

**UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA  
FACULTAD DE AGRONOMÍA**

**INJERTACIÓN DE PRIMAVERA EN NOGALES PECAN,  
AJUSTE DE DIFERENTES TÉCNICAS Y MOMENTOS**

**por**

**Mathias GIAMPEDRAGLIA CORBO**

**TESIS presentada como uno de  
los requisitos para obtener el  
título de Ingeniero Agrónomo**

**MONTEVIDEO  
URUGUAY  
2021**

Tesis aprobada por:

Director: \_\_\_\_\_

Ing. Agr. Oscar Bentancur Murgiondo

\_\_\_\_\_

Ing. Agr. MSc. Danilo Cabrera Bologna

\_\_\_\_\_

Ing. Agr. MSc. Antonio Formento Franzia

Fecha: 9 de julio de 2021

Autor: \_\_\_\_\_

Mathias Giampedraglia Corbo

## **AGRADECIMIENTOS**

En primer lugar, a toda mi familia, y especialmente a mis padres, quienes siempre me apoyaron y motivaron a alcanzar mi graduación.

A Antonio Formento por su calidad y dedicación como docente, y su gran disposición a colaborar en la elaboración general del presente trabajo.

A Oscar Bentancur por su colaboración en el diseño del ensayo, y el análisis estadístico de los resultados.

A Danilo Cabrera por los valiosos aportes brindados desde su visión como experimentado investigador.

A Leandro Martinelli, por su colaboración en las tareas de campo, y por el tiempo compartido trabajando como equipo en los últimos años de la carrera.

Al personal de documentación y biblioteca, especialmente a Sully Toledo por su dedicación en la corrección de este documento.

## TABLA DE CONTENIDO

	Página
PÁGINA DE APROBACIÓN.....	II
AGRADECIMIENTOS.....	III
LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES.....	VI
1. <u>INTRODUCCIÓN</u> .....	1
1.1. OBJETIVOS.....	2
1.1.1. <u>Objetivo general</u> .....	2
1.1.2. <u>Objetivos específicos</u> .....	2
2. <u>REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA</u> .....	3
2.1. QUÉ ES PROPAGAR POR INJERTACIÓN, Y POR QUÉ HACERLO ....	3
2.2. CLASIFICACIÓN DE LAS TÉCNICAS DE INJERTACIÓN .....	4
2.3. TÉCNICAS NORMALMENTE UTILIZADAS PARA LA INJERTACIÓN DE PECAN .....	7
2.3.1. <u>Injerto de parche</u> .....	7
2.3.2. <u>Injerto de cuatro solapas (four-flap grafting o Injerto                 banana)</u> .....	11
2.3.2.1. Procedimiento de injertación de cuatro solapas.....	11
2.4. TÉCNICAS ALTERNATIVAS DE INJERTACIÓN .....	15
2.4.1. <u>Injerto de hendidura</u> .....	15
2.4.2. <u>Injerto de chip o astilla (chip budding)</u> .....	20
2.4.2.1. Ventajas destacables de los injertos de yema, y en particular del injerto de chip .....	22
2.5. DIFICULTAD ESPECIAL EN LA INJERTACIÓN DE PECAN .....	23
2.6. PRINCIPIOS BÁSICOS DE LA INJERTACIÓN .....	24
2.6.1. <u>Proceso de formación de la unión de injerto</u> .....	24
2.6.2. <u>Establecimiento de un contacto íntimo de una extensión                 considerable de la región cambial del portainjerto y de la púa en                 condiciones ambientales favorables</u> .....	25

2.6.3. <u>Síntesis de los puntos más importantes para una injertación exitosa</u> .....	26
3. <u>MATERIALES Y MÉTODOS</u> .....	28
3.1. UBICACIÓN TEMPORAL Y ESPACIAL DE LOS ENSAYOS .....	28
3.2. CARACTERÍSTICAS DEL MATERIAL VEGETAL Y CONDICIONES GENERALES DEL VIVERO .....	28
3.3. CARACTERÍSTICAS DE LA INJERTACIÓN .....	28
3.4. ENSAYO AÑO 2013, INJERTO DE CHIP VERSUS DE HENDIDURA...29	
3.4.1. <u>Diseño experimental y tratamientos</u> .....	29
3.4.2. <u>Evaluaciones realizadas y análisis estadístico</u> .....	29
3.5. ENSAYO AÑO 2014, MOMENTOS DE INJERTACIÓN CON LA TÉCNICA DE CHIP .....	31
3.5.1. <u>Diseño experimental y tratamientos</u> .....	31
3.5.2. <u>Evaluaciones realizadas y análisis estadístico</u> .....	31
4. <u>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</u> .....	32
4.1. ENSAYO AÑO 2013, INJERTO DE CHIP VERSUS DE HENDIDURA...32	
4.2. ENSAYO AÑO 2014, MOMENTOS DE INJERTACIÓN CON LA TÉCNICA DE CHIP .....	35
5. <u>CONCLUSIONES</u> .....	41
6. <u>RESUMEN</u> .....	42
7. <u>SUMMARY</u> .....	43
8. <u>BIBLIOGRAFÍA</u> .....	44
9. <u>ANEXOS</u> .....	47

## LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES

Cuadro No.	Página
1. Porcentaje de injertos prendidos según tratamiento y bloque .....	31
2. Medias de longitud (centímetros) de brote logrado en los injertos prendidos, según tratamiento y bloque.....	32
3. Medias de diámetro (centímetros) de brote logrado en los injertos prendidos, según tratamiento y bloque.....	32
4. Porcentajes de prendido de los injertos según estado fenológico de los portainjertos y fecha de injertación.....	35
5. Intervalos de confianza de Wilson, con 80% de confianza, para la proporción de injertos prendidos .....	35
6. Temperatura y proporción de prendido (promedio de los estados fenológicos D y E), para los periodos de una, dos, y tres semanas posinjertación. ....	38
Figura No.	
1. Variabilidad en frutos de plantas relevadas en Uruguay .....	3
2. Procedimiento de injertación de parche en otoño, en pecan .....	10
3. Técnica de Injertación de “cuatro solapas” en nogal pecan.....	14
4. Procedimiento de injertación de hendidura con una sola púa, adaptado a plantas pequeñas de pecan, en vivero .....	19
5. Procedimiento de injertación de chip en pecan .....	21
6. Representación gráfica de los intervalos de confianza de Wilson con 80% de confianza, para la proporción de injertos prendidos .....	36
7. Proporción media de injertos prendidos de los estados fenológicos D y E, según fecha de injertación .....	37

## **1. INTRODUCCIÓN**

A nivel mundial la nuez pecan (*Carya illinoensis* (Wangenh.) K. Koch.) es el sexto fruto seco más producido, con una producción anual mundial del entorno de las noventa a cien mil toneladas métricas de nuez sin cáscara. La producción está fuertemente concentrada en Estados Unidos y México, produciendo entre ambos más del noventa por ciento del total mundial.

El pecan es el único nogal originario de América del Norte. Se trata de un cultivo reciente en la historia, con unos cuatrocientos años desde los primeros huertos instalados por el hombre, y alrededor ciento setenta años de los primeros huertos injertados, lo cual es muy poco tiempo, sobre todo si se compara con los varios milenios que llevan cultivándose otros frutales, como manzanos o cítricos.

En 1822, A. Landrum de Carolina del Sur desarrolló las primeras técnicas de injerto que permitían mejorar la producción de nueces y la precocidad de la producción utilizando plantas silvestres de rendimiento superior. Sin embargo, estas técnicas no se propagaron y se perdieron sin difundirse. Recién en 1846, un esclavo africano de nombre Antoine, que se desempeñaba como jardinero en Louisiana, logra mediante un injerto, la multiplicación de una planta de pecan seleccionada. Esta variedad fue llamada "Centennial" ya que fue exhibida en 1876, en la exposición de Philadelphia. Yemas de este árbol fueron utilizadas para su propagación y con las plantas obtenidas se realizó una plantación de ciento veintiséis ejemplares que se convirtió en el primer cultivo con plantas de una variedad injertada. Esta técnica tuvo un lento desarrollo y recién a partir de 1880 comenzaron a desarrollarse viveros que producían plantas injertadas tanto en Louisiana como en Texas (Madero, 2007).

En Uruguay el rubro tiene actualmente un desarrollo escaso, no obstante, se encuentra en crecimiento, y demuestra ser una especie exótica que cuenta con una buena adaptación a las condiciones agroecológicas locales y es de fácil manejo productivo.

La disponibilidad de plantas de calidad, de variedades adecuadas, y en cantidad suficiente, es una condición necesaria para el crecimiento del rubro. La propagación agámica -casi exclusivamente por injerto- de las variedades seleccionadas para producción de fruta, resulta más difícil que en otras especies frutales. A consecuencia de que es un cultivo relativamente reciente en la historia, hay varios aspectos de su producción y manejo que están poco

desarrollados, como el control de vigor, el desarrollo de porta-injertos, y las técnicas de propagación clonal.

Uno de los procesos claves en la propagación de esta especie, es la injertación. La misma suele hacerse actualmente mediante injerto de parche a fines de verano, siendo esta técnica, una de las técnicas de injertación más laboriosas, tanto por la técnica en sí, así como también por las elevadas temperaturas predominantes en esa época, y la presencia de follaje en los árboles porta-injertos. Como alternativa a la técnica mencionada, se podría utilizar alguna técnica de injertación de primavera, como la de chip, hendidura, inglés de doble lengüeta, etc.), las cuales son de realización más sencilla y rápida. Por otro lado además, a inicios de primavera, las temperaturas son más bajas y las plantas están con escaso follaje, lo cual permite al injertador trabajar más cómodamente.

En ese marco, es que en el presente trabajo se analizan dos técnicas de injertación de primavera, el injerto de hendidura y el injerto de chip. Intentando además hacer un ajuste de la técnica de chip, según distintos momentos de injertación.

## **1.1. OBJETIVOS**

### **1.1.1. Objetivo general**

El objetivo general de este trabajo fue el de evaluar la viabilidad de utilizar alguna técnica de injertación de primavera para la propagación clonal de nogales pecan, e intentar ajustar el momento de injertación más adecuado para esta especie.

### **1.1.2. Objetivos específicos**

1. Ensayo del año 2013: probar dos técnicas de injertación de primavera, una de yema (técnica de chip), y una de púa (técnica de hendidura), evaluando si existen diferencias en la proporción de injertos prendidos y la calidad de las plantas logradas con una y otra técnica.

2. Ensayo del año 2014: evaluar la proporción de injertos prendidos utilizando la técnica chip en tres fechas de realización, sobre plantas en tres estados fenológicos distintos. Intentando identificar las condiciones de injertación más adecuadas para esta técnica.

## **2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA**

Según Hartmann y Kester (1988) los pecaneros se propagan injertando de yema o de púa cultivares selectas en portainjertos de pecan obtenidos de semilla. Las técnicas que comúnmente se emplean son el injerto de parche (a veces de anillo), y el injerto de cuatro solapas.

### **2.1. QUÉ ES PROPAGAR POR INJERTACIÓN, Y POR QUÉ HACERLO**

Los árboles frutales pueden ser propagados por dos métodos: por semilla o por métodos vegetativos. Ibacache y Rojas (2000) sostienen que como regla general, el uso de semillas para propagar variedades frutales, aunque simple y económico, no es satisfactorio debido a que las plántulas (plantas producidas de semilla), son generalmente diferentes de las plantas madre, especialmente en tamaño, forma, y calidad de fruta.

Lipe (1997) comparte este concepto, ya que menciona que los árboles de pecan francos (generados directamente de semillas) no producen nueces fieles a la planta madre, sino que por el contrario presentan mucha variabilidad en la calidad de sus frutos.

