

Tesina final de Grado

“INFLUENCIA DE CONCENTRACIÓN DE HUMUS Y ORIGEN DE SEMILLA SOBRE EL CRECIMIENTO DE PLANTINES DE PROSOPIS FLEXUOSA.”



Autor: Anabella Mirtha Massa Decon

Grado por el que se opta: INGENIERÍA EN RECURSOS NATURALES RENOVABLES
Pertenencia Institucional: Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Cuyo,
con dirección; Almirante Brown 500, Chacras de Coria - Luján de Cuyo - Mendoza -
Argentina. Tel.: (+54 261) 413-5010

Lugar y fecha: Mendoza, Argentina. Diciembre de 2019

“INFLUENCIA DE CONCENTRACIÓN DE HUMUS Y ORIGEN DE SEMILLA SOBRE EL CRECIMIENTO DE PLANTINES DE PROSOPIS FLEXUOSA.”



Autor: Anabella Mirtha Massa Decon

Dirección Postal: Ramón Gil 540, Maipú, Mendoza, código postal: 5515

Correo Electrónico: anabella.massa@gmail.com

Teléfono: +549 261 3899528

Pertenencia Institucional: Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Cuyo.

Lugar y fecha: Mendoza, Argentina, 2019

Directora: Pérez, Silvina; Magister en Riego y Drenaje.

Co-director: Calderón, Alberto; Ing. Agrónomo.

Miembros del Comité Evaluador:

Martinengo, Nora Beatriz; Master of Science Applied of Statistic.

Bustamante, Juan Alberto; Doctor en Ciencias Forestales e Ingeniería de Recursos Naturales.

Fioretti, Sonia Beatriz; Magister en Arquitectura Paisajista.

RESUMEN:

Una amplia superficie de la provincia de Mendoza ha sufrido impactos negativos a causa del aprovechamiento no sostenible y por la consecuente destrucción de la masa boscosa producto de incendios naturales o provocados. Para remediarlo se propone una reforestación, por lo que se evaluó el comportamiento de *Prosopis flexuosa* en vivero en función de diferentes sustratos y orígenes de semillas. Se probaron cuatro tipos de sustrato según las proporciones elegidas (vermicompost:tierra franco arenosa), entre ellos tenemos cuatro tipos: B (1:5), D (1:3); A (5:7) y C (solo tierra franco arenosa). Se usaron dos orígenes de semilla: Bolsón de Fiambalá (Catamarca) y General Alvear (Mendoza). Una vez que se consiguió contar con el mínimo de plantines por repetición que se consideraba adecuado, en nuestro caso quince, se comenzó la toma de datos. Las mediciones se realizaron con una diferencia de 69 días entre la primera y la última. Con ella se construyeron las variables delta diámetro al cuello de raíz y delta altura. En el ensayo se encontraron diferencias significativas para estas variables según el sustrato y el origen de semilla. La mejor combinación está dada por las semillas provenientes del Bolsón de Fiambalá con un sustrato que contenga al menos 1 parte de humus por 3 de tierra franco arenosa.

ABSTRACT:

A large area of the province of Mendoza has suffered negative impacts due to unsustainable exploitation and the consequent destruction of the forest mass resulting from natural or caused fires. For that reason, to remedy it a reforestation is proposed, so the behavior of *Prosopis flexuosa* in nursery was evaluated based on different substrates and seed origins. Four types of substrate were tested according to their (vermicompost content:sandy loam) proportion, among them we have: type B (1: 5), type C (1: 3); type A (5: 7) and type C (only sandy loam). Two seed origins were used: Bolsón de Fiambalá (Catamarca) and General Alvear (Mendoza). Once the minimum number of seedlings per repetition that was considered adequate was achieved, in this case fifteen, data collection began. The measurements were made with a difference of 69 days between the first and the last day. With it, the variables delta diameter at the root neck and delta height were constructed. In the trial, significant differences were found for these variables according to the substrate and the seed origin. The best combination is given by the seeds from the Bag of Fiambalá with a substrate containing at least 1 part of humus per 3 of sandy loam.

PALABRAS CLAVE: Mendoza, Catamarca, Vivero, Algarrobo dulce.

AGRADECIMIENTOS:

A las maravillosas personas con las que me tope en la EEA INTA Junín. Entre ellas, a las pasantes: Celeste, Camille, Stella, Sandra, Viviana y muy especialmente a Gaby Quagliariello que tuvo a bien de poner a mi disposición los recursos para poder realizar este trabajo.

A mi Directora de tesis, que estuvo siempre pendiente y dispuesta a ayudarme ante cualquier situación que ocurrió.

Y particularmente a mi familia y amigos, que sin su apoyo nada de esto sería posible.

ÍNDICE:

1.1. Introducción	1
1.1.1. Fundamentación	1
1.1.2. Formulación del Problema	2
1.1.3. Hipótesis	2
1.1.4. Objetivos	2
1.1.5. Estado del Conocimiento Actualizado del tema	3
1.1.5.1. Descripción de la especie en estudio: <i>Prosopis flexuosa</i> .	3
1.1.5.2. Aspectos que hacen al óptimo crecimiento de plantas forestales.	4
1.1.5.3. Ensayos relacionados a la procedencia de semillas de <i>P. flexuosa</i> .	4
1.1.5.4. Ensayos realizados para el sustrato en especies forestales.	5
1.2. Materiales y Métodos	6
1.2.1 Material seleccionado para llevar a cabo las pruebas	6
1.2.2 . Localizacion y duracion del proyecto	6
1.2.3. Estudios llevados a cabo	6
1.2.3.1 Sustrato y agua de riego.	6
1.2.3.2. Semillas.	7
1.2.2. Etapa de Vivero	7
1.2.3. Toma de datos	8
1.2.4. Análisis estadístico	9
1.3. Resultados	12
1.3.1. Delta Diámetro	12
1.3.2. Delta Altura	14
1.4. Discusión	17
1.5. Conclusiones	19
1.6. Bibliografía	20

2. Anexo: Detalle del Análisis Estadístico	
2.1. Análisis Exploratorio de Datos	22
2.1.1. Delta Diámetro	22
2.1.2. Delta Altura	23
2.2. Delta Diámetro	25
2.2.1. Supuestos de ADEVA	25
2.2.1.1. Normalidad	25
2.2.1.2. Homogeneidad de Varianza	26
2.2.2. ADEVA Paramétrica	27
2.3. Delta Altura	30
2.3.1. Supuestos de ADEVA	30
2.3.1.1. Normalidad	31
2.3.1.2. Homogeneidad de Varianza	32
2.3.2. Supuestos de ADEVA para Logaritmo Natural de Delta Altura	32
2.3.2.1. Normalidad	33
2.3.2.2. Homogeneidad de Varianza	33
2.3.2.3. ANOVA No Paramétrica según Kruskal Wallis	34
2.3.3. Para la los datos que de valor cero.	37

ÍNDICE DE TABLAS:

Tabla 1: Conductividad eléctrica en microS. Cm-1 y pH de muestras de los distintos sustratos empleados y el agua de riego utilizada.	7
Tabla 2: Descripción de los factores y niveles cada factor para el Análisis Polifactorial.	9
Tabla 3: Test de Tukey para las diferencias de medias de Delta Diámetro al cuello de raíz respecto a los diferentes orígenes y sustratos.	13
Tabla 4: Test de Tukey para las diferencias de medias de Delta Altura respecto a los diferentes orígenes y sustratos.	15
Tabla 5: Medidas resumen para la variable Delta Diámetro.	22
Tabla 6: Medidas resumen para la variable Delta Altura.	22
Tabla 7: Medidas resumen para la variable Delta Altura, una vez que se separaron los datos de valor cero.	23
Tabla 8: Salida realizada para el análisis de varianza para la Prueba de Levene de homogeneidad de varianza para Delta Diámetro.	25
Tabla 9: Salida para la Prueba de ANOVA Paramétrica para Delta Diámetro.	26
Tabla 10: Salida para la Prueba de Hipótesis de Shapiro-Wilks para Delta Altura	26
Tabla 11: Salida de ANOVA para la Prueba de Levene para Delta Altura.	29
Tabla 12: Salida para Prueba de Hipótesis según Shapiro-Wilks para Delta Altura.	30
Tabla 13: Salida de ANOVA para la Prueba de Levene para Delta Altura.	32
Tabla 14: Salida para la Prueba de ANOVA No Paramétrica para el Logaritmo Natural del Delta Altura.	33
Tabla 15: Distribución de frecuencias absolutas de la proporción de individuos que no crecieron en altura para el ensayo (n=666).	34

ÍNDICE DE FIGURAS:

Figura 1: Croquis demostrativo de la distribución de envases en las diferentes cajas, contando con quince plantines por caja.	8
Figura 2: Modelo del experimento factorial 4x2 con diseño de parcelas completas al azar para la variable Delta Diámetro.	10
Figura 3: Modelo del experimento factorial 4x2 con diseño de parcelas completas al azar para la variable Delta Altura. Fuente: elaboración propia.	10
Figura 4: Gráfico de caja de la variable Delta Diámetro al cuello de raíz (en cm) respecto a los diferentes orígenes y sustratos	11
Figura 5: Gráfico de interacción entre el tipo de sustrato y Delta Diámetro (en cm) según el origen de semilla.	12
Figura 6: Gráfico de caja de la variable Delta Altura (en cm) respecto a los diferentes orígenes y sustratos, una vez que se separaron los datos de valor cero.	13
Figura 7: Gráfico de interacción entre el tipo de sustrato y Delta Altura (en cm) según el origen de semilla.	15
Figura 8: Gráfico de frecuencias absolutas del “número de casos de valor cero” por tratamiento respecto al total de casos en dicho tratamiento (n=666).	16
Figura 9: Q Q plot cuantiles observados de residuos de la variable Delta Diámetro (en cm) en función de los cuantiles de una normal.	24
Figura 10: Gráfico de residuos de Delta Diámetro (en cm) en función de predichos de Delta Diámetro (en cm).	24
Figura 11: Q Q plot cuantiles de los observados de residuos de la variable Delta Altura (en cm) función de los cuantiles de una normal.	27
Figura 12: Gráfico de residuos de Delta Altura (en cm) en función de predichos de Delta Altura (en cm).	28
Figura 13: Q Q plot cuantiles observados de residuos de la variable logaritmo natural de Delta Altura (en cm) en función de los cuantiles de una normal.	30
Figura 14: Gráfico de residuos del logaritmo natural Delta Altura (en cm) en función de predichos del logaritmo de Delta Altura (en cm).	31

1.1. INTRODUCCIÓN

La provincia de Mendoza forma parte de la región fitogeográfica del Monte, que se caracteriza por la presencia de vegetación xerófila y de porte achaparrado propia de regiones con bajas precipitaciones. Los algarrobos (*Prosopis* spp.) son especies forestales que se destacan por su adaptación y crecimiento a tales condiciones (Peralta & Martínez, 1995).

La recuperación del ecosistema de Bosque Nativo destruido a causa del fuego o de su sobreexplotación, deriva en un aumento significativo de la calidad de vida de la población que habita en la zona y sus alrededores. Esto se debe, a que el bosque posibilita el desarrollo sustentable de la ganadería de zonas áridas, ya que disminuye la evapotranspiración de animales y pasturas que se desarrollan bajo la copa de los árboles, constituye una importante fuente de alimento para el ganado, fauna y el hombre y, por último, proporciona la madera que los pobladores usan para construcción, calefacción, etc. (Peralta & Martínez, 1995).

La reforestación trae como consecuencia, además, un aumento de la biodiversidad del sistema por la atracción que genera sobre la fauna, por ejemplo con especies de insectos, aves, mamíferos que lo usan como fuente alimento y resguardo. Por otro lado, la presencia de la masa boscosa mejora las propiedades del suelo, aumentando la infiltración, evitando la erosión y la pérdida acelerada de materia orgánica. A lo que debería añadirse, la importancia que los bosques tienen para disminuir la concentración de gases de efecto invernadero en la atmósfera (FAO, 2015).

