison 0,0298
 Critical Q Value 4,616 Critical Value for Comparison 0,0972 Error term used:
 Rep*Cultivo*Dosis, 72 DF

Comparisons of means for different levels of Cultivo

Alpha 0,05 Standard Error for Comparison 0,0299
 Critical Q Value 4,847 Critical Value for Comparison 0,1025 Error terms used:
 Rep*Cultivo and Rep*Cultivo*Dosis

There are no significant pairwise differences among the means

Tukey HSD All-Pairwise Comparisons Test of Númbrotres for Cultivo

Cultivo Mean Homogeneous Groups

| | | |
|---|--------|---|
| 2 | 2,0400 | A |
| 1 | 1,7400 | A |

Alpha 0,05 Standard Error for Comparison 0,1438
Critical Q Value 3,201 Critical Value for Comparison 0,3254

There are no significant pairwise differences among the means.

Tukey HSD All-Pairwise Comparisons Test of Numbros for Dosis

Dosis Mean Homogeneous Groups

| | | |
|---|--------|---|
| 2 | 2,0500 | A |
| 5 | 2,0000 | A |
| 4 | 1,9500 | A |
| 3 | 1,7500 | A |
| 1 | 1,7000 | A |

Alpha 0,05 Standard Error for Comparison 0,2808
Critical Q Value 3,958 Critical Value for Comparison 0,7857

There are no significant pairwise differences among the means.

Tukey HSD All-Pairwise Comparisons Test of Numbros for Cultivo*Dosis

Cultivo Dosis Mean Homogeneous Groups

| | | | |
|---|---|--------|---|
| 2 | 5 | 2,6000 | A |
| 2 | 2 | 2,1000 | A |
| 2 | 4 | 2,1000 | A |
| 1 | 2 | 2,0000 | A |
| 1 | 3 | 1,9000 | A |
| 2 | 1 | 1,8000 | A |
| 1 | 4 | 1,8000 | A |
| 1 | 1 | 1,6000 | A |
| 2 | 3 | 1,6000 | A |
| 1 | 5 | 1,4000 | A |

Comparisons of means for the same level of Cultivo

Alpha 0,05 Standard Error for Comparison 0,3971
Critical Q Value 4,616 Critical Value for Comparison 1,2959 Error term used:
Rep*Cultivo*Dosis, 72 DF

Comparisons of means for different levels of Cultivo

Alpha 0,05 Standard Error for Comparison 0,3831

Critical Q Value 4,774 Critical Value for Comparison 1,2933 Error terms used:
Rep*Cultivo and Rep*Cultivo*Dosis

There are no significant pairwise differences among the means.

Tukey HSD All-Pairwise Comparisons Test of NHRL for Cultivo

Cultivo Mean Homogeneous Groups

| | | |
|---|--------|---|
| 2 | 3,2200 | A |
| 1 | 1,5800 | B |

Alpha 0,05 Standard Error for Comparison 0,1904
 Critical Q Value 3,201 Critical Value for Comparison 0,4310
 All 2 means are significantly different from one another.

Tukey HSD All-Pairwise Comparisons Test of NHRL for Dosis

Dosis Mean Homogeneous Groups

| | | |
|---|--------|---|
| 2 | 2,6500 | A |
| 5 | 2,6000 | A |
| 4 | 2,3500 | A |
| 3 | 2,3000 | A |
| 1 | 2,1000 | A |

Alpha 0,05 Standard Error for Comparison 0,2992
 Critical Q Value 3,958 Critical Value for Comparison 0,8372
 There are no significant pairwise differences among the means.