En un huerto con plantas propagadas por semilla, existe una alta variabilidad en el tamaño de los árboles, el tamaño de los frutos y sus características internas, época de producción, y sensibilidad a las enfermedades, lo cual dificulta el manejo comercial del huerto en su conjunto.

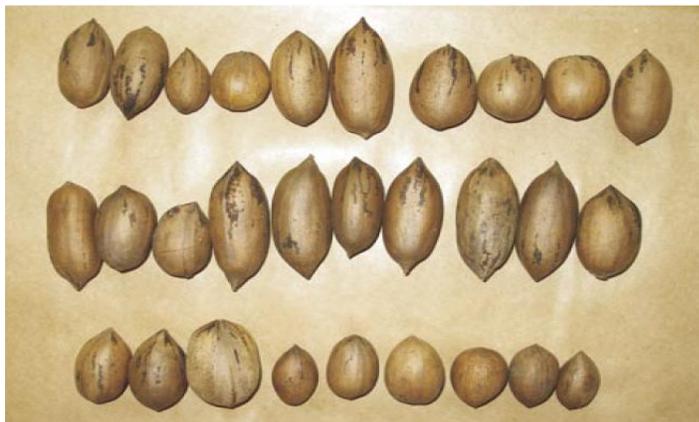


Figura 1. Variabilidad en frutos de plantas relevadas en Uruguay

Fuente: Bennadji et al. (2008).

En contraposición, la enorme mayoría de las plantas propagada por métodos vegetativos son genéticamente idénticas a la planta madre. Ya que, salvo por la excepcional aparición de mutaciones, no hay variación genética con estos métodos de propagación. Por tanto el comportamiento productivo del huerto es muy uniforme.

Según Ibacache y Rojas (2000), uno de los métodos vegetativos mayormente utilizados es la propagación por estacas. Colocar una estaca en suelo o arena para formar raíces y brotes no es difícil ni de alto costo. Sin embargo algunos de los principales árboles frutales, incluyendo el nogal pecan, son difíciles de propagar por estacas, por lo tanto, la técnica común de propagación de estos frutales es a través de la producción de plántulas y posterior injertación de la variedad comercial sobre ellas.

Stoltz y Strang (2005) coinciden con el concepto anterior: *“La mayoría de los árboles frutales no se hacen en realidad a partir de semillas dada la alta variabilidad que este método produce, por lo cual debe utilizarse la propagación vegetativa o asexual. Las estacas de la mayoría de los árboles frutales son generalmente difíciles de enraizar; por lo tanto, la injertación es el medio más eficaz para reproducirlos”*

Injertar es el arte de unir entre si dos porciones de tejido vegetal viviente de tal manera que la unión cicatrice adecuadamente, y posteriormente crezcan y se desarrollen como una sola planta. El resultado final es una planta compuesta por dos organismos, de los cuales uno aporta las raíces y el otro la copa.

## **2.2. CLASIFICACIÓN DE LAS TÉCNICAS DE INJERTACIÓN**

Las técnicas de injertación suelen ser clasificadas de dos formas. Según la época de injertación, y según las características de forma, tamaño, y método de acople de los materiales vegetales constituyentes del injerto. A su vez, los criterios de clasificación pueden variar un poco según el autor. A continuación se presentan las formas clasificación propuestas por Campana y Ochoa (2007). Según la época de realización, estos autores clasifican las técnicas de la siguiente manera:

- Injertos de otoño o “a yema dormida”. El injerto se realiza a fines de verano o principios de otoño; la yema que se injerta se unirá pero no brotará hasta la primavera siguiente.
- Injertos de primavera o “a yema despierta”. Una vez realizado el injerto y unida la yema, por su condición interna y las condiciones ambientales, ésta brotara inmediatamente.

- Injerto de diciembre. También es un injerto a yema despierta, pero se realiza a mediados de diciembre en especies como el duraznero, que madura sus yemas temprano en la estación. Solo se hace en zonas en que las temperaturas permiten la obtención de un brote vigoroso y lignificado antes de la llegada del frío. Así, se logra una planta apropiada para su trasplante en otoño en un año menos que si esperara a la siguiente primavera para injertar.

Hartmann y Kester (1988) utilizan la misma clasificación de las técnicas de injertación según época de realización, y explican que: el método de injertación de primavera es similar al injerto de otoño, excepto que el trabajo se lleva a cabo en la primavera siguiente, tan pronto como comienza el crecimiento activo del portainjerto y la corteza se separa fácilmente de la madera.

Para injertar en otoño, se toman yemas maduras formadas en la presente estación de crecimiento, y se injertan el mismo día de recolectadas o pocos días después. Para el injerto de primavera las varas con yemas se escogen del mismo tipo de brotes que se usarían para el injerto de otoño, con la excepción de que se recolectan durante el siguiente reposo invernal, antes de que presenten cualquier indicio de hinchamiento, y se conservan en frío hasta la llegada de la primavera. Según Hartmann y Kester (1988), temperaturas de cero a cuatro grados Celsius son adecuadas para que se mantengan latentes las yemas, y debe cuidarse también de que no se deshidraten.

El injerto de otoño se realiza a fines de la temporada de crecimiento, y permanece latente durante todo el invierno, periodo en el cual se debe cortar el portainjerto justo encima del injerto para que al llegar la primavera el mismo brote.

El injerto de primavera deberá practicarse tan pronto como la corteza de los portainjertos se desprenda con facilidad. Luego, alrededor de dos semanas después del injerto, cuando las uniones hayan ya cicatrizado, se deberá cortar la copa del portainjerto arriba de la yema injertada para forzar a esta a entrar en crecimiento activo; al mismo tiempo, las yemas latentes del portainjerto empiezan a desarrollarse y deberán removerse periódicamente para evitar la competencia con el brote del injerto.

Aunque en los injertos de primavera el nuevo brote de la yema injertada inicia su desarrollo algo más tarde que en el injerto de otoño, si las condiciones le son favorables, las yemas injertadas se desarrollan con suficiente rapidez

como para tener a fin de la temporada una copa satisfactoria (Hartmann y Kester, 1988).

Continuando con las modalidades de clasificación de los injertos, los mismos se pueden clasificar también según las características del trozo de tejido a injertar. Con este criterio, Campana y Ochoa (2007) clasifican los injertos en los siguientes tipos:

- De yema: la parte a injertar está constituida por una yema acompañada por un trozo de corteza. Las variantes más comunes de este tipo de injerto se denominan: escudete, parche, anillo, y chip.
- De púa: el fragmento a injertar es una pequeña rama o “púa” con 3 o más yemas, y sus variantes más comunes son: inglés de doble lengüeta, inglés al galope, hendidura, y corona.
- De aproximación: al momento de la injertación, tanto el portainjerto como el injerto, están sobre sus propias raíces; una vez que la unión se produce, se corta la copa del portainjerto y las raíces del injerto.

Los injertos de yema y de púa se emplean comúnmente en vivero para la multiplicación de plantas. También, son útiles para la renovación de copa y para la injertación de variedades polinizadoras sobre ramas delgadas. Los injertos de aproximación en cambio por ser más laboriosos, y por proporcionar una tasa de multiplicación mucho más baja, en general se reservan solamente para especies de prendimiento muy dificultoso, casi exclusivamente ornamentales de alto valor.

Según Campana y Ochoa (2007) en la mayoría de los injertos de yema es indispensable que se cumplan dos condiciones al momento de realizar el injerto.

1. La corteza del portainjerto se debe “levantar” fácilmente o “despegar” sin dificultad. Cuando el portainjerto está en crecimiento activo la corteza se separa sin problemas, pues las células del cámbium están en división y permiten una perfecta separación.

2. Las yemas vegetativas del cultivar a injertar deben estar totalmente formadas, maduras, pero sin indicios de brotación. Tienen que haber completado su ciclo de formación y no mostrar síntomas de brotación incipiente porque, si así ocurriera, seguramente, se deshidratarían y morirían antes de establecer la conexión vascular con el portainjerto.

Los injertos de púa comúnmente se realizan a fines del invierno o principios de la primavera, antes de que comience la actividad intensa del cámbium del portainjerto. Sin embargo hay excepciones, pues el injerto de corona se efectúa bien entrada la primavera, dado que su ejecución requiere la separación de la corteza, como en los injertos de yema (Campana y Ochoa, 2007).

Stoltz y Strang (2005) afirman que aunque los injertos de púa se siguen utilizando, los injertos de yema se están convirtiendo en la técnica de elección en la producción de árboles frutales, ya que el injerto de yema requiere menos destreza en el manejo de la navaja, por lo que es más fácil de hacer; mucho menos tiempo, por lo que es más económico; y una mucho menor cantidad de varetas de yemas.

Las técnicas de injertación de púa y de yema varían, pero todas tienen el mismo objetivo y resultado, convertir un árbol de inferior calidad de nuez en un árbol con calidad de nuez mejorada. Las variaciones en la técnica dependen del tamaño de la rama o árbol a ser injertado, del clima, y de la tradición.

### **2.3. TÉCNICAS NORMALMENTE UTILIZADAS PARA INJERTACIÓN DE PECAN**

De acuerdo a la bibliografía consultada, los principales tipos de injertos que se usan en la propagación del nogal pecan actualmente son el de “parche” y el de “cuatro solapas”.

#### **2.3.1. Injerto de parche**

El injerto de parche efectuado en otoño es la técnica de propagación más importante utilizada en pecan (Gamalier, 2004).

Lipe (1997) afirma que esta técnica es usada extensamente en pecan para la propagación en viveros y en injertación de árboles pequeños con diámetro cercano a una pulgada. Los árboles pueden ser injertados de parche en primavera, con varetas almacenadas a yema dormida recolectadas tarde en la estación de reposo. O más comúnmente, a fines de verano, con yemas del año en reposo tomadas directamente en los días de la injertación.

Según Campana y Ochoa (2007), el injerto de parche se emplea principalmente en especies de corteza gruesa como el nogal europeo, el pecán, y algunas especies tropicales y subtropicales (papayo, palto, etc.).

Hartmann y Kester (1988) también afirman que esta técnica de injertación es habitualmente usada en propagación de pecanes. *“Resulta algo más lento y más difícil de ejecutar que el injerto en T, pero se usa ampliamente y con éxito en especies de corteza gruesa, tales como nogales y pecaneros, en las que el injerto en “T” produce malos resultados, posiblemente debido al mal ajuste alrededor de las márgenes de la yema. El injerto de parche requiere que la corteza, tanto del portainjerto como de la rama de yemas se desprenda con facilidad. Generalmente se practica al fin del verano o al principio del otoño, pero también puede llevarse a cabo en primavera. Al propagar material de vivero, el diámetro del portainjerto y de la rama con yemas es preferible que sea aproximadamente el mismo y de alrededor de uno y medio a dos y medio centímetros”*

En esta técnica de injerto, se remueve del portainjerto un parche de corteza, de forma cuadrada o rectangular, el cual se reemplaza por un parche de corteza con una yema del cultivar a injertar de tamaño similar.

Tanto Hartmann y Kester (1988) como Campana y Ochoa (2007) describen que para esta técnica se requiere algún tipo de navaja doble que haga dos cortes paralelos transversales con una separación de entre dos y cuatro centímetros (Figura 2a). Estos cortes, de alrededor de dos y medio centímetros de largo, se hacen a través de la corteza hasta la madera en un área lisa del portainjerto (Figura 2a) y luego se conectan en cada lado por medio de dos cortes verticales hechos con una navaja de una sola hoja (Figura 2b), de forma tal de formar un rectángulo de corteza, el cual luego será removido y sustituido por uno de iguales dimensiones procedente de la varetta a injertar (Figuras 2c a 2e).