Es de destacar, que la restauración forestal en áreas degradadas cuenta con el soporte de la legislación nacional vigente, ya que la Ley 26.331 denominada de Presupuestos Mínimos de Protección Ambiental de Bosques Nativos, en su artículo primero, “establece los presupuestos mínimos de protección ambiental para el enriquecimiento, la restauración, conservación, aprovechamiento y manejo sostenible de los bosques nativos, y de los servicios ambientales que éstos brindan a la sociedad. Asimismo, establece un régimen de fomento y criterios para la distribución de fondos por los servicios ambientales que brindan los bosques nativos”.

Asimismo, la Provincia de Mendoza adhiere a la legislación nacional en la Ley Provincial 8.195, Ley de Ordenamiento de Bosque Nativo de la Provincia de Mendoza, “cumpliendo lo previsto en el Artículo 6° de la Ley Nacional N° 26.331 de Presupuestos Mínimos de Protección Ambiental de los Bosques Nativos y en ejercicio del dominio originario de la Provincia sobre sus recursos naturales, en los términos de lo establecido en el Artículo 124° de la Constitución Nacional”.

1.1.1. Fundamentación

Con el aval de la legislación Nacional y Provincial, y teniendo en cuenta la necesidad de recuperación de áreas de bosque nativo degradadas de la provincia, es necesario lograr la restauración de la comunidad del algarrobal. Es de destacar además, y de acuerdo a numerosas investigaciones, que la mencionada comunidad cuenta con escasas probabilidades de reforestación en la que no intervenga el ser humano, esto se debe a ingesta de las semillas por parte de la fauna presente y la gran cantidad de días en las

que el suelo se encuentra deficiente de agua, dificultando el desarrollo de los plantines (Villagra et al., 2004).

Por ello, es recomendable realizar la producción de los plantines en vivero, ya que permite lograr un plantín de calidad en un menor tiempo y costo, consiguiendo a su vez, que éste se adapte al posterior trasplante y establecimiento en el lugar definitivo. Para ello, se debe contar con el desarrollo y empleo de labores culturales apropiadas y técnicas de producción eficientes (Salto et al. 2018).

Por todo lo anteriormente mencionado, en el presente trabajo, se pretende evaluar, para la provincia de Mendoza una metodología que permita producir gran cantidad de plantines de *P. flexuosa* aptos para la reforestación de zonas degradadas con un menor costo en uso de sustratos especiales. Para ello es fundamental contar con información suficiente que asegure la supervivencia y desarrollo de los mismos en la etapa de producción y de trasplante. El estudio que se pretende llevar a cabo, se debe considerar como una contribución más a los esfuerzos realizados por múltiples instituciones públicas y privadas que trabajan incansablemente en la temática.

1.1.2. Formulación del problema

Una amplia superficie de la provincia de Mendoza ha sufrido impactos negativos a causa del aprovechamiento no sostenible y por la consecuente destrucción de la masa boscosa producto de incendios naturales o provocados.

A fin de remediar esta situación Villagra & Álvarez (2006), propusieron realizar la reforestación de estas áreas con la especie *Prosopis flexuosa*, comúnmente conocida como algarrobo dulce, árbol representativo de la zona. La elección de esta especie está basada en su capacidad para prosperar en zonas áridas (Passera, 2000). “Las adaptaciones a condiciones ambientales severas y la importancia económica que tiene para la silvicultura de secano, propicia a *Prosopis spp.* como una excelente alternativa para la restauración de zonas degradadas” (Villagra et al., 2010).

1.1.3. Hipótesis

“Las tasas de crecimiento en altura y en diámetro al cuello de raíz en plantines de *Prosopis flexuosa*, difieren según la procedencia de las semillas y la concentración de vermicompost en el sustrato”.

1.1.4. Objetivos

1.1.4.1. Objetivo general:

- Determinar tasa de crecimiento en altura y en diámetro al cuello de raíz de plantines de *P. flexuosa* para diferentes concentraciones de vermicompost en el sustrato y procedencias de las semillas sembradas.

1.1.4.2. Objetivos particulares

- Determinar si existe efecto de interacción entre el procedencia de la semilla y la concentración de vermicompost en el sustrato sobre la tasa de crecimiento en altura en plantines de *P. flexuosa*.

- Determinar si existe efecto de interacción entre la procedencia de la semilla y la concentración de vermicompost en el sustrato sobre la tasa de crecimiento en diámetro al cuello de raíz en plantines de *P. flexuosa*.

1.1.5. Estado de conocimiento actualizado del tema.

1.1.5.1. Descripción de la especie en estudio: *Prosopis flexuosa*.

Es una especie arbórea y arbustiva ampliamente distribuida en el país, perteneciente a la familia Leguminosae, subfamilia Mimosoideas. El nombre «Prosopis» tiene origen griego pero con significado incierto, mientras que «flexuosa» está dado por las características de sus ramas (Demaio, 2002). Mejor conocida como «algarrobo dulce», se encuentra distribuida en las zonas de clima árido del sur de América, entre el centro al norte de Chile y al Oeste de Argentina según Roig (1987).

Ruiz (1972) y Demaio (2002) la describen como un árbol de que mide entre 2-8 m de alto, el mismo tiene ramas tortuosas dispuestas de a pares en los nudos. El follaje es caduco, compuesto por hojas bipinnadas y fasciculadas, sin vestigios de pelos o muy pocos; folíolos opuestos y lineares. La distancia entre los folíolos es mayor que el diámetro de los mismos.

Las espinas están dispuestas de a pares. Las flores son perfectas y pequeñas que contienen cáliz y corola pubescentes, se disponen en espigas pendulares. Fruto tipo vaina carnosa muy dulce de forma recta o curvada hasta formar una hoz, con una compresión ligera en los espacios entre semilla.

Es de importancia, que a su elevada variabilidad genética se le añade la aptitud de hibridarse con otras especies del género, dando origen a individuos con caracteres intermedios entre ambas especies.

1.1.5.2. Aspectos que hacen al óptimo crecimiento de plantas forestales.

Quiroz et al. (2009) explican que para llevar a cabo una reforestación óptima, se deben asegurar un conjunto de características que permitan el establecimiento de las mismas a campo, entre ellas se encuentra el diámetro al cuello de raíz y la altura. El primero es un buen indicador de la capacidad de la planta de transportar agua y nutrientes desde las raíces. Mientras que el segundo, es un indicador de la capacidad de capacidad de fotosintetizar ya que pueden competir con la vegetación circundante.

A la hora de llevar a cabo una producción forestal, se debe considerar por un lado las características y la procedencia de las semillas utilizadas para la producción de plantines, ya que influye notablemente en las características morfológicas en cuanto a porte y magnitud de los árboles a los que darán origen y las características del sustrato, entre otros (Peñuelas & Oñaca, 2001).

Según, Peñuelas & Oñaca (2001), una forma fácil de abaratar costos en el cultivo de especies forestales es mediante el uso de bolsas de polietileno negro, ya que colaboran protegiendo la raíz de la deshidratación, sumado a que son económicas, fáciles de fabricar y de almacenar. Es importante tener en cuenta que el tamaño del contenedor sea el adecuado, ya que mientras mayor sea, será necesario un mayor tiempo para que las raíces puedan colonizar por completo, además que los envases de gran tamaño traen aparejado cierta dificultad a la hora de transportarlos, mientras que envases pequeños

pueden afectar la supervivencia de plantines a campo por falta de desarrollo radical. Peñuelas & Oñaca (2001) recomiendan que los mismos sean más altos que anchos, ya que mientras más altos, mayor será la profundidad a la que puedan llegar las raíces y mayores las posibilidades de evitar la deshidratación, como ejemplo citan experiencias con *Prosopis nigra* que dieron buenos resultados con alturas que van desde los 15 a los 20 cm de alto. Por otro lado, es importante considerar el largo de las bolsas o maletines a utilizar según el tiempo estimado que las mismas permanezcan en vivero, ya que si el tiempo es demasiado prolongado se corre el riesgo de provocar el enrulamiento de las raíces en el extremo inferior. Bustamante, Juan (comunicación personal, 7 de noviembre de 2019)

Salto et al. (2018) asegura que se debe tener en cuenta además, la aplicación de prácticas culturales apropiadas en la etapa de producción, como lo son el régimen de riego y fertilización para obtener un plantín de características apropiadas. En el caso de *Prosopis alba* Griseb se dieron recomendaciones para un óptimo crecimiento y aumento de la supervivencia, reduciendo en última instancia los costos totales de producción. Se tomaron en cuenta variables tales como el volumen y características del recipiente, la composición del sustrato, el régimen de fertilización y riego. En cuanto a este último, Salto et al. (2018) recomienda realizar controles que aseguren un drenaje suficiente, que no resulte en la excesiva lixiviación de nutrientes.

1.1.5.3. Ensayos relacionados a la procedencia de semillas de *P. flexuosa*.

Peñuelas & Oñaca (2001) recomiendan el uso de semillas disponibles localmente, ya que sin evidencia de lo contrario, las mismas suelen ser las más adaptadas a las condiciones ambientales de la zona, aunque no suelen ser las que permitan el máximo rendimiento.

Brizuela et al (2000), compararon individuos herborizados de *P. flexuosa* provenientes de Mendoza, Catamarca y San Juan a fin de evaluar caracteres fenotípicos de espinas, hojas, pecíolos, frutos y semillas donde se concluyó que había variabilidad a nivel intraespecífico. Luego de ello, se colocaron las semillas a germinar y se evaluaron sus características morfológicas bajo homogeneidad de condiciones, encontrando que la variabilidad era principalmente de origen genético y que la procedencia más sureña era la más diferenciada.

En 1991, se estableció un ensayo de progenie-procedencia en Mendoza. Cony (1996), observó en *P. flexuosa* la existencia de valores altos de heredabilidad a nivel de procedencia para rasgos de crecimiento, como por ejemplo la altura, diámetro basal a nivel del suelo, entre otros. Las variables fueron evaluadas para plantines de 34 meses de edad procedentes de diferentes localidades, incluidas Mendoza y el Bolsón de Fiambalá. Se determinó que existían diferencias significativas para las variables altura y diámetro al nivel del suelo, y que los mismos decrecen de norte a sur, siendo las plantas del Bolsón de Fiambalá las que alcanzaron mayor altura y diámetro, por lo que fueron las más recomendadas por el autor para realizar reforestación.

Así mismo Mantován, N. (2002) también evaluó para *P. flexuosa* la relación progenie-procedencia en el comportamiento para la variable altura, entre otras, pero esta vez para árboles juveniles de aproximadamente siete años de edad. Entre las localidades seleccionadas se encontraban Mendoza y Fiambalá. Se determinó una elevada variabilidad entre diferentes poblaciones para el crecimiento, siguiendo un patrón clinal

latitudinal. Dicha variabilidad, según el autor, se encuentra relacionado con la altura sobre el nivel del mar, temperatura media anual, el período libre de heladas, entre otros. Lo que provoca en las poblaciones más sureñas condiciones hostiles para el crecimiento. Una vez más se determinó que las poblaciones sureñas tienen un crecimiento menor que las poblaciones norteñas bajo las mismas condiciones.

Se realizaron, además “ensayos de reforestación en la Reserva Telteca. Los primeros ensayos pusieron a prueba técnicas de reforestación sin riego. En los mismos, se descartó la posibilidad de realizar siembra directa y se observó que el crecimiento de las plántulas establecidas fue prácticamente nulo durante los primeros 4 años (Cony y Trione, datos no publicados)” al momento de ser citados por Villagra et al. (2004).

Por otro lado, estudios realizados por Villagra & Álvarez (2006) en *P. flexuosa*, determinaron que la estructura y la forma de los ejemplares varía siguiendo un gradiente latitudinal. Las poblaciones norteñas están conformadas por individuos más altos y erectos, caracterizándose también por una tasa de crecimiento más acelerada, teniendo, en consecuencia, buenas características desde el punto de vista forestal. En cambio, los individuos provenientes de Mendoza presentan dos o más fustes cortos y que rara vez tienen forma erecta. Por lo que dicho bosque presenta un mínimo potencial forestal (Álvarez et al., 2006).