Tukey HSD All-Pairwise Comparisons Test of NHRL for Cultivo*Dosis

Cultivo Dosis Mean Homogeneous Groups

| | | | |
|---|---|--------|----|
| 2 | 5 | 3,5000 | A |
| 2 | 2 | 3,5000 | A |
| 2 | 3 | 3,3000 | A |
| 2 | 1 | 2,9000 | AB |
| 2 | 4 | 2,9000 | AB |
| 1 | 2 | 1,8000 | BC |
| 1 | 4 | 1,8000 | BC |
| 1 | 5 | 1,7000 | BC |
| 1 | 3 | 1,3000 | C |
| 1 | 1 | 1,3000 | C |

Comparisons of means for the same level of Cultivo

Alpha 0,05 Standard Error for Comparison 0,4231
 Critical Q Value 4,616 Critical Value for Comparison 1,3808 Error term used:
 Rep*Cultivo*Dosis, 72 DF

Comparisons of means for different levels of Cultivo

Alpha 0,05 Standard Error for Comparison 0,4236
 Critical Q Value 4,842 Critical Value for Comparison 1,4506 Error terms used:
 Rep*Cultivo and Rep*Cultivo*Dosis

There are 3 groups (A, B, etc.) in which the means are not significantly different from one another.

Resumen de estadísticos

Breakdown for Prendimie

| Variable | Level | Mean | SD | SE |
|----------|-------|--------|--------|--------|
| Dosis | 1 | 90,000 | 31,623 | 10,000 |
| Dosis | 2 | 100,00 | 0,0000 | 0,0000 |
| Dosis | 3 | 90,000 | 31,623 | 10,000 |
| Dosis | 4 | 90,000 | 31,623 | 10,000 |
| Dosis | 5 | 80,000 | 42,164 | 13,333 |
| Cultivo | 1 | 90,000 | 30,305 | 4,2857 |
| Dosis | 1 | 100,00 | 0,0000 | 0,0000 |
| Dosis | 2 | 100,00 | 0,0000 | 0,0000 |
| Dosis | 3 | 90,000 | 31,623 | 10,000 |
| Dosis | 4 | 80,000 | 42,164 | 13,333 |
| Dosis | 5 | 100,00 | 0,0000 | 0,0000 |
| Cultivo | 2 | 94,000 | 23,990 | 3,3927 |
| Overall | | 92,000 | 27,266 | 2,7266 |

Cases Included 100 Missing Cases 0

Breakdown for Encallami

| Variable | Level | Mean | SD | SE |
|----------|-------|--------|--------|--------|
| Dosis | 1 | 47,610 | 16,966 | 5,3652 |
| Dosis | 2 | 54,660 | 1,9608 | 0,6201 |
| Dosis | 3 | 54,010 | 19,170 | 6,0620 |
| Dosis | 4 | 49,130 | 17,385 | 5,4978 |
| Dosis | 5 | 39,120 | 20,696 | 6,5447 |
| Cultivo | 1 | 48,906 | 16,948 | 2,3968 |
| Dosis | 1 | 62,470 | 2,9349 | 0,9281 |
| Dosis | 2 | 60,470 | 3,1917 | 1,0093 |
| Dosis | 3 | 59,280 | 20,999 | 6,6405 |
| Dosis | 4 | 46,900 | 24,785 | 7,8376 |
| Dosis | 5 | 55,250 | 3,0138 | 0,9530 |
| Cultivo | 2 | 56,874 | 15,165 | 2,1447 |
| Overall | | 52,890 | 16,493 | 1,6493 |

Cases Included 100 Missing Cases 0

Breakdown for TABL

| Variable | Level | Mean | SD | SE |
|----------|-------|--------|--------|--------|
| Dosis | 1 | 36,000 | 12,649 | 4,0000 |
| Dosis | 2 | 40,000 | 0,0000 | 0,0000 |
| Dosis | 3 | 36,000 | 12,649 | 4,0000 |
| Dosis | 4 | 36,000 | 12,649 | 4,0000 |
| Dosis | 5 | 32,000 | 16,865 | 5,3333 |
| Cultivo | 1 | 36,000 | 12,122 | 1,7143 |
| Dosis | 1 | 40,000 | 0,0000 | 0,0000 |
| Dosis | 2 | 40,000 | 0,0000 | 0,0000 |
| Dosis | 3 | 36,000 | 12,649 | 4,0000 |
| Dosis | 4 | 32,000 | 16,865 | 5,3333 |

| | | | | |
|---------|---|--------|--------|--------|
| Dosis | 5 | 40,000 | 0,0000 | 0,0000 |
| Cultivo | 2 | 37,600 | 9,5959 | 1,3571 |
| Overall | | 36,800 | 10,906 | 1,0906 |