El parche de corteza que contiene la yema se corta de la varetta de la misma forma que el parche de corteza que se remueve del portainjerto. Respecto a este punto Hartmann y Kester (1988) señalan que es importante que este rectángulo sea empujado hacia un lado más bien que levantado o arrancado. Ya que hay un pequeño núcleo de madera, la traza de la yema, que debe quedar dentro de ella si se pretende lograr el prendimiento del injerto. Empujando el parche de corteza hacia un lado, el núcleo se rompe y permanece en la yema. Si el parche con la yema se levanta, es muy probable que ese núcleo de madera se quede pegado a la madera de la rama, dejando un agujero en la yema, y provocado el fallo de dicho injerto.

Una vez que el parche con la yema se ha removido debe insertarse de inmediato en el portainjerto (Figura 2f), el cual deberá estar ya preparado, necesitando solo remover la sección de corteza.

El parche deberá ajustar apretadamente arriba y abajo de la abertura hecha en el portainjerto, ya que ambos cortes transversales se han hecho con la misma navaja doble. Es más importante que la sección de corteza quede bien ajustada arriba y abajo que en los lados (Hartmann y Kester, 1988).

Una vez que el parche ha sido insertado queda listo para ser atado (Figuras 2g y 2h). En este punto Hartmann y Kester (1988) afirman que es importante tener en cuenta que en ocasiones la corteza del portainjerto es más gruesa que la corteza del parche insertado, de modo que al envolverlo es imposible que el material de envoltura mantenga el parche bien apretado contra el portainjerto. En ese caso, sugieren que es necesario rebajar alrededor del injerto la corteza del portainjerto, de modo que quede del mismo grosor o de preferencia ligeramente más delgado que la corteza del parche de injerto, de forma tal que el material de amarre pueda mantener el parche con la yema bien apretado en su sitio.

Al envolver el parche con la yema se debe usar un material que sostenga el parche firmemente en su lugar y en íntimo contacto con tejido del portainjerto, y que cubra todas las superficies cortadas para evitar la entrada del aire debajo del parche, con la consiguiente desecación y muerte de los tejidos; el material más usado para esto es la cinta de polietileno, ya que cumple bien ambos cometidos y es económica. La yema misma no se deberá cubrir al envolver el injerto, salvo que se utilice alguna cinta de injerto especialmente diseñada, las cuales son muy finas y elásticas, y en general bio/fotodegradables, permitiendo a la yema salir sin dificultad al cabo de algunos días.



Figura 2. Procedimiento de injertación de parche en otoño, en pecan

### **2.3.2. Injerto de cuatro solapas (four-flap grafting o injerto banana)**

Según Lipe (1997), el uso de la técnica de cuatro solapas en pecan comenzó en la década del setenta.

La técnica requiere el uso de varetas en reposo almacenadas en frío y que la corteza del portainjerto se despegue con facilidad. Su mayor virtud es que proporciona mucha superficie de contacto entre el cámbium de la púa y del portainjerto. Es usada principalmente en injertación de árboles pequeños con el diámetro de un dedo ya que el diámetro del portainjerto y la púa deben ser casi iguales, se puede utilizar también en ramas pequeñas de árboles más grandes.

Esta técnica de injertación es una de las más laboriosas y que requiere más mano de obra. Sin embargo, en algunas situaciones, es bastante utilizada para la propagación del nogal pecan.

Goff (2009), sostiene que existe una visión consensuada en que el injerto de cuatro solapas es la técnica más fiable para la propagación de pecan, en especial para injertadores inexpertos.

Varios autores señalan que esta técnica de injertación es más exitosa que otras en climas con escasa precipitación y baja humedad, como ocurre en el oeste de Texas.

#### **2.3.2.1. Procedimiento de injertación de cuatro solapas**

El injerto de cuatro solapas es más exitoso cuando la púa y el portainjerto son de diámetro muy similar. El mejor ajuste es obtenido cuando la púa es apenas algo más gruesa que el portainjerto (Figura 3a). El mejor momento para realizar este injerto es de octubre a noviembre, cuando los portainjertos están en activo crecimiento y la corteza se despega fácilmente. La madera para las púas tiene que haber sido colectada en julio o agosto y almacenada en frío antes que se abran las yemas, cuidando que no se deshidrate durante el almacenamiento o el éxito de los injertos se resentirá.

Stein y Sauls (2002), hacen una muy completa descripción del procedimiento para hacer correctamente un injerto de cuatro solapas, a continuación se presenta un resumen de la misma.

- 1- El material necesario para el injerto de cuatro solapas incluye varetas en reposo, papel de aluminio, bolsa de polietileno, navaja afilada, cinta de atar injertos, tijera de podar, bandita elástica, y cola vinílica.

2- Seleccionar un árbol joven con su tronco principal o una rama de alrededor de media a una pulgada de diámetro (Figura 3a).

3- En el punto donde se quiere hacer el injerto, cortar la copa del árbol con la tijera de podar. Envolver una bandita elástica alrededor del portainjerto cortado y empujarla hacia abajo hasta unos siete u ocho centímetros del corte (Figura 3b).

4- Hacer cuatro incisiones verticales rectas a través de la corteza del portainjerto, cada una de aproximadamente cuatro centímetros de largo e igualmente espaciadas alrededor del perímetro del tronco (Figura 3b). Los cortes deben atravesar completamente la corteza hasta la madera.

5- Separar las tiras de corteza de la madera para asegurarse que despegan con facilidad, y para que dicha acción no insuma tiempo luego de preparada la púa (Figura 3c), luego deslizar la bandita elástica hacia arriba para mantener las tiras de corteza contra la madera para prevenir que se deshidraten mientras se prepara la púa.

6- Seleccionar una vareta lisa y recta del diámetro apropiado y aproximadamente quince centímetros de largo. Debe tener dos o tres yemas bien desarrolladas en la mitad superior (Figura 3a). Cortar un centímetro de la base de la vareta para asegurarse de contar con tejido sano verde. Si la madera está de color marrón o arrugada, lo que indica deshidratación por almacenamiento inadecuado, no debe usarse.

7- Con una navaja afilada, cortar la vareta en los cuatro lados, comenzando alrededor de cuatro centímetros por encima del extremo basal y cortando hacia él. Básicamente, los cortes crean un extremo de forma cuadrada, con una tira delgada de corteza (y cámbium) de cuatro centímetros de largo en cada esquina (Figuras 3d y 3e).

8- Luego que la púa está preparada, deslizar la bandita elástica nuevamente hacia abajo en el portainjerto y separar las tiras de corteza de la madera. Con la tijera de podar, cortar la porción de madera expuesta, sin dañar las cuatro tiras de corteza (Figuras 3f y 3g).

9- Colocar la púa verticalmente sobre el portainjerto (Figura 3h), levantar las cuatro solapas de corteza y mover la banda de goma hacia arriba sobre las solapas para sostener las mismas y la púa en su lugar (Figura 3i). Asegurarse de que las tiras finas de corteza dejadas en las aristas de la púa están situadas en las aberturas entre las solapas

del portainjerto, si no es así, girar suavemente la púa hasta que queden en su lugar.

10- Envolver toda la zona de los cortes del portainjerto y la parte inferior de la púa firmemente con cinta de injertos. Se debe tener cuidado de no retorcer las solapas de corteza al hacer las envolturas. La envoltura se inicia en la parte inferior, cada vuelta se superpone a la anterior hasta que todas las superficies cortadas están cubiertas. El extremo de la cinta se sujeta metiéndolo bajo la última vuelta antes de apretar con fuerza (Figura 3j).

11- Cortar un trozo de papel de aluminio, y sin apretar cubrir toda el área encintada, presionar ligeramente para comprimir alrededor del injerto y mantenerlo en su lugar. El papel de aluminio reflejará la luz del sol y evitará que la unión de injerto se caliente demasiado (Figura 3k).

12- Cortar una esquina de una bolsa de polietileno transparente de aproximadamente medio litro y deslizarla hacia abajo con cuidado sobre el injerto, con la púa sobresaliendo a través de la esquina cortada de la bolsa (Figura 3k). Se debe ser muy cuidadoso de no arrancar las yemas de la púa en este paso. Atar la esquina cortada de la bolsa a la púa, en la parte superior de la envoltura de papel de aluminio, debajo de la yema más baja de la púa. Luego atar la parte inferior de la bolsa firmemente alrededor del portainjerto, cerca del borde inferior de la envoltura de papel de aluminio. Las ataduras deben hacerse con cinta de injerto, tiras de goma, u otro material que se estire (Figura 3l).

13- Cubrir la punta de la púa con una gota de cola vinílica para evitar su desecación mientras cicatriza el injerto.

En general, los brotes en la púa comenzarán a crecer (Figura 3l) en tres a seis semanas luego de la injertación. Todos los materiales de envoltura deben permanecer en su lugar durante otras cuatro a seis semanas después de que los brotes comienzan a crecer, transcurrido ese tiempo, deben ser retirados. La cicatrización de la unión del injerto es bastante rápida en comparación con otras técnicas de injertación.



Figura 3. Técnica de Injertación de cuatro solapas en nogal pecan

Fuente: Stein y Sauls (2002).

## **2.4. TÉCNICAS ALTERNATIVAS DE INJERTACIÓN**

Las dos técnicas principalmente utilizadas para propagar el nogal pecan (injerto de parche, y de cuatro solapas) son ambas bastante laboriosas y poco o nada utilizadas sobre otras especies en los viveros uruguayos; por lo cual en este trabajo se analizan dos técnicas alternativas de injertación, más sencillas y conocidas por los viveristas uruguayos, el injerto de chip y el de hendidura.

### **2.4.1. Injerto de hendidura**

Según Hartmann y Kester (1988), este es uno de los injertos más antiguos y de uso más amplio, desde injertar plantas pequeñas en vivero, hasta la realización de cambios de copa.

Desde el punto de vista del momento en que se utiliza, esta técnica se clasifica como un injerto de primavera. Aunque puede hacerse en cualquier momento de la estación de reposo, en general las probabilidades de una unión exitosa son mayores si el trabajo se hace al principio de la primavera, justo cuando las yemas del portainjerto comienzan a hincharse pero antes que se inicie el crecimiento activo. Si el injerto de hendidura se practica después que el árbol esté en crecimiento activo, es probable que la corteza del portainjerto se separe de la madera, ocasionando dificultades para lograr una buena unión. Las púas deben tomarse de madera latente de un año de edad. A menos que el injerto se haga al principio de la estación (cuando las púas en reposo se pueden recolectar y usar de inmediato), la madera para púas se debe recoger con anticipación y guardarse bajo refrigeración hasta el momento de usarla.

La principal característica de esta técnica es que las púas se adosan al portainjerto introduciéndolas en una hendidura vertical previamente realizada en el mismo. Para realizar dicha hendidura, si el portainjerto es delgado (menos de tres centímetros), se utiliza una navaja de injertar. Cuando el portainjerto es grueso, como en los cambios de copa, se necesita un cuchillo grueso el cual se golpea por el lomo con alguna herramienta para lograr que penetre en el tocón formando así la hendidura; en este caso además se pueden insertar dos púas en lugar de una, una a cada lado del portainjerto, cuidando que las zonas cambiales de ambos materiales entren en contacto.

Las púas deben ser de seis a doce centímetros de largo, de seis a quince milímetros de espesor, y tener dos a tres yemas. El extremo basal de cada púa debe cortarse en forma de cuña larga, con declive suave, de alrededor de cinco centímetros de largo. Si por diferencia de diámetro, la púa debe colocarse en un extremo de la hendidura, el lado de la cuña que va a

quedar en la parte exterior del portainjerto debe dejarse ligeramente más ancha que la parte que va hacia el interior. Así, cuando se inserta la púa, la presión completa de la hendidura (tiende a cerrarse) se ejerce sobre la púa en la parte donde el cámbium de la misma coincide con el del portainjerto. Como la corteza del portainjerto casi siempre es más gruesa que la de la púa, de ordinario se necesita que la cara exterior de la misma quede un poco más adentro respecto a la corteza del portainjerto, a fin de hacer coincidir las capas de cámbium.