1.1.5.4. Ensayos realizados para el sustrato en especies forestales.

Con respecto al sustrato, Quiroz et al. (2009) lo definen como “*todo material sólido distinto del suelo, que colocado en un contenedor en forma pura o en mezcla, permite el anclaje del sistema radicular de la planta*”. Según los mismos autores, se deben considerar las propiedades físicas, químicas y nutritivas a fin de predecir cómo puede afectar el crecimiento de la planta.

Para el mismo se aconseja un alto porcentaje de meso y micro poros con el motivo de asegurar la retención del agua y el intercambio de gases, sumado a un buen drenaje. Usualmente se aconseja el uso sustratos con un porcentaje importante de materia orgánica compostada que actúa mejorando sus propiedades físicas y químicas, y aportando nutrientes minerales (Peñuelas & Oñaca, 2001).

Salto et al. (2018) explica que una equilibrada combinación de componentes facilita una apropiada retención de agua y capacidad de aireación. Si se incrementa la cantidad de tierra usada decrecen los costos, pero puede dar malas condiciones para el crecimiento y complicar la tarea de extraer dicho plantín. Normalmente, no es recomendable utilizar tierra como único sustrato porque endurece el pan de tierra y entorpece el intercambio gaseoso y la infiltración de agua, afectando el crecimiento de la raíz y la probabilidad de supervivencia de la planta.

1.2. MATERIALES Y MÉTODOS

1.2.1. MATERIAL SELECCIONADO PARA LLEVAR A CABO LAS PRUEBAS:

El sustrato se compone por diferentes mezclas de tierra franco arenosa y humus de lombriz. “La materia prima con la cual se produjo dicho vermicompost fue: malta de cerveza, cama de caballo, rumen de frigorífico, cama de champignon, malta de café, afrechillo de trigo y aserrín de álamo”, Cony, Mariano (comunicación personal, 29 de abril de 2019).

Las distintas combinaciones de sustratos utilizados fueron:

- A. 5:7 de humus:tierra franco arenosa
- B. 1:5 de humus:tierra franco arenosa
- C. sólo tierra franco arenosa
- D. 1:3 de humus:tierra franco arenosa

Las semillas usadas fueron recolectadas en diferentes localidades de Argentina: las semillas provenientes de Mendoza pertenecen a la localidad de Monte Comán, las mismas fueron recolectadas en marzo de 2018. Por otra parte, las semillas provenientes de Fiambalá, Catamarca fueron recolectadas en enero de 2018.

1.2.2. LOCALIZACIÓN Y DURACIÓN DEL PROYECTO

El ensayo se realizó durante el periodo de tiempo comprendido entre Octubre de 2018 y Abril de 2019 en el vivero forestal de la EEA INTA Junín, en la provincia de Mendoza, Dicho vivero contó con riego por aspersión, malla antigranizo y un recubrimiento de polietileno negro con el fin de evitar el crecimiento de malezas.

1.2.3. ESTUDIOS LLEVADOS A CABO

1.2.3.1 Sustrato y agua de riego.

En el laboratorio de la EEA INTA La Consulta se realizaron análisis de pH y conductividad eléctrica a los diferentes sustratos y al agua de riego. En el caso de los sustratos, se tomaron cuatro muestras aleatorias de aproximadamente 500 g de cada una. En el caso del agua de riego se envió una muestra de 500 cc. Se determinó que “el humus posee una conductividad eléctrica elevada, por lo que se aconsejó realizar un lavado previo a la siembra, ya que todas las mezclas de sustrato que contenían humus resultaron ser salinas”, Lipinski, Víctor (comunicación personal, 27 de noviembre de 2018).

Tabla 1: Conductividad eléctrica en microS. Cm-1 y pH de muestras de los distintos sustratos empleados y el agua de riego utilizada.

Muestra	pH	CE $\mu\text{S cm}^{-1}$
1/5 humus tierra F-A	8,20	4.450
Solo tierra F- A	8,01	3.260
1/3 humus tierra F-A	7,81	4.990
5/7 humus tierra F-A	7,71	5.270
humus	7,30	9.080
agua	8,09	1.707

Fuente: Laboratorio EEA-INTA La Consulta

Nota: CE (conductividad eléctrica en micro Siemens/cm) del extracto acuoso del suelo.

En el laboratorio de Química Agrícola de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Cuyo se envió una muestra de aproximadamente 500g de Humus, al que se le analizó el Nitrógeno total en porcentaje como estimación de su contenido nutricional. Se obtuvo un valor de 1,51% mediante el Método Kjeldahl Modificado, "valor considerado normal para el vermicompost", Valdes, Analía (comunicación personal, 25 de Marzo de 2019

1.2.3.2. Semillas.

A fin de estimar la energía germinativa de las semillas de ambas localidades, se realizó un ensayo de germinación, colocando las semillas una semana sobre algodón embebido en agua dentro de recipientes de vidrio. Se tomaron muestras aleatorias de semillas de *P. flexuosa* proveniente de las localidades Monte Comán (Mendoza) y Fiambalá (Catamarca) . Para el mismo, se usaron once semillas de Mendoza, de las cuales ocho germinaron , y solamente una de ellas desarrolló una raíz de tamaño considerable. En cambio, las diez semillas provenientes de Fiambalá germinaron, de las cuales siete desarrollaron una raíz de tamaño considerable.

1.2.2. ETAPA DE VIVERO

La etapa de puesta en marcha incluyó en un principio la homogeneización de las mezclas de humus y tierra franco arenosa, que se realizó mediante el uso de una mezcladora de cemento eléctrica. Una vez obtenido el sustrato necesario, se procedió al llenado de las bolsas de polietileno negro de 8 cm de diámetro y 25 cm de alto con diferentes concentraciones de humus:tierra franco-arenosa que, de ahora en adelante, llamaremos sustrato. Las bolsas llenas fueron colocadas de a treinta en cajas plásticas, en cada caja se colocaron bolsas que contienen el mismo tipo de sustrato.

Previo a la colocación de las cajas en su determinada posición en el vivero, se realizó aleatorización de los sustratos y orígenes de semillas a ser sembradas mediante la generación de números aleatorios con el Software Excel 2010 como se muestra en la figura 1.

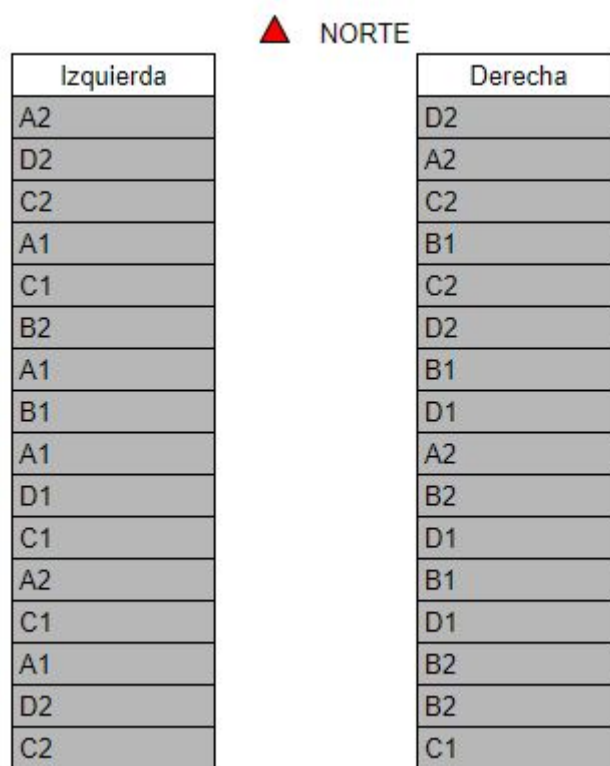


Figura 1: Croquis demostrativo de la distribución de envases en las diferentes cajas, contando con quince plantines por caja.
Fuente: elaboración propia.

Las cajas llenas, se colocaron con orientación Norte a Sur separadas del suelo por ladrillos, “procedimiento realizado a fin de evitar que por el propio crecimiento del sistema radicular las raíces penetren el suelo del vivero, lo que comunmente se conoce como afrancesamiento”. Bustamante, Juan (comunicación personal, 7 de noviembre de 2019).

Durante el tiempo que los plantines permanecieron en vivero se realizaron 2 aplicaciones de fungicida en las primeras semanas de vida. Se decidió no usar fertilización externa, los riegos se realizaron uniformemente en cuanto a volumen y oportunidad de acuerdo con los requerimientos observados.

1.2.3. TOMA DE DATOS

Una vez que se consiguió contar con el mínimo número de plantines por repetición que se consideraba adecuado, para el ensayo fue de 15, se inició la la toma de datos. Las mediciones se realizaron durante el periodo de tiempo comprendido entre el día 24 de enero de 2018 y 3 de abril de 2019, teniendo una diferencia de 69 días entre la primera y la última medición.

Los datos tomados para cada plantín, fueron los siguientes:

- Altura total (en cm)

- Diámetro a la altura del cuello de la raíz (en cm)

Para la medición de la altura total se utilizó una cinta métrica y para la toma de dato del diámetro se usó un calibre manual. Se realizaron 10 mediciones de altura total y diámetro al cuello de raíz de cada una de los plantines que se encontraban en cada repetición. El objetivo último de la toma de datos es estimar las variables tasa de crecimiento en altura y tasa de crecimiento en diámetro al cuello de raíz, que de ahora en adelante denominaremos Delta Altura y Delta Diámetro respectivamente.

1.2.4. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Para la determinación de la variable tasa de crecimiento, se realizó un arreglo factorial de diseño completamente aleatorizado (4x2). Donde el factor “Origen de semilla” contenía dos niveles “Fiambalá” y “Mendoza”, y el factor “Sustrato” contenía cuatro niveles “A” (cinco partes de humus por siete partes de tierra franco arenosa), “B” (una parte de humus por cinco de tierra franco arenosa), “C” (sólo tierra franco arenosa) y “D” (una parte de humus por tres de tierra franco arenosa) que se muestran en la tabla 2.

Tabla 2: Descripción de los factores y niveles cada factor para el Análisis Polifactorial.

Factor	Niveles
Origen de semilla	1. Fiambalá 2. Mendoza
Sustrato	A. 5:7 de humus:tierra franco arenosa B. 1:5 de humus:tierra franco arenosa C. sólo tierra franco arenosa D. 1:3 de humus:tierra franco arenosa

Fuente: elaboración propia

Se realizaron 3 repeticiones de 15 muestras para cada una de las combinaciones de acuerdo con la siguiente expresión:

$$X_{ijl} = \mu + \alpha_j + \beta_l + (\alpha\beta)_{jl} + \varepsilon_{ijl} \quad \begin{array}{l} i = 1, \dots, r \\ j = 1, \dots, a \\ l = 1, \dots, b \end{array}$$

- X_{ijl} : Respuesta de la variable aleatoria Delta Diámetro de la i-ésima observación a la que se le aplicó el j-ésimo origen de semilla y el l-ésimo sustrato
- μ : Media general
- α_j : Efecto del j-ésimo origen de semilla
- β_l : Efecto de l-ésimo sustrato
- $(\alpha\beta)_{jl}$: Efecto de interacción entre el j-ésimo origen de semilla y l-ésimo sustrato
- ε_{ijl} : Error experimental asociado a la i-ésima observación, proveniente del j-ésimo origen de semilla y l-ésimo sustrato

Figura 2: Modelo del experimento factorial 4x2 con diseño de parcelas completas al azar para la variable Delta Diámetro.

Fuente: elaboración propia.

$$Y_{ijl} = \mu + \alpha_j + \beta_l + (\alpha\beta)_{jl} + \varepsilon_{ijl} \quad \begin{array}{l} i = 1, \dots, r \\ j = 1, \dots, a \\ l = 1, \dots, b \end{array}$$

- Y_{ijl} : Respuesta de la variable aleatoria Delta Altura de la i-ésima observación a la que se le aplicó el j-ésimo origen de semilla y el l-ésimo sustrato
- μ : Media general
- α_j : Efecto del j-ésimo origen de semilla
- β_l : Efecto de l-ésimo sustrato
- $(\alpha\beta)_{jl}$: Efecto de interacción entre el j-ésimo origen de semilla y l-ésimo sustrato
- ε_{ijl} : Error experimental asociado a la i-ésima observación, proveniente del j-ésimo origen de semilla y l-ésimo sustrato

Figura 3: Modelo del experimento factorial 4x2 con diseño de parcelas completas al azar para la variable Delta Altura.