Cases Included 100

Missing Cases 0

Breakdown for LongBL

| Variable | Level | Mean | SD | SE |
|----------|-------|--------|-----------|-----------|
| Dosis | 1 | 0,0519 | 0,0201 | 6,352E-03 |
| Dosis | 2 | 0,0614 | 3,169E-03 | 1,002E-03 |
| Dosis | 3 | 0,1191 | 0,2051 | 0,0649 |
| Dosis | 4 | 0,0555 | 0,0198 | 6,265E-03 |
| Dosis | 5 | 0,0475 | 0,0254 | 8,018E-03 |
| Cultivo | 1 | 0,0671 | 0,0933 | 0,0132 |
| Dosis | 1 | 0,0631 | 6,657E-03 | 2,105E-03 |
| Dosis | 2 | 0,0669 | 4,433E-03 | 1,402E-03 |
| Dosis | 3 | 0,0642 | 0,0231 | 7,312E-03 |
| Dosis | 4 | 0,0577 | 0,0309 | 9,757E-03 |
| Dosis | 5 | 0,0697 | 9,274E-03 | 2,933E-03 |
| Cultivo | 2 | 0,0643 | 0,0178 | 2,518E-03 |
| Overall | | 0,0657 | 0,0668 | 6,684E-03 |

Cases Included 100

Missing Cases 0

Breakdown for Númbrotos

| Variable | Level | Mean | SD | SE |
|----------|-------|--------|--------|--------|
| Dosis | 1 | 1,6000 | 0,9661 | 0,3055 |
| Dosis | 2 | 2,0000 | 0,8165 | 0,2582 |
| Dosis | 3 | 1,9000 | 0,9944 | 0,3145 |
| Dosis | 4 | 1,8000 | 1,0328 | 0,3266 |
| Dosis | 5 | 1,4000 | 0,9661 | 0,3055 |
| Cultivo | 1 | 1,7400 | 0,9435 | 0,1334 |
| Dosis | 1 | 1,8000 | 0,7888 | 0,2494 |
| Dosis | 2 | 2,1000 | 0,9944 | 0,3145 |
| Dosis | 3 | 1,6000 | 0,9661 | 0,3055 |
| Dosis | 4 | 2,1000 | 0,8756 | 0,2769 |
| Dosis | 5 | 2,6000 | 0,5164 | 0,1633 |
| Cultivo | 2 | 2,0400 | 0,8797 | 0,1244 |
| Overall | | 1,8900 | 0,9200 | 0,0920 |

Cases Included 100

Missing Cases 0

Breakdown for NHRL

| Variable | Level | Mean | SD | SE |
|----------|-------|--------|--------|--------|
| Dosis | 1 | 1,3000 | 0,6749 | 0,2134 |
| Dosis | 2 | 1,8000 | 0,4216 | 0,1333 |
| Dosis | 3 | 1,3000 | 0,6749 | 0,2134 |
| Dosis | 4 | 1,8000 | 0,7888 | 0,2494 |
| Dosis | 5 | 1,7000 | 0,8233 | 0,2603 |
| Cultivo | 1 | 1,5800 | 0,7025 | 0,0993 |
| Dosis | 1 | 2,9000 | 0,7379 | 0,2333 |
| Dosis | 2 | 3,5000 | 0,7071 | 0,2236 |
| Dosis | 3 | 3,3000 | 1,4181 | 0,4485 |

| | | | | |
|---------|---|--------|--------|--------|
| Dosis | 4 | 2,9000 | 1,6633 | 0,5260 |
| Dosis | 5 | 3,5000 | 0,7071 | 0,2236 |
| Cultivo | 2 | 3,2200 | 1,1119 | 0,1572 |
| Overall | | 2,4000 | 1,2391 | 0,1239 |

Cases Included 100

Missing Cases 0

Anexo 2. Fotografías de las actividades



Injerto de manzana.



Primera toma de datos a los 20 días en manzana.



Injertos que no prendieron, por alguna razón.



Segunda toma de datos a los 40 días con presencia de brotes y hojas.



Primera toma de datos de injertos de nuez a los 20 días.





Segunda toma de datos a los 40 días de injertos de nuez.