Los cortes largos e inclinados que se hagan en la base de las púas deben ser lisos y ejecutados de un solo tajo con una navaja muy bien afilada. La cuña debe quedar firmemente apretada contra el portainjerto en toda su longitud. Un error común al preparar púas para este tipo de injerto, es hacer los cortes laterales demasiado cortos y demasiados inclinados, de modo que la púa no queda suficientemente aguda como para que la madera del portainjerto copie su forma, quedando solamente una pequeña zona de contacto en la parte superior.

En algunos casos, sobre todo cuando el portainjerto es bastante grueso, puede no ser necesario atar el injerto, pero a nivel de vivero donde en general se trabaja con plantas delgadas, es aconsejable. En todo caso, la necesidad de atarlo o no, dependerá de lo ajustada que quede la púa en la hendidura, pero nunca será contraproducente atar. Para envolver el injerto se puede utilizar cinta de polietileno para injertos, o hilo encerado.

Es esencial encerar/pintar prolijamente el injerto terminado. La superficie superior del tocón debe cubrirse por completo, permitiendo que la cera penetre en la hendidura. Los lados del portainjerto deben encerarse hasta donde haya llegado la hendidura. Las puntas de las púas deben encerarse también, pero no es necesario hacerlo en la corteza o las yemas de las mismas. Dos o tres días después se debe revisar el injerto y volver a encerar las aberturas que aparezcan en el impermeabilizante. Según Hartmann y Kester (1988), la falta de un encerado completo y prolijo en este tipo de injerto conduce con seguridad al fracaso.

Andersen (2009), menciona que en algunas ocasiones se utiliza el injerto de hendidura en pecan. Pero lo describe principalmente para hacer cambios de copa, o injertar a campo árboles francos que fueron plantados sin injertar, para luego algunos años después colocarles una variedad mediante un cambio de copa. Por esta condición, en la descripción de la técnica, menciona que se realiza sobre ramas de siete a diez centímetros de diámetro, y que se colocan dos púas.

En el caso de la utilización de la técnica de hendidura a nivel de vivero, se utilizan portainjertos mucho más delgados, de entre uno y tres centímetros de diámetro; y se les inserta una sola púa.

El procedimiento de injertación es el siguiente:

1- Con una tijera de podar, cortar el portainjerto a la altura que se quiera hacer el injerto, normalmente a unos veinte o treinta centímetros del suelo (Figura 4a).

2- Con una navaja de injertar, realizar una hendidura vertical por el centro del portainjerto, de unos cuatro a siete centímetros de largo, según la longitud que se le piense dar a la cuña que se hará en la púa (Figura 4b).

3- Cortar una púa de diez a quince centímetros de largo, con dos a cuatro yemas. Cerca de su extremo basal, realizar dos cortes inclinados desde la corteza hasta llegar al centro de la púa, encontrándose ambos cortes en el extremo basal de la púa de manera que formen una cuña. Estos cortes deben medir de tres a seis centímetros de largo, según el diámetro de la púa, en púas finas la cuña se hará más corta, mientras que púas de mayor diámetro debe hacerse más larga. Si los cortes se hacen con poco ángulo, es decir que la cuña quede muy corta en relación al diámetro de la púa, luego no se logrará un buen ajuste en la hendidura hecha en el portainjerto. Es importante también que los cortes se hagan con un solo movimiento y con una navaja bien afilada, de manera que la superficie del corte quede lo más lisa y uniforme posible (Figura 4c).

4- Insertar la cuña en la hendidura hecha antes en el portainjerto, hasta que quede dentro la totalidad de la cuña y no quede superficie de los cortes visible (Figura 4d). En caso de que la púa no sea exactamente del mismo diámetro que el portainjerto, esta debe colocarse contra uno de los lados de la hendidura, de manera que las capas de cambium coincidan al menos en ese lado.

5- Atar el injerto envolviendo firmemente con cinta de injertar, cubriendo todo el largo de la hendidura practicada en el portainjerto (Figuras 4e y 4f). Este paso ayuda a asegurar un buen contacto entre las superficies de los cortes de la púa y el portainjerto, y le da firmeza al injerto en las primeras etapas. Pero no siempre es totalmente necesario, en especies que forman abundante callo, y si se logra un muy buen contacto entre las superficies del injerto, puede evitarse el atado.

6- Cubrir todas las superficies de cortes expuestas con abundante emulsión asfáltica, cera, o pasta para injertos. Debe cubrirse la zona del injerto y la punta de púa, y asegurarse de dejar un espesor considerable del impermeabilizante, ya que este al deshidratarse reduce su volumen (Figura 4g).

7- Al cabo de algunos días, si el injerto es exitoso, la púa comenzará a brotar (Figura 4h). También empezarán a brotar algunas yemas del portainjerto, las cuales deben ser removidas, al igual que debe seleccionarse un solo brote de la púa y eliminar los demás para que no compitan con el brote elegido. En caso de haber atado el injerto, a las tres o cuatro semanas de la injertación debe removerse la cinta para que no ocasione constricción. Luego de una temporada de crecimiento en buenas condiciones, la unión del injerto queda muy sólida y pareja (Figura 4i).



Figura 4. Procedimiento de injertación de hendidura con una sola púa, adaptado a plantas pequeñas de pecan en vivero

#### **2.4.2. Injerto de chip o astilla (chip budding)**

Según Ibacache y Rojas (2000): *“En nogales pecan también es posible utilizar el injerto denominado de chip o de astilla. Este se lleva a cabo en primavera, una vez que los portainjertos han iniciado el crecimiento activo (octubre en Vicuña, Chile). Las varetas, de las que se van a extraer las yemas, se recogen con anticipación en invierno y se guardan bajo refrigeración (4-6°C) hasta el momento de la injertación.”*

El procedimiento es rápido y sencillo: en el portainjerto se selecciona un lugar liso y sin nudos, a unos veinte o treinta centímetros del suelo. Se remueve una astilla de corteza, terminada en una pequeña cuña en la parte inferior (Figura 5c) y se reemplaza con otra astilla de la misma forma y tamaño tomada de la vareta que contiene las yemas de la variedad deseada (Figuras 5e y 5f). Las astillas se cortan de la misma forma tanto en el portainjerto, como en la vareta: se realiza un primer corte (Figura 5a) pequeño (de medio a un centímetro de largo) que inicia aproximadamente un centímetro y medio debajo de la yema, cortando hacia abajo y entrando en la madera con una inclinación de treinta a cuarenta grados. El segundo corte se inicia un centímetro y medio arriba de la yema, practicándolo hacia adentro y luego hacia abajo hasta que se intersecta con el primer corte (Figura 5b). Para obtener un buen ajuste, la astilla hecha de la vareta debe quedar de similar forma y tamaño que la extraída del portainjerto.

Según Gustafson y Morrissey (2003), se debe intentar tener la yema colocada en el portainjerto dentro de los cinco a diez segundos desde el momento en que se comenzaron a hacer los primeros cortes. De no lograrse en ese tiempo, una alternativa que funciona muy bien para injertadores novatos que no logran injertar tan rápido, es cortar el chip de la púa primero y colocarlo inmediatamente en la lengua con el lado cortado hacia abajo, y almacenarlo así mientras se preparan los cortes en el portainjerto. La yema puede permanecer viable durante horas en la boca del injertador, ya que la saliva es inofensiva para la misa y la mantiene hidratada.

Para que la astilla con la yema, se mantenga bien unida al portainjerto y aislada del aire que la deshidrataría, debe atarse. Lo más usado para este fin es la cinta de polietileno blanca o transparente, que se coloca cubriendo la astilla (Figuras 5g y 5h), sin cubrir la yema.

En este tipo de injerto, al igual que las otras técnicas de injerto de yema, el portainjerto se corta arriba de la yema solo cuando la unión se ha completado. Si el injerto se hace en el otoño, el portainjerto se corta justo antes de iniciarse el crecimiento en la primavera próxima, en cambio, si se hace en primavera, se corta unos diez o quince días después de la injertación.



Figura 5. Procedimiento de injertación de chip en pecan

#### **2.4.2.1. Ventajas destacables de los injertos de yema y en particular del injerto de chip**

El injerto de yema se usa ampliamente para producir plantas de cultivares seleccionados de árboles frutales, de los cuales se producen cada año cientos de miles de planta individuales. En estas operaciones de propagación en que se maneja un gran número de plantas, y en las que la rapidez y la baja tasa de fallos son esenciales, casi siempre se prefiere injertar de yema.

Según Hartmann y Kester (1988) el injerto de yema puede producir una unión más fuerte, especialmente durante los primeros años, que la lograda con injertos de otro tipo, de modo que es menos probable que los brotes del injerto sean arrancados por vientos fuertes.

Por otra parte, con el injerto de yema se hace un uso más económico de la madera de las yemas que en los otros tipos de injerto, ya que cada yema es potencialmente capaz de producir una nueva planta de la variedad deseada.

Dentro de los injertos de yema, uno de los más usados actualmente, y de interés particular en este trabajo es el injerto de chip, esta técnica tiene algunas ventajas interesantes por sobre las demás técnicas de injertación de yema.

Según Stoltz y Strang (2005), el injerto de chip hecho en el mismo momento que el injerto en "T", cicatriza más rápidamente y produce una unión aún más fuerte. Complementariamente Crasweller (2005) afirma también, que en los últimos años, la mayoría de los viveros comerciales de plantas frutales han cambiado del injerto de "T" al injerto de chip, debido a que las yemas tienden a crecer mejor. En ambas publicaciones destacan también el hecho de que el injerto de chip es una técnica que puede ser usada en cualquier momento en que se disponga de yemas maduras, incluso en momentos en los que la corteza no esté despegando bien.

Existe un consenso general en que el injerto de chip proporciona un mejor prendido, con una unión superior y más fuerte entre el portainjerto y el injerto, y que el nuevo crecimiento de la yema del injerto suele ser más recto y uniforme que el logrado con las demás técnicas de injertación de yema. Según Gustafson y Morrissey (2003) esto ha sido verificado en estudios anatómicos comparativos, los cuales demostraron que el injerto de chip cicatriza más rápidamente y con una unión más completa y continua del xilema que el injerto en "T".

## 2.5. DIFICULTAD ESPECIAL EN LA INJERTACIÓN DE PECAN

Según la bibliografía, varias especies, principalmente leñosas, son difíciles de injertar con éxito, en las cuales aún hoy, con técnicas de injertación especiales, se obtienen resultados aleatorios. Entre estas especies varios autores nombran al nogal pecan.

De acuerdo a Campana y Ochoa (2007), algunas especies son muy dúctiles y responden bien a varias técnicas y épocas de injertación. Otras en cambio, dan buenas respuestas solo con una determinada técnica, o una época en particular, y entre estas últimas ubican al pecan.

Hartmann y Kester (1988), también indican que algunas plantas son mucho más difíciles de injertar que otras, y entre las difíciles destacan el género *Carya*, al cual pertenece el nogal pecan.

Esta especie parece tener un periodo muy acotado en que se puede tener éxito en la injertación, especialmente en los injertos de primavera, al respecto Lipe (1997) señala que para injertar pecan en primavera, el portainjerto debe estar creciendo activamente, la corteza despegando bien y las hojas nuevas deben tener una longitud de trece a diecinueve centímetros.

Esta característica de la especie constituye una condicionante que limita el periodo de injertación, ya que se debe esperar hasta bien entrada la primavera, para que las plantas estén suficientemente brotadas. A diferencia de otras especies, como el manzano por ejemplo, el cual se puede injertar en invierno sobre portainjertos aun completamente en receso, obteniendo igualmente excelentes porcentajes de prendido.