Fuente: elaboración propia.

Los análisis estadísticos se realizaron con el Software Estadístico InfoStat/L, usando la versión estudiantil 2018. En la misma se hizo Análisis Exploratorio de datos, pruebas de Normalidad, Homocedasticidad, ANOVA y pruebas de comparación de medias entre tratamientos, Prueba de Chi Cuadrado para la Homogeneidad, entre otros. Para el ANOVA, en el análisis de la variable Delta Diámetro se utilizó un alfa de 0,1; mientras que para la variable Delta Altura se usó un alfa de 0,05.

1.3. RESULTADOS

1.3.1. Delta Diámetro

Al realizar el análisis exploratorio de los datos de Delta Diámetro, se encontraron valores atípicos para Fiambalá en A, Fiambalá en B, Fiambalá en C y Mendoza en C. En la figura 1, se observa que la variable Delta Diámetro se distribuye de forma aproximadamente normal entre los diferentes tratamientos

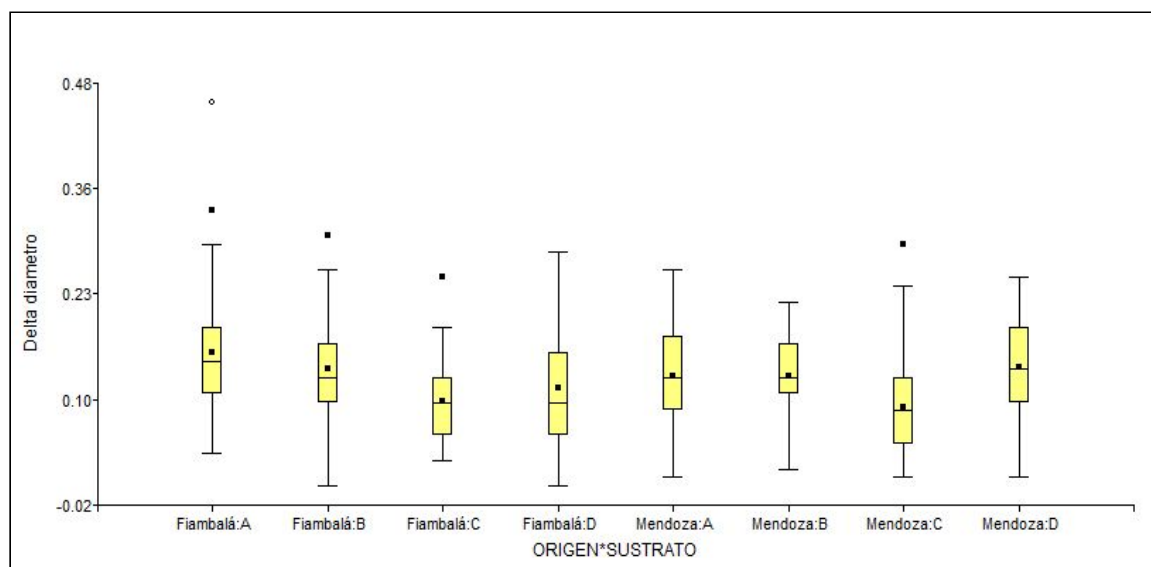


Figura 4: Gráfico de caja de la variable Delta Diámetro al cuello de raíz (en cm) respecto a los diferentes orígenes y sustratos.

Fuente: elaboración propia mediante el uso del software Estadístico InfoStat/L.

Se analizó la variable Delta Diámetro según supuestos de ANOVA de normalidad e igualdad de varianza, determinándose que la misma cumplía con dichos supuestos, por lo que se realizó un análisis de varianza paramétrica a fin de probar la existencia de la diferencia de medias entre los diferentes tratamientos. Luego se aplicó el Test de Tukey a fin de poder determinar las medias que son honestamente significativas.

A partir de dichos análisis se observa evidencia muestral suficiente para decir que existen diferencias honestamente significativas en el Delta Diámetro según el tipo de sustrato y el origen de semilla utilizado para el origen de semilla Mendoza en sustrato C y Fiambalá en sustrato tipo A para un nivel de significancia de 0,1 (Tabla 3).

Tabla 3: Test de Tukey para las diferencias de medias de Delta Diámetro al cuello de raíz (en cm) respecto a los diferentes orígenes y sustratos.

Test:Tukey Alfa=0.10 DMS=0.01085

Error: 0.0039 gl: 352

ORIGEN	Medias	n	E.E.
Mendoza	0.12	180	4.7E-03 A
Fiambalá	0.13	180	4.7E-03 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.10)

Test:Tukey Alfa=0.10 DMS=0.02137

Error: 0.0039 gl: 352

SUSTRATO	Medias	n	E.E.
C	0.10	90	0.01 A
D	0.13	90	0.01 B
B	0.14	90	0.01 B
A	0.15	90	0.01 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.10)

Test:Tukey Alfa=0.10 DMS=0.03669

Error: 0.0039 gl: 352

ORIGEN	SUSTRATO	Medias	n	E.E.
Mendoza	C	0.09	45	0.01 A
Fiambalá	C	0.10	45	0.01 A B
Fiambalá	D	0.12	45	0.01 A B C
Mendoza	B	0.13	45	0.01 B C D
Mendoza	A	0.13	45	0.01 B C D
Fiambalá	B	0.14	45	0.01 C D
Mendoza	D	0.14	45	0.01 C D
Fiambalá	A	0.16	45	0.01 D

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.10)

Fuente: elaboración propia mediante el uso del software Estadístico InfoStat/L.

En la figura 5, se observa que los se obtienen efectos diferenciados entre el origen de semilla Mendoza cuando se lo coloca en sustrato tipo C y el origen Fiambalá cuando se lo siembra en sustrato tipo A. Para el resto, los efectos son similares.

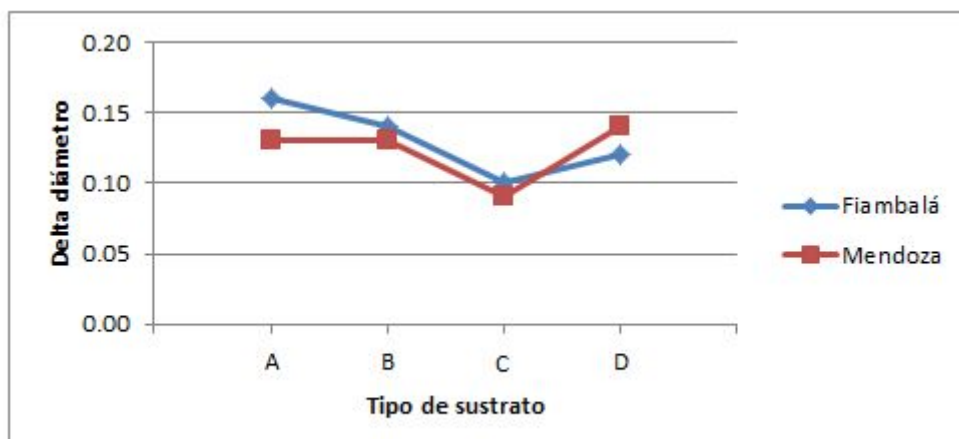


Figura 5: Gráfico de interacción entre el tipo de sustrato y Delta Diámetro (en cm) según el origen de semilla. Fuente: elaboración propia mediante el uso del software Microsoft Excel.

1.3.2. Delta Altura

Al realizar el análisis exploratorio de los datos de Delta Altura, se encontraron valores atípicos para Fiambalá en A, Fiambalá en B, Fiambalá en D y Mendoza en A, Mendoza en B y Mendoza en C. En la Figura 6, no se puede asegurar que la variable Delta Altura se distribuye de forma normal en los diferentes tratamiento, desde el punto de vista gráfico.

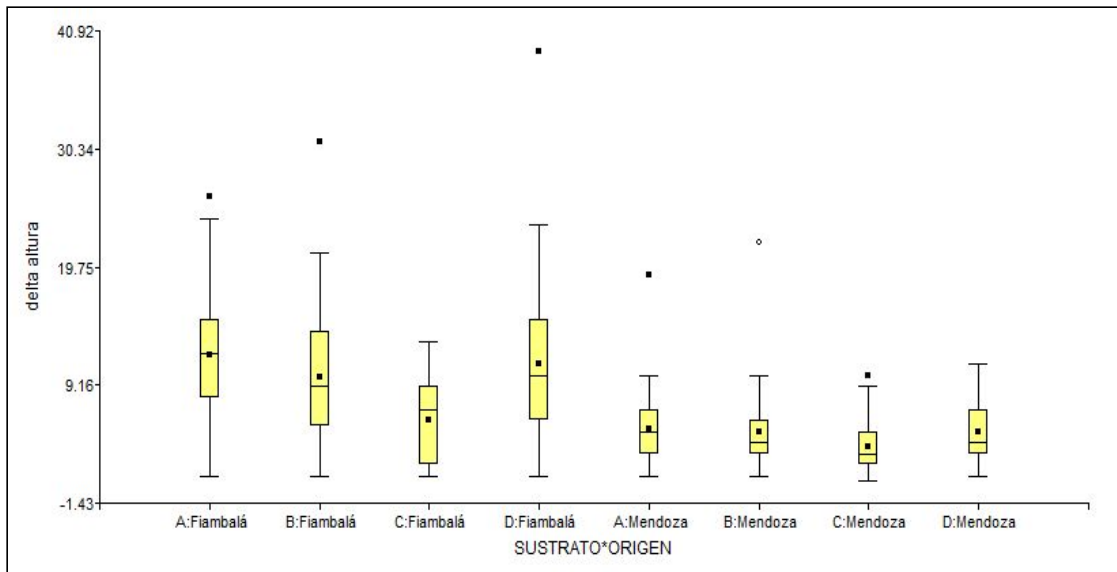


Figura 6: Gráfico de caja de la variable Delta Altura (en cm) respecto a los diferentes orígenes y sustratos, una vez que se separaron los datos de valor cero.

Fuente: elaboración propia mediante el uso del software Estadístico InfoStat/L.

Al momento de evaluar para la variable Delta Altura, sobre los supuestos de ANOVA, se determinó que no los cumple, por lo que, se optó por analizar por separado los datos de valor cero y los de valor mayor a cero. Además, para los valores mayores a cero, se realizó una transformación de datos de valor superior a cero. Es por ello que se utilizó el logaritmo natural de Delta Altura que asegurar la igualdad de varianza, posteriormente se realizó una ANOVA No Paramétrica según Kruskal Wallis, y por último un Test de Tukey.

Se observó la existencia de evidencia muestral suficiente, a un nivel de significancia de 0,05, para decir que hay diferencias significativas en el logaritmo natural de Delta Altura según el origen de semilla y el tipo de sustrato. Siendo, Fiambalá en sustrato tipo A, D, B los que lograron Deltas Alturas medias mayores. Mendoza en cualquiera de los sustratos obtuvo Delta Altura media menor.

Tabla 4: Test de Tukey para las diferencias de medias de Delta Altura (en cm) respecto a los diferentes orígenes y sustratos.

Trat.	Ranks
Mendoza:C	104.68 A
Mendoza:B	137.52 A B
Mendoza:D	144.28 A B
Mendoza:A	146.67 A B
Fiambalá:C	168.60 B
Fiambalá:B	231.99 C
Fiambalá:D	241.68 C
Fiambalá:A	268.59 C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Fuente: elaboración propia mediante el uso del software Estadístico InfoStat/L.

En las figura 7, se observa que la variable Delta Altura para el origen de semilla Mendoza obtiene un efecto de valor aproximadamente similar para cualquiera de los sustratos. Por otro lado, Para Fiambalá, los sustratos A, B y D producen efectos similares entre si, observándose una diferencia grosera cuando se usa el sustrato de tipo C.