Por otra parte, acontece también, y así lo describen Hartmann y Kester (1988), que en el pecan en los periodos de gran actividad de crecimiento en la primavera, las plantas presentan una elevada presión de las raíces que desencadena -al hacer los cortes preparatorios para el injerto- un flujo excesivo de savia, conocido como “desangrado” o “lloro”. Y que los injertos hechos cuando se produce esa exudación de humedad alrededor de la unión del injerto generalmente no cicatrizan.

En definitiva, la época de injertación queda definida y limitada a un corto periodo de tiempo (diez a veinte días) comprendido entre el momento en que las hojas de los portainjertos tengan unos trece centímetros, hasta que aparezca el lloro. Ya que si se injerta antes, la tasa de éxito será baja debido a la poca

actividad de división celular; y si se hace demasiado tarde, lo será debido al impedimento de cicatrización por el exceso de savia en la zona del injerto.

## **2.6. PRINCIPIOS BÁSICOS DE LA INJERTACIÓN**

Para poder analizar que técnicas podrían utilizarse en las distintas situaciones, y que factores tener en cuenta para hacer la injertación lo más exitosa posible, se deben conocer las bases que rigen este proceso.

### **2.6.1. Proceso de formación de la unión de injerto**

Se han efectuado numerosos estudios detallados de la cicatrización de las uniones de injerto, y en general todos coinciden en que la secuencia habitual de eventos en la cicatrización de una unión de injerto es la siguiente:

1- El tejido recién cortado de la púa, se coloca en contacto firme con tejido similar recién cortado del portainjerto, de manera tal que las regiones cambiales de ambos estén en estrecho contacto. Las condiciones de temperatura y humedad deben ser tales que estimulen la actividad de crecimiento en las células recién expuestas y en las circundantes.

2- Las capas externas (expuestas en la superficie de los cortes) de las células de la región cambial tanto de la púa como del portainjerto producen células de parénquima que pronto se entremezclan y entrelazan, formando una masa de células indiferenciadas, llamada tejido de callo.

3- Algunas células de este callo de nueva formación que están en la dirección entre el cambium de la púa, y del portainjerto, se diferencian en nuevas células cambiales; estableciendo un puente de cambium a través del tejido de callo, que une ambos cambia, el de la púa con el del portainjerto.

4- Estas nuevas células cambiales producen nuevo tejido vascular, xilema hacia el interior y floema hacia el exterior, estableciendo así conexión vascular entre la púa y el portainjerto; el paso fundamental para el éxito de la unión del injerto.

### **2.6.2. Establecimiento de un contacto íntimo de una extensión considerable de la región cambial del portainjerto y la púa, en condiciones ambientales favorables**

Este es el primer punto necesario para la formación de la unión de injerto, y es determinante para todo el resto del proceso.

A menudo se afirma que para que el injerto tenga éxito, las capas de cámbium del portainjerto y de la púa deben “coincidir”. Aunque eso es lo que se intenta hacer, es poco probable que se logre o pueda lograrse alguna vez la coincidencia completa de las capas de cambium de ambos materiales. Según Hartmann y Kester (1988) de hecho, solo es necesario que las regiones cambiales estén lo suficientemente cercanas entre sí, para que las células de parénquima producidas en esa región por el portainjerto y la púa puedan entrelazarse.

En algunas especies un ligero cruzamiento de las capas de cámbium de la púa y del portainjerto puede ser suficiente; otras en cambio son más exigentes en la coincidencia requerida, y por ende más difíciles de injertar con éxito. Si las dos capas de cambium no coinciden bien puede retardarse la unión, o si la coincidencia es en extremo deficiente, no llega a efectuarse la unión de injerto.

Es esencial que los dos componentes del injerto se mantengan firmemente unidos entre si de alguna manera, como por envoltura, amarre, clavado, o acuñando las dos partes (como en los injertos de hendidura) de tal manera que no se muevan y desplacen las células de parénquima entrelazadas después que se ha iniciado la cicatrización. Además el nuevo tejido de callo que se origina de la región cambial está formado por células de pared delgada, turgentes, que con facilidad pueden secarse y morir. Para la producción de esas células es importante que alrededor de la unión del injerto se conserve elevada la humedad del aire, por eso la necesidad de cubrir prolijamente la unión con algún material impermeable que lo aisle del aire exterior.

Las condiciones de temperatura son esenciales para la cicatrización del injerto. Según Hartmann y Kester (1988), temperaturas de entre trece, y treinta y dos grados Celsius, dependiendo de la especie, son normalmente favorables para el crecimiento del callo.

En cambio, Campana y Ochoa (2007) establecen que el rango óptimo para la mayoría de las especies se ubica entre dieciocho y veinticinco grados Celsius, y que por encima de los treinta y dos grados, la multiplicación celular se reciente notablemente.

Más específicamente para púas de pecan, en un experimento con temperatura controlada, Worthington (1978) reporta formación de callo entre veintiún, y treinta y dos grados Celsius; siendo la máxima proliferación a veintiséis y medio grados Celsius. Por tanto, para la especie en cuestión, el comienzo de la época de injertación en primavera sería más tarde que para la mayoría de las especies, y a su vez, termina antes por la aparición del mencionado “lloro”.

### **2.6.3. Síntesis de los puntos más importantes para una injertación exitosa**

Para cualquier operación exitosa de injerto, existen cuatro condiciones:

1- El portainjerto y la púa deben ser compatibles, es decir que tengan capacidad para unirse. Normalmente, aunque no siempre, se pueden injertar entre sí plantas estrechamente emparentadas, como un ciruelo con un duraznero, por ejemplo; pero en cambio, plantas con una relación distante, no se pueden usar para hacer combinaciones de injerto que tengan éxito. En el caso del nogal pecan, no hay problemas de compatibilidad dentro de la especie (*Carya illinoensis*); pero sí se reduce notablemente el prendimiento cuando se injerta sobre otras especies del mismo género, por ejemplo, injertando sobre “pecan amargo” (*Carya aquatica*), Grauke y O’Barr (1996) reportan solo un siete por ciento de prendido.

2- La región cambial de la púa se debe colocar en contacto íntimo con la del portainjerto, y las superficies cortadas se deben mantener estrechamente juntas y protegidas de la deshidratación, envolviéndolas, clavándolas, o acuñándolas. Es necesario que en la unión de injerto se efectúe una cicatrización rápida de manera que la púa pueda ser provista de agua y nutrientes por el portainjerto para cuando empiecen a abrirse las yemas.

3- La operación de injertación debe hacerse en una época en que tanto el portainjerto como la púa se encuentren en estado fisiológico adecuado, lo que significa que las yemas de la púa estén en reposo, y al mismo tiempo, los tejidos de la unión de injerto estén con capacidad para producir el callo necesario para la cicatrización del injerto. Para injertar en primavera las plantas de hoja caduca, la madera para púas se colecta en invierno y se conserva almacenándola a bajas temperaturas; el portainjerto debe estar en activa división celular o a punto de comenzar la misma, según la especie; y la temperatura en los

días posteriores a la injertación debe ser propicia para la formación de callo.

4- Durante cierto tiempo después de realizada la injertación, se debe dar a los injertos los cuidados apropiados. Deben removerse los brotes que salen del portainjerto porque ahogan el crecimiento deseado de las yemas de la púa. A su vez, generalmente, las ramas que crecen del injerto son muy susceptibles a romperse, por lo que se hace necesario atarlas a algún tutor, o podarlas para enlentecer momentáneamente su crecimiento y dar tiempo a que se vuelva firme la unión.

### **3. MATERIALES Y MÉTODOS**

#### **3.1. UBICACIÓN TEMPORAL Y ESPACIAL DE LOS ENSAYOS**

Los ensayos fueron llevados a cabo en los años 2013 y 2014 en un vivero experimental, ubicado en Ciudad de la Costa, Canelones.

#### **3.2. CARACTERÍSTICAS DEL MATERIAL VEGETAL Y CONDICIONES GENERALES DEL VIVERO**

Los portainjertos utilizados fueron plantas vigorosas de dos años de edad, obtenidas mediante germinación de semillas extraídas de un árbol franco ubicado en la Universidad de la República. Facultad de Agronomía, en el predio de Sayago, Montevideo. Las yemas injertadas pertenecieron a la variedad Stuart, las mismas fueron colectadas antes de hinchado y conservadas en frío, a cuatro grados centígrados, envueltas en bolsas de polietileno, hasta el momento de injertar.

El vivero estaba instalado en un suelo arenoso, con buen contenido de materia orgánica. Contó con riego por goteo diario a partir de que la evapotranspiración fue considerable y el suelo siempre se mantuvo con un nivel de humedad elevado, pero sin llegar al anegamiento - dado el excelente drenaje del mismo - aplicando una lámina algo mayor a la demanda atmosférica.

#### **3.3. CARACTERÍSTICAS DE LA INJERTACIÓN**

Los injertos fueron realizados manualmente, con una navaja de injertar bien afilada, todos por la misma persona. En el caso de los injertos de chip, se los cubrió con cinta de polietileno blanco en la zona del injerto, dejando la yema sin tapar (Figura 5h). En los injertos de hendidura, además de amarrar el injerto con la cinta de polietileno, se selló la punta de la púa y el corte en el portainjerto (Figura 4h), con una emulsión de asfalto en agua (Asfalkote). La altura de injertación fue de entre quince y veinte centímetros, desde la superficie del suelo.

### 3.4. ENSAYO AÑO 2013, INJERTO DE CHIP VERSUS INJERTO DE HENDIDURA

En este ensayo se intentó comparar el resultado final obtenido con dos técnicas de injertación bien distintas, una de yema (injerto de chip), y una de púa (injerto de hendidura), ambas realizadas en una misma fecha, el cinco de octubre de 2013.

#### 3.4.1. Diseño experimental y tratamientos

Se utilizó un diseño en bloques completos al azar (DBCA), con dos tratamientos y seis repeticiones, donde cada unidad experimental estuvo constituida por veinte plantas.

El terreno se dividió en dos bloques por diferencias en algunas características del suelo (profundidad del horizonte A y contenido de materia orgánica). En cada bloque quedaron seis grupos de veinte plantas, a los cuales se les asignó aleatoriamente un tratamiento (tipo de injerto).

Los tratamientos estuvieron constituidos por un solo factor, el tipo de injerto. Y el mismo tuvo dos niveles, técnica de hendidura, y técnica de chip.

#### 3.4.2. Evaluaciones realizadas y análisis estadístico

En invierno (agosto), al cabo de una temporada de crecimiento posinjertación, se relevaron los siguientes tres parámetros:

- Proporción de plantas prendidas
- Altura total de las plantas
- Diámetro en la base del brote producido por el injerto

Para el análisis de la proporción de plantas prendidas se utilizó el método de intervalos de confianza Wilson Score Intervals (válido para cualquier  $n$  y cualquier valor de  $\hat{\pi}$ ) con un 80% de confianza. Según este método se calculó el límite inferior y superior respectivamente con las siguientes fórmulas:

$$L_{inf} = \frac{\hat{\pi} + \frac{z^2}{2n} - z \sqrt{\frac{\hat{\pi}(1-\hat{\pi})}{n} + \frac{z^2}{4n^2}}}{1 + \frac{z^2}{n}}$$

$$L_{sup} = \frac{\hat{\pi} + \frac{z^2}{2n} + z \sqrt{\frac{\hat{\pi}(1-\hat{\pi})}{n} + \frac{z^2}{4n^2}}}{1 + \frac{z^2}{n}}$$

Donde:

$\hat{\pi}$  es la proporción estimada.

Z es el cuantil  $Z_{1-\alpha/2}$  de la distribución normal estándar.

n es el número de repeticiones.

Resultando los intervalos de confianza:

$$IC_{\pi}(1 - \alpha) = [L_{inf} ; L_{sup}]$$

Siendo  $1 - \alpha$  el nivel de confianza seleccionado, en este caso 80%.

El criterio utilizado para establecer las diferencias, fue que se consideran como estadísticamente diferentes las proporciones muestrales cuyos intervalos de confianza no se superpongan en ningún punto.

Para analizar altura de planta y diámetro se utilizó el software estadístico R, y se analizaron utilizando un Modelo Lineal General con submuestreo:

$$Y_{(ij)k} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \varepsilon_{ij} + \delta_{(ij)k}$$

Donde:

$Y_{ij}$  es la variable de respuesta

$\mu$  es la media poblacional

$\alpha_i$  es el efecto del i-ésimo tratamiento

$\beta_j$  es el efecto del j-ésimo bloque

$\varepsilon_{ij}$  es el error experimental asociado al i-ésimo tratamiento en la j-ésima repetición

$\delta_{(ij)k}$  es el error asociado a la k-ésima submuestra dentro de cada unidad experimental (ij).

Para determinar si existían diferencias entre los tratamientos, se realizaron análisis de la varianza (ANAVA).

### **3.5. ENSAYO AÑO 2014, MOMENTOS DE INJERTACIÓN CON LA TÉCNICA DE CHIP**

En este ensayo se buscó hacer un ajuste de la técnica de chip, evaluando distintas condiciones de injertación (fechas y estados fenológicos), para intentar identificar cuales proporcionan los mejores resultados de prendido de los injertos.

#### **3.5.1. Diseño experimental y tratamientos**

Se utilizó un diseño completamente aleatorizado (DCA), con nueve tratamientos y quince repeticiones, donde cada unidad experimental estuvo formada por una sola planta.

Los tratamientos estuvieron constituidos por dos factores, la fecha de injertación, y el estado fenológico de los portainjertos. Ambos factores tuvieron tres niveles. Para el factor fecha de injertación los niveles fueron: fecha 1 (17 de setiembre), fecha 2 (02 de octubre), y fecha 3 (17 de octubre). Para el factor estado fenológico de los portainjertos los tres niveles fueron: C2, D, y E, siendo estos, tres estados fenológicos consecutivos, de comienzos de brotación (Anexo 1). En síntesis, en cada una de las tres fechas, se injertaron quince plantas en estado fenológico C2, quince en el estado D, y quince en el E.

#### **3.5.2. Evaluaciones realizadas y análisis estadístico**

En invierno (agosto), al cabo de una temporada de crecimiento posinjertación, se evaluó la proporción de plantas prendidas.

Para el análisis estadístico se utilizó el método de intervalos de confianza Wilson Score Intervals (válido para cualquier n y cualquier valor de  $\hat{p}$ ) con un 80% de confianza.

## **4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

### **4.1. ENSAYO AÑO 2013, INJERTO DE CHIP VERSUS DE HENDIDURA**

No se encontraron diferencias significativas entre las dos técnicas de injertación utilizadas, para ninguna de las tres variables analizadas en este primer experimento.

El porcentaje de prendido obtenido fue muy bajo para ambas técnicas (Cuadro 1), ya sea con respecto al prendido esperable en una operación de injertación exitosa en otras especies frutales, así como también en comparación al promedio de prendido mencionado por Ibacache y Rojas (2000), que establecen que suele ser del orden del 80% para nogales pecan injertados con la técnica de parche en otoño.

Cuadro 1. Porcentaje de injertos prendidos según tratamiento y bloque

	Hendidura	Chip	Media bloque
Bloque 1	28,3%	26,7%	27,5%
Bloque 2	5,0%	23,3%	14,2%
Media tratamiento	16,7%	25,0%	20,8%

Aunque la diferencia de prendido entre ambos tratamientos no resultó significativa (ver Anexo 2), el valor obtenido fue más favorable para el injerto de chip, con el que se obtuvo un 25% de los injertos prendidos, en tanto que con el de hendidura se obtuvo un 16,7%.

Es posible que el injerto de hendidura se vea más afectado por el “lloro” de savia descrito, en caso de producirse en el momento de la injertación, ya que el flujo de savia desde las raíces es interrumpido por completo por el injerto, emergiendo toda esta savia en la superficie del corte del portainjerto “ahogándolo”, y evitando así la cicatrización del mismo. Así mismo, es probable que en el injerto de hendidura la púa sea más propensa a la deshidratación que en el injerto de chip, ya que en este último es mucho menor la superficie de corteza expuesta al aire, dado que la mayor parte está cubierta por la cinta que lo envuelve.

Para las variables crecimiento en altura y grosor de los injertos prendidos, las pruebas de comparación de medias no arrojaron diferencias

significativas entre los tratamientos. Sin embargo en estas variables, a diferencia del porcentaje de prendido, los valores obtenidos fueron aceptables, lográndose con ambas técnicas una muy buena proporción de las plantas con el tamaño necesarios para ser trasplantadas en el invierno (Cuadros 2 y 3). Esto sugiere que en caso de poderse ajustar una técnica hasta obtener porcentajes de prendido aceptables, la injertación en primavera es viable desde el punto de vista de la calidad de plantas logradas.

Cuadro 2. Medias de longitud (centímetros) de brote logrado en los injertos prendidos, según tratamiento y bloque

	Hendidura	Chip	Media bloque
Bloque 1	175,6	166,4	171,2
Bloque 2	156,0	110,9	118,8
Media tratamiento	172,7	140,5	153,4

Cuadro 3. Medias de diámetro (centímetros) de brote logrado en los injertos prendidos, según tratamiento y bloque

	Hendidura	Chip	Media bloque
Bloque 1	1,7	1,6	1,7
Bloque 2	1,6	1,1	1,2
Media tratamiento	1,7	1,4	1,5

Para intentar mejorar la proporción de prendido con las técnicas utilizadas, se pueden revisar los puntos que deben cumplirse para una operación de injertación exitosa, con el fin de verificar cuales pueden haber causado el escaso prendido obtenido en este primer ensayo.

En primer lugar, con respecto a la compatibilidad entre la púa y el portainjerto, se puede establecer que no sería la causa en este caso, ya que no hay incompatibilidad reportada entre distintos genotipos de la especie. Grauke y O'Barr (1996), sostienen que sí existe una disminución de compatibilidad entre el nogal pecan (*Carya illinoensis* (Wangenh.) K. Koch.) y otras especies del

género *Carya*, e incluso, con sus híbridos interespecíficos, pero no entre genotipos pertenecientes a la propia especie *Carya illinoensis*.

En segundo lugar, en cuanto al contacto íntimo y firme entre la región cambial de la púa y el portainjerto, así como la protección del injerto de la desecación no deberían ser el problema tampoco. Ya que por tratarse de una injertación experimental y de pocas plantas, la misma se hizo meticulosamente, con cuidado especial de garantizar el correcto contacto y alineación de los cambiums; haciendo cortes limpios y rectos con una navaja de injertar bien afilada, colocando correctamente en posición la púa en el portainjerto, y amarrando firme y cuidadosamente. La protección de la desecación en la técnica de chip se logró cubriendo el injerto por completo (excepto la yema) con cinta de polietileno blanco (Figuras 5g y 5h); y en la técnica de hendidura cubriendo la zona del injerto con la misma cinta, más emulsión asfáltica por encima de ella, así como en la punta de la púa (Figuras 4f y 4g).

Los cuidados post injertación no deberían ser tampoco la limitante. Luego de la injertación se dejaron catorce días para que los injertos cicatrizaran, tras lo cual se cortó la copa del portainjerto encima del injerto. Durante el resto de la temporada, cada dos semanas aproximadamente, se realizó un desbrotado minucioso de las plantas que tenían el injerto prendido, eliminando todos los brotes que emergían del portainjerto. También se le dio al brote del injerto un entutorado adecuado para evitar que el mismo se pudiese quebrar por el viento. Además se puede descartar que las fallas se debieran a problemas en esta etapa, porque si así fuese, se observaría que la púa estaría soldada (o al menos parcialmente) con el portainjerto, cuando en realidad lo que se observó en los injertos fallidos, fue que la púa estaba muerta y completamente suelta, sin adhesión alguna al portainjerto y sin callo visible en los cortes de la misma.

Se puede desestimar que el problema estuviera en el material de las púas, ya que fueron colectadas anticipadamente en invierno, a yema dormida y almacenadas con la humedad adecuada a cuatro grados centígrados (4°C) en bolsas de polietileno. Al momento de injertar las mismas continuaban estando completamente a yema dormida y no presentaban signos de deshidratación ni de ataque de hongos.

Finalmente, luego de descartar las anteriores posibles causas, se concluye que muy probablemente la principal causa del bajo prendido de los injertos fue que los portainjertos no estuvieran en condiciones fisiológicas adecuadas para que sus tejidos pudieran producir el callo necesario para las primeras etapas de la cicatrización.

Probablemente el problema principal lo constituyó la insuficiente actividad de división celular del portainjerto en el momento de la injertación y los días posteriores, consecuencia esto de temperaturas demasiado bajas para la proliferación del callo, y de que los portainjertos estaban recién empezando a salir del receso invernal. Dado que la injertación se realizó en primavera cuando las temperaturas diarias comienzan siendo bastante bajas pero van en aumento conforme pasan los días, es probable que, una fecha de injertación más tardía con temperaturas más altas y los portainjertos con mayor actividad de división celular, produjera mejores resultados.

#### **4.2. ENSAYO AÑO 2014, MOMENTOS DE INJERTACIÓN CON LA TÉCNICA DE CHIP**

En este ensayo, lo primero que resalta es que se obtuvieron con algunos tratamientos proporciones de prendido altas, similares a las mencionadas por la bibliografía, del orden del setenta al ochenta por ciento (Cuadro 4).

A primera vista, se notan claras diferencias en los resultados obtenidos con los distintos tratamientos. En el mismo se identifican tres grupos bien definidos de resultados.

El grupo de prendido inferior, corresponde a los valores de entre siete y treinta y tres por ciento, y son los resultados obtenidos para las tres fechas, al injertar en el estado fenológico C2.

El grupo intermedio, con valores cercanos al cincuenta por ciento de prendido, son el resultado de injertar en la primera fecha, sobre plantas que estaban en los estados fenológicos D y E.

Finalmente, el grupo superior, presentó valores de entre setenta y tres, y ochenta por ciento, y corresponden a los resultados obtenidos al injertar en las dos fechas más tardías sobre los dos estados fenológicos más avanzados.

Cuadro 4. Porcentajes de prendido de los injertos según estado fenológico de los portainjertos y fecha de injertación

Estado fenológico	Fecha 1	Fecha 2	Fecha 3
C2	27%	7%	33%
D	47%	73%	73%
E	53%	80%	73%

Al analizar estadísticamente los resultados mediante la técnica Wilson Score Intervals (ver Anexo 2), se puede afirmar con una probabilidad de error de 0,20, que existen diferencias significativas entre los tratamientos (Cuadro 5 y Figura 6). Se verifica lo expresado en los párrafos anteriores. No existen diferencias significativas dentro de cada uno de los grupos de valores mencionados. En cambio, sí las hay entre los dos grupos de los extremos.