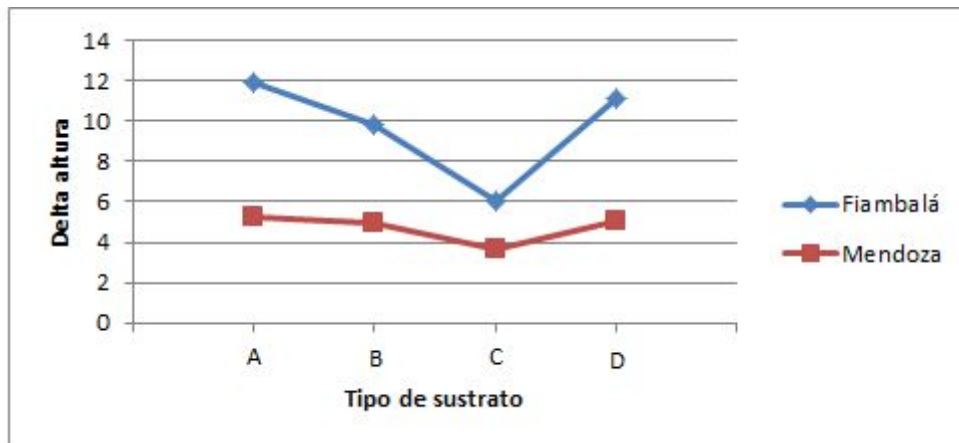


Figura 7: Gráfico de interacción entre el tipo de sustrato y Delta Altura (en cm) según el origen de semilla. Fuente: elaboración propia mediante el uso del software Microsoft Excel.

Por otro lado, para los datos de valor cero, se llevó a cabo una Prueba de Hipótesis de Chi-Cuadrado para Homogeneidad. La misma se realizó a partir de las frecuencias relativas del “número de casos donde se obtuvo valor cero” para cada una de las combinaciones (figura 8).

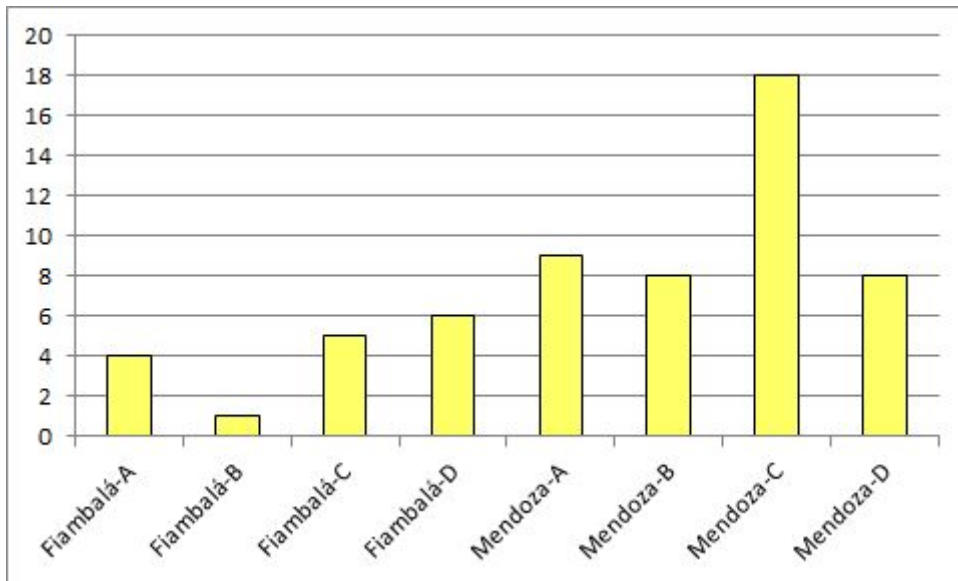


Figura 8: Gráfico de frecuencias absolutas del “número de casos de valor cero” por tratamiento respecto al total de casos en dicho tratamiento (n=666).

Fuente: elaboración propia mediante el uso del software Microsoft Excel.

En la Prueba de Hipótesis se obtuvo evidencia muestral suficiente a nivel de significancia de 0,05 para decir que los datos correspondientes a las alturas clasificadas según origen de semilla y tipo de sustrato se distribuyen probabilísticamente de la misma manera. Por tanto, la falta de crecimiento visible por parte de los plantines en altura no depende del sustrato o ni del origen de semilla sembrado.

1.4. DISCUSIÓN

A partir de los resultados obtenidos en el presente trabajo, se observa que las semillas provenientes del Bolsón de Fiambalá, Catamarca tienen tasa de crecimiento mayores a las semillas provenientes de Mendoza. Para ambas proveniencias, sustratos ricos en humus como lo son A (5:7) y D (1:3) permiten una tasa de crecimiento superior en altura y en diámetro al cuello de raíz.

Dichos resultados concuerdan con los obtenidos en el ensayo de progenie-procedencia para las localidades de Fiambalá y Mendoza, llevados a cabo por Cony (1996) en plantines de *P. flexuosa* de 34 meses de edad y con los obtenidos por Mantovan (2002) para ejemplares de la misma especie, de edad cercana a los 7 años donde se midieron las mismas variables, entre otras. Los resultados incluso concuerdan con datos obtenidos a campo por Villagra & Álvarez (2006) en ejemplares de *P. flexuosa* para las localidades y variables estudiadas.

Los mismos también concuerdan con los resultados obtenidos por Salto (2012) y Díaz, D & Tesón, N. (2001) donde se contrastó el crecimiento de plantines en diferentes sustratos versus el uso de suelo sin agregado de materia orgánica.

En futuros proyectos de propagación de individuos de *P. flexuosa*, se recomienda el uso de semilla proveniente de Fiambalá, especialmente en sustratos ricos en humus por su elevado crecimiento en altura como en diámetro, que permitirá la producción de plantines de gran calidad, recordando que la misma viene dada por una adecuada relación entre ambas variables. Existe una relación conocida como Índice de Esbeltez, la cual utiliza la razón entre las variables la altura y el diámetro al cuello de raíz (en cm/mm) permitiendo al viverista caracterizar a los plantines según su resistencia mecánica y su aptitud para producir fotoasimilados (Toral, 1997). Lo que a fin de cuentas, facilita su supervivencia al ser transportadas a campo.

No se recomienda, por otro lado, el uso de sustrato de tipo C (sólo tierra franco arenosa) ya que produce alturas y diámetros menores en cualquiera de los orígenes de semilla.

Si, por algún motivo solamente se cuenta con semilla originaria de Mendoza, se recomienda el uso de sustrato de tipo D por que permite un óptimo crecimiento en diámetro, y por su correspondiente similaridad al sustrato B y A que producen los mejores resultados en crecimiento en altura..

A fin de ampliar la información que se tiene actualmente sobre el comportamiento de plantines de *Prosopis flexuosa* en etapa de vivero, sería importante estudiar, además para los individuos el crecimiento en altura, diámetro al cuello de raíz y supervivencia una vez llevados a campo para determinar cómo afecta la deficiencia nutricional y las características del sustrato en su desarrollo final en condiciones de campo, y así finalmente, determinar si los individuos originarios de poblaciones nortefías siguen siendo los indicados para la reforestación de zonas áridas de la Provincia de Mendoza.

Además, sería importante contrastar los datos obtenidos del crecimiento de plantines con los consiguientes costos de producción que implica entre otros ítems obtener las semillas

y los que provoca el uso de diferentes concentraciones de vermicompost para la producción de grandes cantidades de plantines en vivero para la reforestación del monte nativo, especialmente cuando no existen diferencias significativas entre el uso de un tipo u otro de sustrato.

Finalmente, es importante destacar ciertas situaciones que dificultan de alguna manera la realización del ensayo. Entre ellas es de destacar la baja pureza y la calidad de la semilla utilizada para la producción de los plantines. Por un lado, cuando se comenzó la medición de los plantines, se pudo observar que algunos de ellos no pertenecían al género *Prosopis* ssp., individuos que tuvieron que ser descartados del ensayo. Otros, llegado cierto momento del crecimiento morían por causas que desconocemos. Por suerte en un comienzo se había planteado que el número de individuos por repetición de entre 25 y 17, por lo que a fin de cuentas no afectó drásticamente el análisis estadístico. En cuanto a la calidad de la semilla, resultó dificultoso obtener el número de plantines que en un principio se consideraban necesarios, hubo que recurrir a resiembra en 3 oportunidades. Dichas complicaciones son esperables cuando se cuenta con semilla silvestre o proveniente de poblaciones recientemente domesticadas.

1.5. CONCLUSIONES

Efectivamente, existe relación entre la procedencia de la semilla y la concentración de humus en el sustrato sobre la tasa de crecimiento en altura y en diámetro al cuello de raíz en plantines de *P. flexuosa*. Los plantines procedentes de semillas originarias del Bolsón de Fiambalá (Catamarca), que se desarrollaron en un sustrato rico en humus tuvieron una mayor tasa de crecimiento en altura y en diámetro al cuello de raíz.

Se observó que la tasa de crecimiento en diámetro al cuello de raíz de los individuos provenientes de Mendoza que crecieron en sustrato tipo D presentaron tasas de crecimiento inusualmente altas, superando a los individuos de Fiambalá que crecieron en el mismo sustrato. Pero los sustratos tipos A y B no mostraron diferencias significativas para la misma variable.

En el caso de la tasa de crecimiento en altura, no se observaron diferencias en el uso de cualquiera de las 3 combinaciones que incluyen uso de vermicompost (A, B y D).

Los individuos provenientes del Bolsón de Fiambalá pero que crecieron en un sustrato deficiente de vermicompost (C) obtuvieron tasas de crecimiento en altura menores, pero siempre mayores que las observadas para los individuos provenientes de Mendoza. Teniendo en cuenta, que siempre que se prescindió del uso de vermicompost se encontró una tasa de crecimiento en altura y en diámetro al cuello de raíz que fue deficitario.

1.6. BIBLIOGRAFÍA

Álvarez, J., Villagra, P., Cony, M., Cesca, E. & Boninsegna, J. 2006. Estructura y estado de conservación de los bosques de *Prosopis flexuosa* D.C. en el Noreste de Mendoza, Argentina. *Revista Chilena de Historia Natural*. Vol. 79, p. 75-87.

Álvarez, J & Villagra, C. 2009. *Prosopis flexuosa* DC (fabaceae, mimosoideae). *Kurtziana*. Vol 35, p. 49-63.

Brizuela, M., Burghardt A., Tanoni, D. & Palacios R. 2000. Estudio de la variación morfológica en tres procedencias de *Prosopis flexuosa* y su manifestación en cultivo bajo condiciones uniformes. *Multequina*. Vol. 9, p. 7-15.

Cony, M. 1996. Genetic variability in *Prosopis flexuosa* D.C., a native tree of the Monte phytogeographic province, Argentina. *Forest Ecology and Management*. Vol. 87, p. 41-49.

Demaio, P., Ola, U., Medina, M. 2002. Árboles nativos del centro de argentina. *Literature of Latin America*, p. 114-115.

Díaz, D & Tesón, N. (2001). Ensayo de sustratos y fertilizantes para la producción de plantas de algarrobo amarillo, *Prosopis nigra* var. *Ragonesi* en vivero. En: Congreso Facultad de Agronomía Corrientes. Poster 9.

FAO. 2015. Los bosques y suelos forestales contribuyen de manera esencial a la producción agrícola y la seguridad alimentaria mundial. [En línea]. [<http://www.fao.org/soils-2015/news/news-detail/es/c/285875/>]. [Consulta: 2 de Julio de 2019].

Ley Nacional 26.331, Ley de Presupuestos Mínimos de Protección Ambiental de Bosques Nativos.

Ley Provincial 8.195, Ley de Ordenamiento de Bosque Nativo de la Provincia de Mendoza.

Mantován, N. 2002. Early growth differentiation among *Prosopis flexuosa* D.C provenances from the Monte phytogeographic province, Argentina. *New Forests*, Vol. 23, p. 19–30.

Passera, C. 2000. Fisiología de *Prosopis spp.* *Multequina*. Vol. 9, p. 53-80.

Peralta, I. & Martínez E. 1995. II Reserva Natural Telteca. Guías botánicas para la provincia de Mendoza. *Boletín de Extensión Científica*. IADIZA. 1-61

Peñuelas, J. & Oñaca L., 2001. Cultivo de plantas forestales en contenedor. *Mundi-Prensa*, Ed. segunda; p. 27-82

Quiroz, I., García, E., González, M., Chung, P., Soto, H. 2009. Vivero forestal: Producción de Plantas Nativas a Raíz Cubierta. *Centro tecnológico de la planta forestal*, p. 52.