Cuadro 5. Intervalos de Confianza de Wilson, con 80% de confianza, para la proporción de injertos prendidos

Wilson Score Intervals con 80% de confianza					
Tratamiento	Prop. estimada	Repeticiones	Límite inf.	Límite sup.	Ranking
F2 E	0,80	15	0,64130	0,89949	a
F2 D	0,73	15	0,56949	0,85112	ab
F3 D	0,73	15	0,56949	0,85112	ab
F3 E	0,73	15	0,56949	0,85112	ab
F1 E	0,53	15	0,37329	0,68680	abc
F1 D	0,47	15	0,31320	0,62671	bc
F3 C2	0,33	15	0,19811	0,49544	cd
F1 C2	0,27	15	0,14888	0,43051	cd
F2 C2	0,07	15	0,02016	0,19870	d
z = 1,28155157					

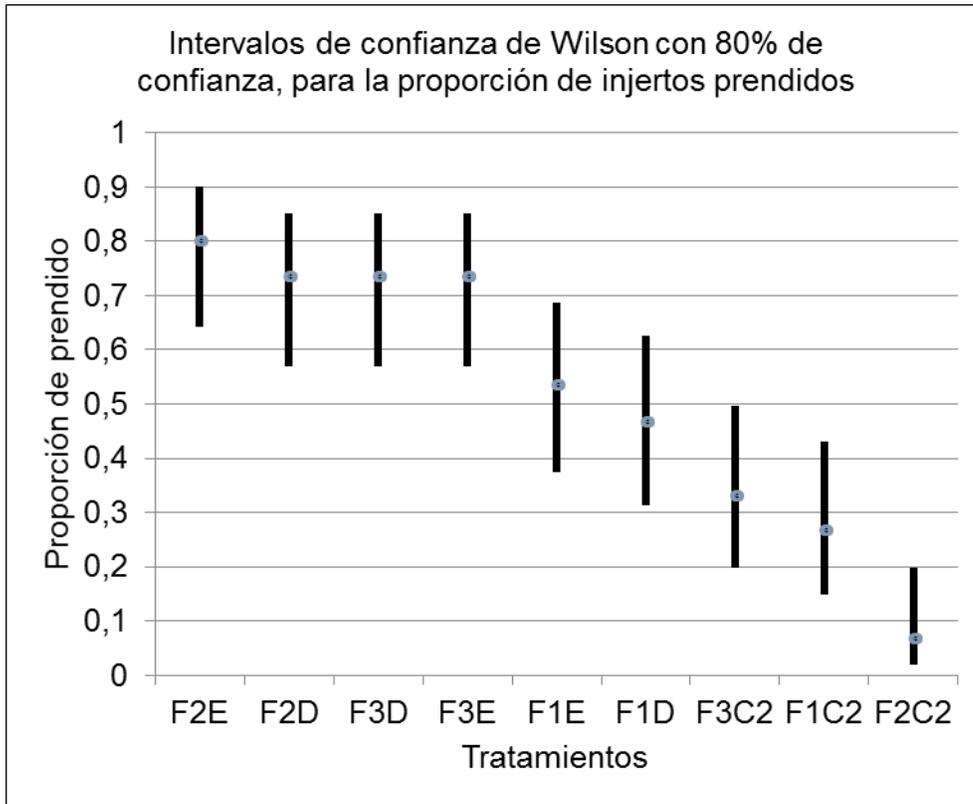


Figura 6. Representación gráfica de los intervalos de confianza de Wilson con 80% de confianza, para la proporción de injertos prendidos

Se aprecia claramente que los dos factores analizados, fecha y estado fenológico, tienen influencia sobre la proporción de injertos prendidos lograda. Pero ellos en sí mismos no actúan directamente sobre el proceso de unión del injerto sino que son en realidad, indicadores de dos factores esenciales en el mencionado proceso. El estado fenológico es indicador del estado fisiológico del portainjerto, más precisamente de la actividad de división celular en los puntos de crecimiento (entre ellos, el cámbium). La fecha de injertación, por su parte, influye sobre las condiciones climáticas post injertación, básicamente sobre la temperatura ambiente en los días inmediatamente posteriores a la injertación, durante los cuales se produce la cicatrización.

Por lo antedicho, resulta evidente que el estado fenológico es un indicador muy bueno del estado fisiológico del portainjerto. Y que no es conveniente injertar sobre plantas en estado fenológico C2 porque la actividad cambial es demasiado baja; en cambio sí lo es sobre plantas en los estados D y E, ya que en estos estados fenológicos la fisiología de la planta es la adecuada, es decir que el cámbium se encuentra en activa división celular.

Basándose en lo explicado en el párrafo anterior respecto a la influencia que tienen los estados fenológicos de los portainjertos sobre la cicatrización de los injertos, y si son adecuados o no para injertar; se realizó un análisis más detallado de las fechas de injertación, sin tomar en cuenta los tres tratamientos que implicaron el estado fenológico C2. Se promediaron, para cada una de las fechas de injertación, los dos valores correspondientes a los resultados de la injertación realizada en los estados D y E, obteniéndose así tres valores, uno por cada fecha de injertación (Figura 7).

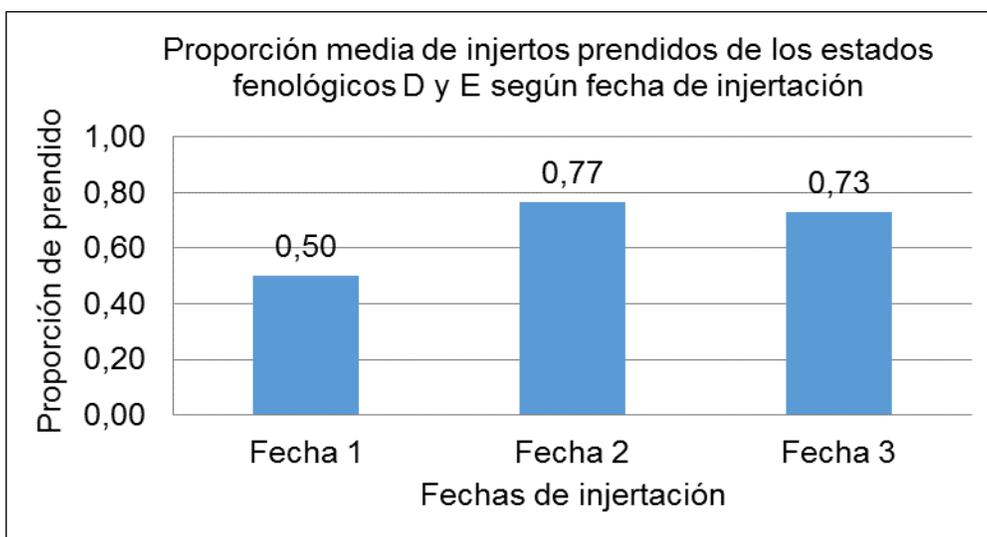


Figura 7. Proporción media de injertos prendidos de los estados fenológicos D y E según fecha de injertación

Como se explicó antes, la variable más importante determinada por la fecha de injertación es la temperatura en los días posteriores a la misma. En una injertación a campo no se puede controlar dicha variable, pero es posible, en un análisis ulterior, ver la influencia que la misma tuvo sobre los resultados. Con este objetivo se obtuvieron los datos de temperatura media diaria de los veintiún días posteriores a cada fecha de injertación, de la estación meteorológica del Aeropuerto Internacional de Carrasco (Anexo 2), el cual se encuentra a solo dos kilómetros del lugar en que se instalaron los ensayos. A partir de estos datos se calculó la temperatura promedio de los días posteriores a cada fecha injertación, para tres periodos de tiempo; siete, catorce, y veintiún días posinjertación; los resultados obtenidos se presentan a continuación en el Cuadro 6.

Cuadro 6. Temperatura y proporción de prendido (promedio de los estados fenológicos D y E), para los periodos de una, dos, y tres semanas posinjertación

Fecha	Prendido D-E	t. media 7 días	t. media 14 días	t. media 21 días
1	50%	15,1	14,9	15,4
2	77%	17,6	17,3	18,0
3	73%	19,5	19,9	18,6

Los resultados sugieren que el umbral de temperatura a partir del cual se comienzan a obtener los mayores niveles de prendido se ubica en el entorno de los diecisiete a dieciocho grados centígrados, y que con un diferencia de solo dos o tres grados por debajo, se resiente bastante el porcentaje de prendido que se puede lograr.

Estos resultados coinciden con lo que expresan Campana y Ochoa (2007): *“El éxito del injerto depende de la rapidez con que se desarrolle el tejido cicatricial o callo y con que se diferencien los tejidos de conducción. Este proceso de multiplicación celular depende, entre otros factores, de la temperatura. El rango térmico en el cual se produce es amplio y sigue una distribución de Gauss, encontrándose el óptimo para la mayoría de las especies entre los dieciocho y veinticinco grados centígrados”*.

Los resultados son también bastante coincidentes, aunque con algunos grados de diferencia, con los obtenidos por Worthington (1978). Este autor realizó un experimento en el cual se colocaron púas de pecan, preparadas como para injertar, en un medio húmedo, a cinco temperaturas distintas entre 15,5°C y 37,8°C, durante dos semanas; para luego extraer y pesar la cantidad de callo formado en el corte de la púa. Obteniendo como resultado que a 15,5°C no se formó callo, a 21,1°C se formó una pequeña cantidad de callo, y a 26,6°C se logró la máxima formación de callo.

La evolución de la formación de callo con la temperatura reportada por Worthington (1978) es bastante congruente con lo obtenido en el presente trabajo, sin embargo, en este trabajo se lograron porcentajes de prendido interesantes con temperaturas reportadas por dicho autor como de baja o nula formación de callo. Al analizarlo, esto resulta lógico, ya que en el estudio realizado por Worthington (1978) se utilizaron temperaturas constantes; mientras que las temperaturas presentadas en este trabajo, son temperaturas

medias diarias, por lo cual para cada valor de temperatura presentado hubo en algunos momentos del día temperaturas superiores, con las cuales se produjo la proliferación de callo, el cual con las temperaturas inferiores se frena pero no se revierte.

En definitiva, sería interesante seguir investigando sobre la influencia de la temperatura ambiente sobre el porcentaje de prendido logrado al injertar a campo, ya que parece ser un factor determinante del éxito de la injertación de esta especie en primavera. Desde el punto de vista práctico, se podría llegar a pensar en definir la fecha de injertación en base al pronóstico de la temperatura media de la semana siguiente a la posible fecha de injertación; tomando como viable, una fecha de injertación para la cual la temperatura promedio de la semana posterior se espere sea superior a los diecisiete o dieciocho grados Celsius.

## **5. CONCLUSIONES**

A partir de los resultados obtenidos en los dos experimentos del presente trabajo, se puede establecer las siguientes conclusiones.

➤ Es viable la injertación de pecan en primavera, ya que con ella se lograron, en algunos de los tratamientos, proporciones de prendido muy satisfactorias, del orden del setenta a ochenta por ciento. Obteniéndose además con las dos técnicas de injertación utilizadas, una alta proporción de plantas de tamaño aceptable.

➤ No se observaron diferencias significativas entre la técnica de chip y la de hendidura para ninguna de las variables analizadas. De cualquier manera, parece razonable afirmar que sería preferible utilizar el injerto de chip, debido a la economía en yemas, mano de obra, y tiempo, que se obtiene al comparar esta técnica con la de la de hendidura.

➤ Se encontraron grandes diferencias en la proporción de injertos prendidos, al variar la fecha de injertación y el estado fenológico de los porta-injertos al momento de la injertación. Siendo el prendido de los injertos deficiente cuando se injertó en el estado fenológico C2 y aceptable en los estados D y E. A su vez, las dos fechas de injertación más tardías (dos y diecisiete de octubre), produjeron mayor proporción de injertos prendidos que la primera fecha (diecisiete de setiembre).

➤ Se observó una probable relación entre el porcentaje de prendido y la temperatura media diaria en los días posteriores a la injertación. Siendo mayor el porcentaje de prendido cuando la temperatura media en las semanas posteriores a la injertación se situó por encima de los diecisiete y medio grados Celsius.