Roig, F. A. 1987a. Árboles y Arbustos de *Prosopis flexuosa* y *P. alpataco*. *Parodiana* 5, vol 1, p. 49-64.

Ruiz, A. 1972. Flora popular mendocina, Deserta, Vol 3, p. 28.

Salto, C., García, M., Harrand, L. 2012. Influencia de diferentes sustratos y envases sobre variables morfológicas de dos especies de *Prosopis* en vivero. En: Reunión Nacional del Algarrobo, Córdoba.

Salto, C., Oberschelp, J., Harrand, L., Ewens, M. 2018. Producción de plantines de Algarrobo blanco. EEA Montecarlo INTA, hoja Informativa N° 7, Publicación irregular, Versión digital e impresa. Programa Nacional Forestales.

Sampieri, R., Collado, C., Lucio, P. 1998. Metodología de la Investigación. McGraw-Hill Interamericana. Ed. segunda. México. p. 57-72.

Software Estadístico Infostat, versión estudiantil. 2018.

Toral, L. 1997. Concepto de la calidad de plantas en viveros forestales. Documento técnico 1. Programa de Desarrollo Forestal Integral de Jalisco. SEDER. Fundación Chile. Consejo Agropecuario de Jalisco. México. 26 pp.

Villagra, P., Cony, M., Mantován, N., Rossi, B., Loyarte, M., Villalba, R., Marone, L. 2004. Ecología y Manejo de los algarrobales de la Provincia Fitogeográfica del Monte Ecología y Manejo de Bosques Nativos de Argentina.

Villagra, C & Álvarez, J. 2006. El algarrobo como fuente de recursos. Ciencia Regional. Vol. 4, p. 12-15.

Villagra, P., Vivila, A., Giordano, C., Álvarez, J. 2010. Ecophysiology of *Prosopis* species from the arid lands of Argentina: What do we know about adaptation to stressful environments? Desert Plants: Biology and Biotechnology, chapter 15, p. 321-340.

2. ANEXO: DETALLE DEL ANÁLISIS ESTADÍSTICO.

2.1. ANÁLISIS EXPLORATORIO DE DATOS

A fin de tomar una idea primaria de las características de los datos se estimaron las siguientes medidas resumen para las variables:

- n: tamaño de la muestra,
- media,
- D.E.: Desviación Estándar,
- Var (n-1): Varianza,
- CV: Coeficiente de Variación,
- Valores Minimos y Maximos,
- Q: Cuartil uno y tres

2.1.1. Delta Diámetro (en cm)

En la tabla 5, se puede observar que la media con valor más alto es Fiambalá en sustrato tipo A y las de valor más bajo son Mendoza en sustrato tipo C.

Tabla 5: Medidas resumen para la variable Delta Diámetro (en cm)

ORIGEN	SUSTRATO	Variable	n	Media	D.E.	Var(n-1)	Mín	Máx	Q1	Q3
Fiambalá	A	Delta diametro	45	0.16	0.08	0.01	0.04	0.46	0.11	0.19
Fiambalá	B	Delta diametro	45	0.14	0.07	4.7E-03	0.00	0.30	0.10	0.17
Fiambalá	C	Delta diametro	45	0.10	0.05	2.4E-03	0.03	0.25	0.06	0.13
Fiambalá	D	Delta diametro	45	0.12	0.07	0.01	0.00	0.28	0.06	0.16
Mendoza	A	Delta diametro	45	0.13	0.06	3.7E-03	0.01	0.26	0.09	0.18
Mendoza	B	Delta diametro	45	0.13	0.05	2.4E-03	0.02	0.22	0.11	0.17
Mendoza	C	Delta diametro	45	0.09	0.06	3.4E-03	0.01	0.29	0.05	0.13
Mendoza	D	Delta diametro	45	0.14	0.06	3.1E-03	0.01	0.25	0.10	0.19

Fuente: elaboración propia mediante el uso del software Estadístico InfoStat/L.

2.1.2. Delta Altura (en cm)

Teniendo los datos brutos, se puede observar en la tabla 6 que tenemos datos de valor cero para todos tratamientos de la variable Delta Altura (en cm), por la dificultad que implican para el análisis estadístico se decidió separarlos para analizarlos por separado.

Tabla 6: Medidas resumen para la variable Delta Diámetro (en cm)

Origen	Sustrato	Variable	n	Media	D.E.	Var(n-1)	Mín	Máx	Q1	Q3
Fiambalá	A	delta altura	45	9.96	5.62	31.55	0.00	22.00	6.00	13.00
Fiambalá	B	delta altura	45	8.86	5.35	28.61	0.00	21.00	5.50	12.00
Fiambalá	C	delta altura	45	4.58	3.88	15.08	0.00	13.00	1.00	8.50
Fiambalá	D	delta altura	45	8.84	7.43	55.23	0.00	39.00	4.00	13.50
Mendoza	A	delta altura	45	5.04	3.81	14.51	0.00	16.00	2.00	7.00
Mendoza	B	delta altura	45	4.76	3.06	9.37	0.00	12.00	3.00	7.00
Mendoza	C	delta altura	45	2.72	2.93	8.61	0.00	10.00	0.00	4.00
Mendoza	D	delta altura	45	5.00	3.66	13.36	0.00	15.00	2.00	7.00

Fuente: elaboración propia mediante el uso del software Estadístico InfoStat/L.

En la tabla 7, se puede observar que los datos de valor cero fueron separados, por lo que el valor mínimo es 0,5 para el tratamiento Mendoza en sustrato tipo C.

Tabla 7: Medidas resumen para la variable Delta Altura (en cm), una vez que se separaron los datos de valor cero.

ORIGEN	SUSTRATO	Variable	n	Media	D.E.	Var(n-1)	Mín	Máx	Q1	Q3
Fiambalá	A	delta altura	45	11.89	5.76	33.12	1.00	26.00	8.00	15.00
Fiambalá	B	delta altura	45	9.83	6.05	36.64	1.00	31.00	5.50	14.00
Fiambalá	C	delta altura	45	6.06	3.66	13.42	1.00	13.00	2.00	9.00
Fiambalá	D	delta altura	45	11.01	7.26	52.69	1.00	39.00	6.00	15.00
Mendoza	A	delta altura	45	5.21	3.32	11.04	1.00	19.00	3.00	7.00
Mendoza	B	delta altura	45	4.96	3.65	13.32	1.00	22.00	3.00	6.00
Mendoza	C	delta altura	45	3.67	2.50	6.23	0.50	10.00	2.00	5.00
Mendoza	D	delta altura	45	5.00	2.80	7.86	1.00	11.00	3.00	7.00

Fuente: elaboración propia mediante el uso del software Estadístico InfoStat/L.

2.2. Delta Diámetro (en cm)

2.2.1. Supuestos de ADEVA

2.2.1.1. Normalidad

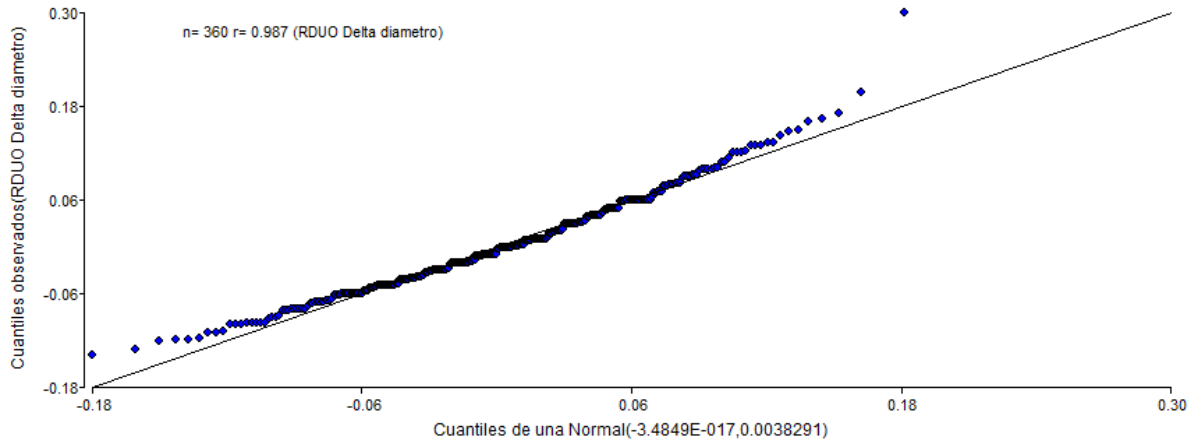


Figura 9: Q Q plot cuantiles observados de residuos de la variable Delta Diámetro (en cm) en función de los cuantiles de una normal.

Fuente: elaboración propia mediante el uso del software Estadístico InfoStat/L.

Al observar la figura 9, se aprecia que la curva se asemeja bastante la recta normal, se puede inferir normalidad por el método gráfico. Por otro lado, teniendo un r de valor igual 0,987 y un tamaño de muestra grande, se considera que el el nivel de significancia para la prueba de hipótesis de ANOVA no resulta seriamente afectado.

2.2.1.2. Homogeneidad de Varianza

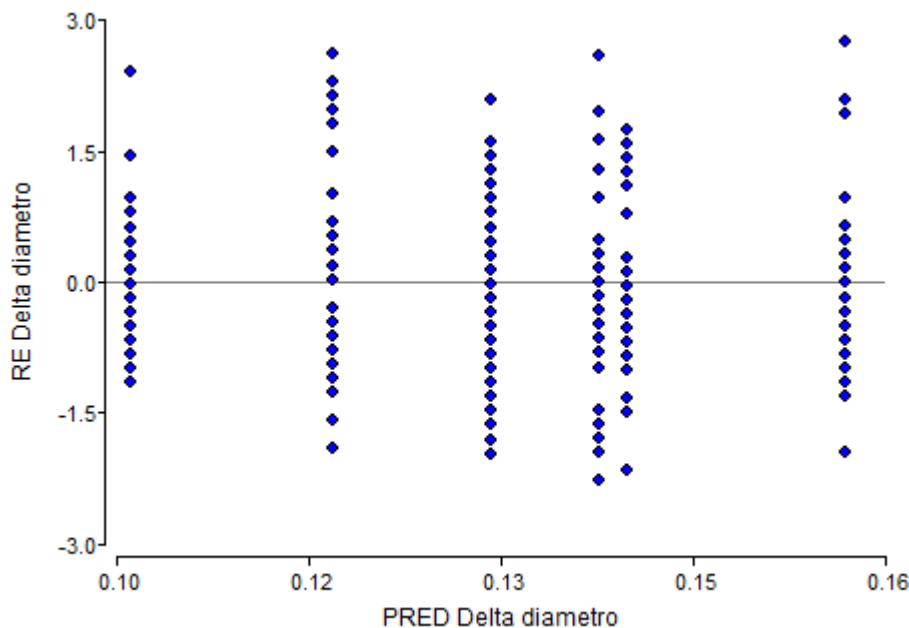


Figura 10: Gráfico de residuos de Delta Diámetro (en cm) en función de predichos de Delta Diámetro (en cm).

Fuente: elaboración propia mediante el uso del software Estadístico InfoStat/L.

Como el gráfico de residuos en función de los predichos no nos da demasiada información, suficiente procede a llevar a cabo una Prueba de Levene para probar homoscedasticidad

Las hipótesis que se someten a prueba son:

$$H_0: \sigma_1^2 = \sigma_2^2 = \dots = \sigma_a^2$$

H_1 : al menos dos varianzas son iguales

Nivel de significancia alfa de 0,05

Regla de decisión:

Se rechaza hipótesis nula para un p-valor menor al nivel de significancia.

Tabla 8: Salida realizada para el análisis de varianza para la Prueba de Levene de homogeneidad de varianza

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
RABS Delta diametro	360	0.04	0.02	79.41

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0.02	7	2.8E-03	1.90	0.0685
ORIGEN	0.01	1	0.01	4.23	0.0404
SUSTRATO	0.01	3	2.3E-03	1.57	0.1968
ORIGEN*SUSTRATO	0.01	3	2.1E-03	1.46	0.2264
Error	0.52	352	1.5E-03		
Total	0.54	359			

Fuente: elaboración propia mediante el uso del software Estadístico InfoStat/L.

Se puede observar en la tabla 8 que las medias no son significativamente diferentes para un alfa de 0,05, y aunque las medias pertenecientes al origen tiene un valor de 0,04, no se encuentra lejos de la homogeneidad de varianza. Además cumpliendo con tamaños de muestras iguales en cada grupo no se espera que las inferencias basadas en la prueba F resulten seriamente afectadas.

2.2.2. ADEVA Paramétrica

Una vez revisados los supuestos de ADEVA, se procede a realizar una prueba de hipótesis para la variable Delta Diámetro (en cm) según los factores origen de semilla, tipo de sustrato y sus interacciones.

Prueba de hipótesis para efectos de interacción:

H_C : Existen diferencias significativas en el delta diámetro según el origen de semilla utilizado y el tipo de sustrato.

$$H_0: (\alpha\beta)_{ij} = 0 \quad \text{para todo } ij$$

$$H_1: (\alpha\beta)_{ij} \neq 0 \quad \text{por lo menos para algún } ij$$

Pruebas de hipótesis para efectos principales:

H_C : Existen diferencias significativas para delta diámetro según el origen de semilla usado.

$$H_0: \alpha_i = 0 \quad \text{para todo } i$$

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

H_C : Existen diferencias significativas para delta diámetro según el tipo de sustrato usado.

H_0 : $\beta_j = 0$ para todo j

H_1 : $\beta_i \neq 0$ por lo menos para algún j

Nivel de significancia alfa 0,1

Estadígrafo de Prueba

$$F = \frac{CMT}{CME} = \frac{SCT / v_T}{SCE / v_E} \quad \text{que sigue una distribución } F_{(\alpha; v_t; v_e)}$$

Regla de decisión:

Rechazar hipótesis nula cuando el valor p sea menor a alfa.

Tabla 9: Salida para la Prueba de ANOVA Paramétrica para Delta Diámetro (en cm).

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Delta diametro	360	0.10	0.08	49.11

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0.16	7	0.02	5.70	<0.0001
ORIGEN	2.7E-03	1	2.7E-03	0.70	0.4043
SUSTRATO	0.12	3	0.04	10.21	<0.0001
ORIGEN*SUSTRATO	0.03	3	0.01	2.87	0.0365
Error	1.37	352	3.9E-03		
Total	1.53	359			

Test: Tukey Alfa=0.10 DMS=0.01085

Error: 0.0039 gl: 352

ORIGEN	Medias	n	E.E.	
Mendoza	0.12	180	4.7E-03	A
Fiambalá	0.13	180	4.7E-03	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.10)

Test: Tukey Alfa=0.10 DMS=0.02137

Error: 0.0039 gl: 352

SUSTRATO	Medias	n	E.E.	
C	0.10	90	0.01	A
D	0.13	90	0.01	B
B	0.14	90	0.01	B
A	0.15	90	0.01	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.10)

Test: Tukey Alfa=0.10 DMS=0.03669

Error: 0.0039 gl: 352

ORIGEN	SUSTRATO	Medias	n	E.E.	
Mendoza	C	0.09	45	0.01	A
Fiambalá	C	0.10	45	0.01	A B
Fiambalá	D	0.12	45	0.01	A B C
Mendoza	B	0.13	45	0.01	B C D
Mendoza	A	0.13	45	0.01	B C D
Fiambalá	B	0.14	45	0.01	C D
Mendoza	D	0.14	45	0.01	C D
Fiambalá	A	0.16	45	0.01	D

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.10$)

Fuente: elaboración propia mediante el uso del software Estadístico InfoStat/L.

En la tabla 9, se observa que, para un alfa de 0,05 las medidas significativamente diferente son Mendoza en sustrato tipo C y Fiambalá en sustrato tipo A, siendo ésta última la que cuenta con una media de valor mayor.

Decisión:

Por un lado se dice que, existe evidencia muestral suficiente para un nivel significativas a nivel de significancia de 0,1 para decir que hay diferencias en el Delta Diámetro (en cm) según el tipo de sustrato y el origen de semilla utilizado. Siendo Fiambalá A, Mendoza D, Fiambalá B, Mendoza A y Mendoza B las que tienen medias significativamente diferentes y superiores al resto.

Por el otro lado se afirma, que no existe evidencia muestral suficiente a nivel de significancia de 0,1 para decir que el Delta Diámetro (en cm) es honestamente diferente respecto al factor origen. Por otro lado, se observan diferencias significativas entre el tipo de sustrato C respecto del resto, siendo C el que da medias menores para Delta Diámetro (en cm).

2.3. Delta Altura (en cm)

2.3.1. Supuestos de ADEVA

2.3.1.1. Normalidad

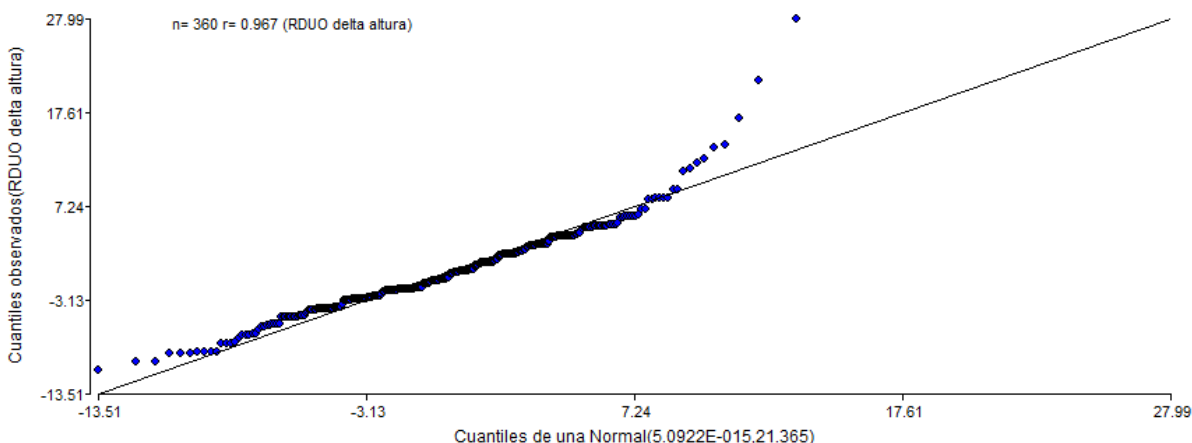


Figura 11: Q Q plot cuantiles de los observados de residuos de la variable Delta Altura (en cm) función de los cuantiles de una normal.

Fuente: elaboración propia mediante el uso del software Estadístico InfoStat/L.

Al observar el gráfico se aprecia que la curva no se asemeja del todo a la recta normal, no se puede inferir normalidad por el método gráfico. Por otro lado, teniendo un r de valor menor a 0,98 se aconseja realizar una Prueba de Shapiro-Wilks.

Prueba de Hipótesis para Shapiro-Wilks

H_0 : Los residuos tienen distribución normal.

H_1 : Los residuos no tienen distribución normal.

Nivel de significancia: alfa de 0,05

Regla de decisión:

Se rechaza hipótesis nula para un p -valor menor a alfa

Tabla 10: Salida para la Prueba de Hipótesis de Shapiro-Wilks para Delta Altura (en cm)

Shapiro-Wilks (modificado)

Variable	n	Media	D.E.	W*	p(Unilateral D)
RE delta altura	360	0.00	1.00	0.94	<0.0001

Fuente: elaboración propia mediante el uso del software Estadístico InfoStat/L.

En este caso existe evidencia muestral suficiente para rechazar el supuesto de distribución normal ($p < 0.05$), según lo observado en la tabla 10.

2.3.1.2. Homogeneidad de Varianza

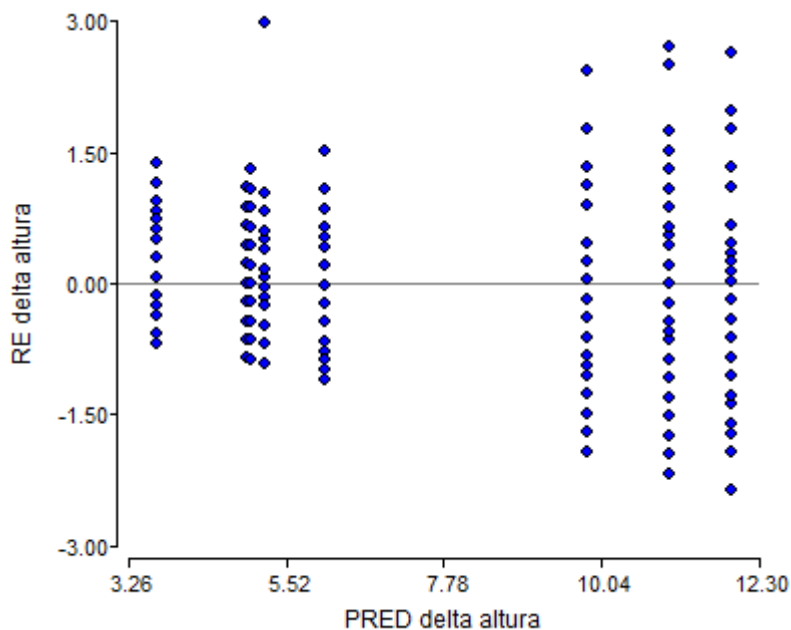


Figura 12: Gráfico de residuos de Delta Altura (en cm) en función de predichos de Delta Altura (en cm).

Fuente: elaboración propia mediante el uso del software Estadístico InfoStat/L.

El gráfico de residuos en función de los predichos nos muestra falta de homogeneidad de varianzas, pero para asegurar dicha afirmación se procede a llevar a cabo una Prueba de Levene.

Las hipótesis que se someten a prueba son:

$$H_0: \sigma_1^2 = \sigma_2^2 = \dots = \sigma_a^2$$

H_1 : Al menos dos varianzas son distintas

Nivel de significancia alfa de 0,05

Regla de decisión:

Se rechaza hipótesis nula para un valor p menor a alfa

Tabla 11: Salida de ANOVA para la Prueba de Levene para Delta Altura (en cm).

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
RABS delta altura	360	0.16	0.15	82.55

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	553.92	7	79.13	9.79	<0.0001
ORIGEN	421.59	1	421.59	52.15	<0.0001
SUSTRATO	85.80	3	28.60	3.54	0.0150
ORIGEN*SUSTRATO	46.54	3	15.51	1.92	0.1261
Error	2845.38	352	8.08		
Total	3399.30	359			

Fuente: Fuente: elaboración propia mediante el uso del software Estadístico InfoStat/L.

Existe evidencia muestral suficiente para decir que al menos dos varianzas son diferentes para un p-valor de 0,1, según lo observado en la tabla 11.

Ante la falta de normalidad y homoscedasticidad para Delta Altura (en cm) se realiza una transformación de datos.

2.3.2. Supuestos de ADEVA para Logaritmo Natural de Delta Altura (en cm)

2.2.1. Normalidad

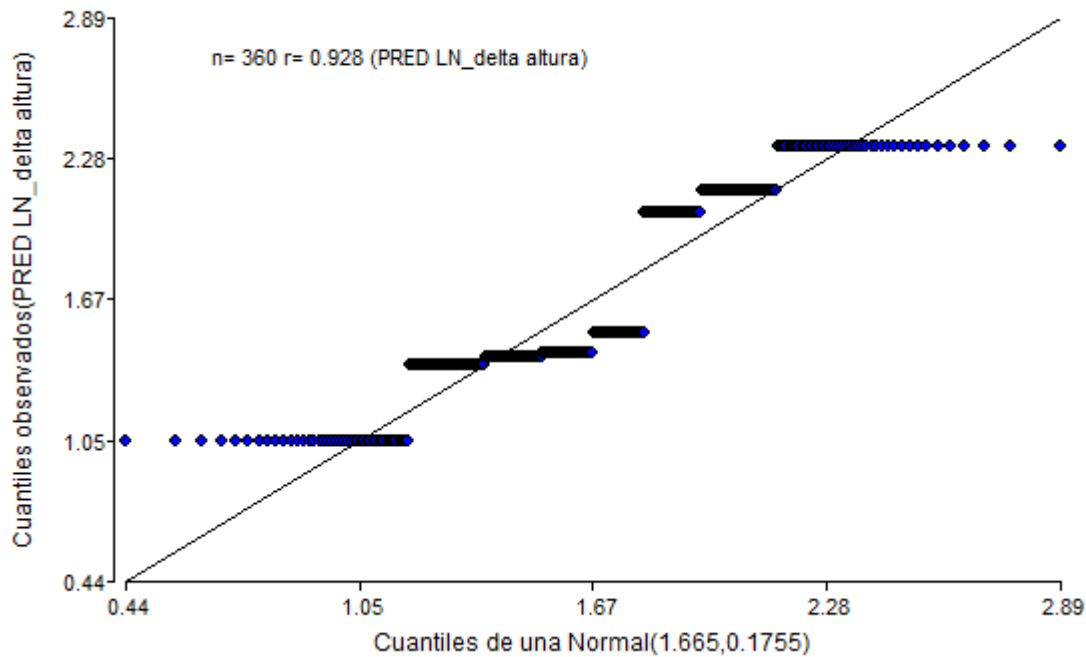


Figura 13: Q Q plot cuantiles observados de residuos de la variable logaritmo natural de Delta Altura (en cm) en función de los cuantiles de una normal.
Fuente: elaboración propia mediante el uso del software Estadístico InfoStat/L.

Al observar el gráfico se aprecia que la curva tiene variaciones considerables respecto de la recta normal, por lo que no se puede inferir normalidad por el método gráfico. Además, teniendo un r de valor igual 0,928 se recomienda realizar la prueba de Shapiro-Wilks.

Prueba de Hipótesis para Shapiro-Wilks

H_0 : Los residuos tienen distribución normal.

H_1 : Los residuos no tienen distribución normal.

Nivel de significancia: alfa de 0,05

Regla de decisión:

Cuando el valor de p sea menor a alfa, se rechaza hipótesis nula

Decisión:

Se rechaza hipótesis nula para un p-valor menor al nivel de significancia.

Tabla 13: Salida para Prueba de Hipótesis según Shapiro-Wilks para Delta Altura (en cm).

Shapiro-Wilks (modificado)

Variable	n	Media	D.E.	W*	p(Unilateral D)
RE LN delta altura	360	0.00	1.00	0.95	<0.0001

Fuente: elaboración propia mediante el uso del software Estadístico InfoStat/L.

En la tabla 12 se observa que el valor de p es un número pequeño y menor a 0,05 por lo que se dice que los residuos no tienen una distribución normal.

2.3.2.2. Homogeneidad de Varianza

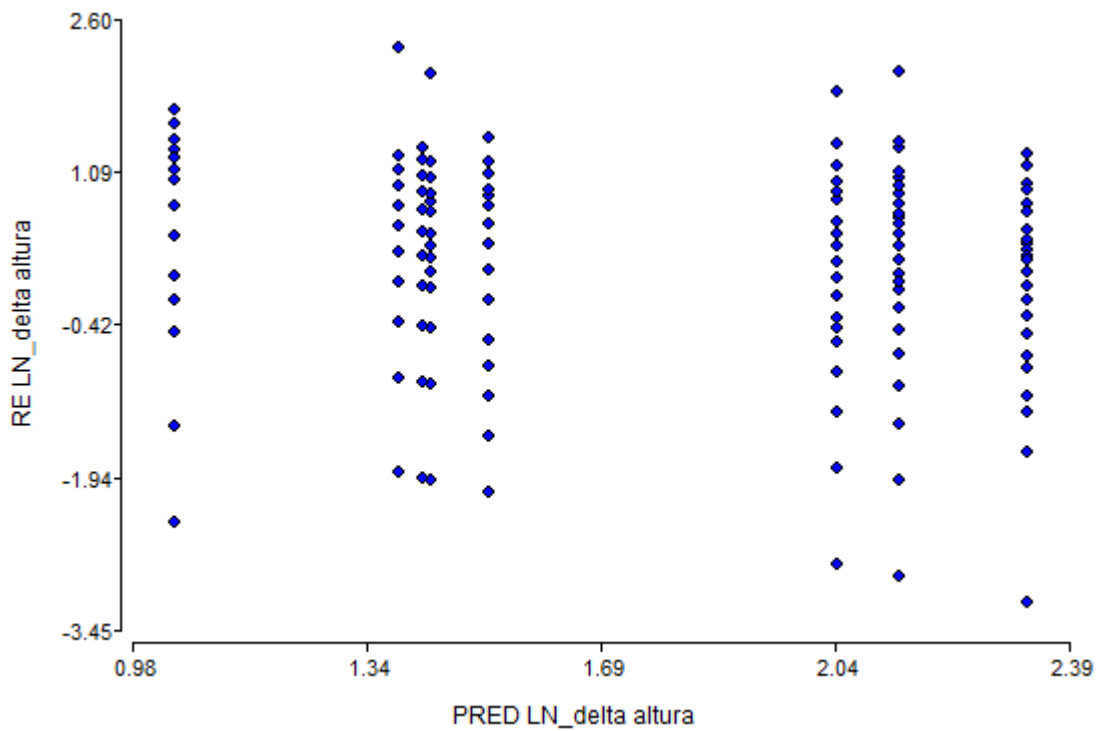


Figura 14: Gráfico de residuos del logaritmo natural Delta Altura (en cm) en función de predichos del logaritmo de Delta Altura (en cm).

Fuente: elaboración propia mediante el uso del software Estadístico InfoStat/L.

El gráfico de residuos en función de los predichos, no se puede inferir desde el punto de vista gráfico la falta de homogeneidad de varianzas, pero para asegurar dicha afirmación se procede a llevar a cabo una Prueba de Levene.

Las hipótesis que se someten a prueba son:

Al menos dos varianzas son distintas

$$H_0: \sigma_1^2 = \sigma_2^2 = \dots = \sigma_a^2$$

H_1 : Al menos dos varianzas son distintas

Nivel de significancia alfa de 0,05

Regla de decisión:

Cuando el valor de p sea menor a alfa, se rechaza hipótesis nula

Decisión:

Se rechaza hipótesis nula para un p-valor menor al nivel de significancia.

Tabla 13: Salida de ANOVA para la Prueba de Levene para Delta Altura (en cm).

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
RABS LN delta altura	360	0.03	0.01	73.28

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	2.31	7	0.33	1.76	0.0938
ORIGEN	0.14	1	0.14	0.74	0.3913
SUSTRATO	1.47	3	0.49	2.62	0.0507
ORIGEN*SUSTRATO	0.70	3	0.23	1.25	0.2924
Error	65.81	352	0.19		
Total	68.12	359			

Fuente: Fuente: elaboración propia mediante el uso del software Estadístico InfoStat/L.

No existe evidencia muestral para un nivel de significancia de 0,05 para decir que las varianzas son desiguales, aun cuando el Test de Tukey pueda hacer diferencias en cuanto al origen y a las Interacciones entre origen y sustrato. Por otro lado, cumpliendo con tamaños de muestras iguales en cada grupo no se espera que las inferencias basadas en la prueba F resulten seriamente afectadas, según lo que puede observarse en la tabla 13.

2.3.2.3. ANOVA No Paramétrica según Kruskal Wallis

La prueba de Kruskal Wallis permite comparar medias de 2 o más distribuciones sin necesidad de realizar el supuesto de que los términos de error se distribuyen normalmente.

Prueba de Hipótesis según Kruskal Wallis.

$H_0: \mu_1 = \mu_2 = \dots = \mu_a$, donde μ_i representa la esperanza del i-ésimo tratamiento, con $i=1, 2, \dots, a$

H_1 : Al menos una media diferente

Nivel de significancia alfa de 0,05

Estadístico de Prueba

$$h = \frac{12}{n(n+1)} \sum_{i=1}^k \frac{r_i^2}{n_i} - 3(n+1),$$

que sigue una distribución chi cuadrados con (k-1) grados de libertad

Regla de decisión:

Se rechaza hipótesis nula para un p-valor menor al nivel de significancia.

Tabla 14: Salida para la Prueba de ANOVA No Paramétrica para el Logaritmo Natural del Delta Altura (en cm).
Prueba de Kruskal Wallis

Variable	ORIGEN	SUSTRATO	N	Medias	D.E.	Medianas	H	p
LN_delta altura	Fiambalá	A	45	2.33	0.61	2.48	101.17	<0.0001
LN_delta altura	Fiambalá	B	45	2.05	0.80	2.20		
LN_delta altura	Fiambalá	C	45	1.52	0.86	1.95		
LN_delta altura	Fiambalá	D	45	2.14	0.82	2.30		
LN_delta altura	Mendoza	A	45	1.43	0.72	1.61		
LN_delta altura	Mendoza	B	45	1.39	0.67	1.39		
LN_delta altura	Mendoza	C	45	1.05	0.75	1.10		
LN_delta altura	Mendoza	D	45	1.42	0.67	1.39		

Trat.	Ranks
Mendoza:C	104.68 A
Mendoza:B	137.52 A B
Mendoza:D	144.28 A B
Mendoza:A	146.67 A B
Fiambalá:C	168.60 B
Fiambalá:B	231.99 C
Fiambalá:D	241.68 C
Fiambalá:A	268.59 C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Fuente: elaboración propia mediante el uso del software Estadístico InfoStat/L.

En la tabla 14, se puede observar para un nivel de significancia de 0,05 que el Logaritmo Natural de Delta Altura (en cm) de semillas provenientes de Fiambalá colocadas en sustratos tipo B, D y A son significativamente superiores al resto de los tratamientos combinados. En la misma se observa, además que Mendoza en sustrato tipo C cuenta con un Logaritmo Natural de Delta Altura (en cm) inferior al resto.

Decisión:

Hay evidencia muestral suficiente, a un nivel de significancia de 0,05, para decir que hay diferencias significativas en el Delta Altura (en cm) según el origen de semilla y el tipo de sustrato. Se observa que Fiambalá en sustrato tipo A, B y D son los que lograron alturas medias mayores. Mendoza en cualquiera de los sustratos obtuvo medias menores.

3.3.3. Para los datos que de valor cero.

Prueba de Hipótesis de Chi-Cuadrado para Homogeneidad

H_C : Los datos correspondientes a las alturas clasificadas según origen de semilla y tipo de sustratos se distribuyen probabilísticamente de la misma manera

H_0 : $\pi_{1j} = \pi_{2j} = \dots = \pi_{rj}$ para todo j

H_1 : Al menos un π_{ij} diferente

Nivel de significancia alfa 0,05

Estadígrafo de prueba:

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^k \left[\frac{(n_i - \hat{n}_i)^2}{\hat{n}_i} \right]$$

que sigue una distribución chi cuadrados con $(r-1)(c-1)$ grados de libertad.

Regla de decisión:

Cuando el valor de p sea menor a alfa, se rechaza hipótesis nula.

Tabla 15: Distribución de frecuencias absolutas de la proporción de individuos que no crecieron en altura para el ensayo (n=666).

Tablas de contingencia

Frecuencias: *frec. Absolutas*

Frecuencias absolutas

En columnas: *sustrato*

<u>origen</u>	<u>A</u>	<u>B</u>	<u>C</u>	<u>D</u>	<u>Total</u>
Fiambalá	4	1	5	6	16
Mendoza	9	8	18	8	43
Total	13	9	23	14	59

<u>Estadístico</u>	<u>Valor</u>	<u>gl</u>	<u>p</u>
Chi Cuadrado Pearson	3.35	3	0.3413
Chi Cuadrado MV-G2	3.43	3	0.3300
Coef.Conting.Cramer	0.17		
Coef.Conting.Pearson	0.23		

Fuente: Fuente: elaboración propia mediante el uso del software Estadístico InfoStat/L.

Existe evidencia muestral suficiente a nivel de significancia de 0,05 para decir que los datos correspondientes a las alturas clasificadas según origen de semilla y tipo de sustrato se distribuyen probabilísticamente de la misma manera.