## 6. RESUMEN

La nuez pecan es un fruto seco de gran producción a nivel mundial, ocupando el sexto lugar entre este tipo de frutos. En Uruguay tiene actualmente un desarrollo escaso, pero se encuentra en crecimiento, presentando buena adaptación a las condiciones agroecológicas del país. Constituye un cultivo reciente en la historia, con unos 400 años desde los primeros huertos instalados por el hombre y alrededor 150 años de los primeros huertos injertados. La única forma de propagación clonal que se ha logrado desarrollar exitosamente en forma comercial para esta especie, es el injerto, y dentro de las especies que se consideran factibles de propagar por este método constituye una de las más difíciles. La técnica de injertación más difundida para esta especie es el injerto de parche en “otoño” (fin de verano en realidad). Dicha técnica resulta efectiva, pero es costosa desde el punto de vista de la mano de obra, dado lo laboriosa que resulta; prácticamente es desconocida y está en desuso en Uruguay. El objetivo del presente trabajo es evaluar la viabilidad de utilizar técnicas alternativas de injertación, que se puedan realizar en primavera con mejores condiciones de trabajo a campo, y que fueran bien conocidas y sencillas de realizar. Con dicho objetivo se realizaron dos ensayos. Uno para comparar dos técnicas de injertación de primavera: el injerto de hendidura y el de chip; evaluando las variables proporción de injertos prendidos, altura, y diámetro logrados en las plantas. Y otro ensayo en el que se evaluó el efecto de tres distintas fechas de injertación combinadas con tres estados fenológicos de los portainjertos, sobre la proporción de injertos prendidos con la técnica de injerto de chip. No se encontraron diferencias significativas en la proporción de injertos prendidos, la altura de las plantas y el diámetro en la base del brote, cuando se comparó el injerto de hendidura versus el injerto de chip. Tanto la altura como el diámetro fueron aceptables comercialmente, pero no así la proporción de prendido lograda, la cual resultó muy baja. En el segundo ensayo, en cambio, al comparar distintas fechas de injertación y estados fenológicos de los portainjertos sobre el injerto de chip, sí surgieron diferencias estadísticamente significativas; los cuatro tratamientos correspondientes a las combinaciones de los dos estados fenológicos más avanzados (D y E), con las dos fechas más tardías (2 y 17 de octubre) produjeron proporciones de prendido acordes a lo indicado en la bibliografía para una operación de injertación exitosa, superiores al setenta por ciento; mientras que los cinco tratamientos restantes, correspondientes al estado fenológico C2 en las tres fechas, y todos los estados fenológicos en la primer fecha (17 de setiembre), obtuvieron proporciones de prendido inaceptables, de cincuenta por ciento o menos.

Palabras clave: *Carya illinoensis*; Pecan; Injerto de chip; Injerto de hendidura; Estado fenológico; Fecha; Prendido.

## **7. SUMMARY**

Pecan is a nut of great production worldwide, reaching the sixth place among this type of fruit. In Uruguay, it is currently sparsely developed, but it is increasing, and showing good adaptation to the agro-ecological conditions of the country. It is a recent crop in history, with about 400 years from the first orchards were installed by man and around 150 years of the first grafted orchards. The only kind of clonal propagation that has been successfully developed commercially for this species is grafting, and among the species considered feasible to propagate by this method is one of the most difficult to be done. The most widespread technique of grafting for this species is patch grafting in "Autumn" (end of Summer actually). This technique is effective, but it is expensive because of the laborious it is, and is practically unknown and in disuse in our country. The objective of this work is to evaluate the feasibility of using alternative grafting techniques, which can be done in the Spring with better working conditions in the field, and are well known and simple to perform. With this objective, two tests were carried out. One to compare two Spring grafting techniques: cleft grafting and chip budding, evaluating the variables proportion of successfully grafts, and height and diameter of plants achieved. And another one, to evaluate the effect of three different grafting dates combined with three phenological stages of the rootstocks, on the proportion of successfully grafts obtained with the chip budding technique. No significant differences were found in any of the three variables analyzed (successfully grafts, plant height, and diameter at the base of the outbreak) when the cleft grafting and chip budding were compared, and being both, the height and the diameter acceptable commercially, but not so the proportion of successfully grafts achieved, which was very low. In the second experiment, however, when were compared different grafting dates and phenological states of the rootstocks with chip budding, were found statistically significant differences with the four treatments corresponding to the combinations of the two most advanced phenological stages (D and E), with the two later date of grafting (October 2<sup>nd</sup>. and 17<sup>th</sup>.) achieved proportions of successful bud take according to that indicated in the bibliography for a successful grafting operation and greater than seventy percent; while the five remaining treatments, corresponding to the phenological stage C2 in the three dates, and all the phenological stages in the first date (September 17<sup>th</sup>.), obtained unacceptable bud take levels of around seventy percent or less.

Keywords: *Carya illinoensis*; Pecan; Chip budding; Cleft grafting; Phenological stage; Date; Successfully grafts.

## 8. BIBLIOGRAFÍA

1. Andersen, P. C. 2009. The pecan tree. (en línea). Gainesville, FL, University of Florida. Institute of Food and Agricultural Sciences. 17 p. Consultado abr. 2017. Disponible en <https://edis.ifas.ufl.edu/hs229>
2. Arreola, J.; Lagarda, A. 2002. Tecnología de producción en nogal pecanero. Técnicas de propagación. Matamoros, México, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Campo Experimental La Laguna. 220 p.
3. Bennadji, Z.; Puppo, M.; Alfonso, M.; Resquín, F; Núñez, P.; Rodríguez, F. 2008. Potencial del uso del pecan como especie forestal multipropósito en Uruguay. Revista INIA. no. 14:42-45.
4. Boomsa, A. 2005. Confidence intervals for a binomial proportion. Groningen, The Netherlands, University of Groningen. Department of Statistics and Measurement Theory. 9 p.
5. Campana, B.; Ochoa, M. 2007. Propagación vegetativa o agámica de especies frutales. Propagación por injerto. In: Sozzi, G. O. ed. Árboles frutales: ecofisiología, cultivo y aprovechamiento. Buenos Aires, Argentina, Universidad de Buenos Aires. Facultad de Agronomía. pp. 135-197.
6. Carroll, B. 2017. Patch budding pecans (en línea). Oklahoma Cooperative Extension Service. OSU Extension Fact Sheets HLA-6206-2. 2 p. Consultado mar. 2018. Disponible en <http://factsheets.okstate.edu/documents/hla-6206-patch-budding-pecans/>
7. Crasweller, R. 2005. Grafting and propagating fruit trees. Pennsylvania, United States, Penn State's College of Agricultural Sciences. 12 p.
8. Fasiolo, C.; Zoppolo, R. 2014. Alternativa para la producción frutícola: nuez pecan. Revista INIA. no. 38:37-42.
9. Gamalier, S. 2004. El cultivo del pecano (*Carya illinoensis*). Santiago de Chile, Chile, MINAGRI. INIA la Platina. s.p.

10. Goff, B. 2009. Southeastern shakings. Can you improve your success with four-flap grafting? Auburn, United States, Auburn University. 3 p.
11. Grauke, L.; Pratt, J. 1984. Pecan rootstock research. Shreveport, United States, Louisiana State University Agricultural Center. LSU Pecan Research-Extension Station. 8 p.
12. \_\_\_\_\_; O'Barr, R. 1996. Initial survival of pecan grafts on seedling rootstock of pecan, water hickory, and their interspecific hybrid. HortTechnology. 6(1):45-48.
13. Gustafson, W.; Morrissey, T. 2003. Chip budding: an old grafting technique for woody plants with rediscovered advantages for Nebraska (en línea). University of Nebraska. Extension Historical Materials no.1736. 4 p. Consultado ene. 2018. Disponible en <http://digitalcommons.unl.edu/extensionhist/1736>
14. Hartmann, H.; Kester, D. 1988. Propagación de plantas: principios y prácticas. Azcapotzalco, Mexico, Continental. 760 p.
15. Hussain, S.; Badshah, N.; Rab, A.; Riaz, S. 2007. Effect of different concentration of nitrogen and zinc on the growth of pecan nut seedlings. Sarhad Journal of Agriculture. 23 (2):285-287.
16. Ibacache, G.; Rojas P. 2000. Manual de injertación de pecano y pistacho. La Serena, Chile, Gobierno Regional de Coquimbo/Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Centro Regional de Investigación Intihuasi. 20 p. Boletín INIA no. 20.
17. Lipe, J. 1997. Pecan propagation; grafting and budding. In: McEachern, G.; Stain, L. eds. Texas pecan handbook. Texas, United States, Texas A&M University. p. irr.
18. Madero, E. 2007. Antecedentes históricos del pecan en el mundo y la Argentina. In: Madero, E.; Frusso, E. eds. Producción de pecan en Argentina. Buenos Aires, Argentina. INTA. EEA Delta del Paraná. pp. 1-5.
19. Programa Nacional de Producción Frutícola. 2016. Descripción de estados fenológicos de pecán. Cartilla INIA no. 67. 2 p.

20. Stein, L.; Sauls, J. 2002. The four-flap graft. (en línea). Texas, Texas A&M AgriLife Extension. 6 p. Consultado jul. 2016. Disponible en <https://aggie-horticulture.tamu.edu/extension/propagation/FourFlap/index.html>
21. Stoltz, M.; Strang, J. 2005. Reproducing fruit trees by graftage: budding and grafting. Lexington, United States, University of Kentucky. Cooperative Extension Service. College of Agriculture. 7 p.
22. Van Zyl, L. 2009. Grafting of walnut (*Juglans regia* L.) with hot callusing techniques under South African conditions. Tesis MSc. (Agric). Bloemfontein, South Africa. University of the Free State. Faculty of Natural and Agricultural Sciences. Horticulture Department of Soil, Crop and Climate Sciences. 79 p.
23. Wells, L. 2010. Budding and grafting of pecan. University of Georgia. Cooperative Extension Bulletin no. 1376. 8 p.
24. Worthington, J. W. 1978. Grafting pecan scions onto root pieces of superior pecan rootstock clones. Proceedings of the Texas Pecan Growers Association. 57:56-59.
25. WU (Weather Underground, US). 2014. Colonia Nicolich Weather Calendar (en línea). Brookhaven, GA, USA. s.p. Consultado ene. 2016. Disponible en <https://www.wunderground.com/calendar/uy/colonia-nicolich/SUMU/date/2013-10>
26. Yates, I.; Sparks, D. 1992. Pecan cultivar conversion by grafting onto roots of 70-year-old trees. Hortscience. 27(7):803-807.
27. Zoppolo, R.; Fasiolo, C.; Villamil, J. 2016. Estudio de la floración en cultivares de pecan. Revista INIA. no. 46:28-31.

## 9. ANEXOS

### Anexo 1. Estados fenológicos del pecan

**CARTILLA  
Nº67**

# DESCRIPCIÓN DE ESTADOS FENOLÓGICOS DE PECÁN

Adaptado de L. J. Grauke



**Estado A**  
Yema dormida



**Estado B**  
Apertura de escamas externas



**Estado C1**  
Desborre



**Estado C2**  
La yema se abre, se separan escamas, brácteas y folíolos.  
Aparecen los amentos (flor masculina).



**Estado D**  
Separación de las hojas

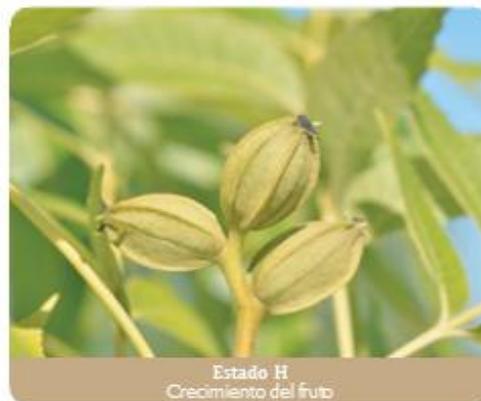
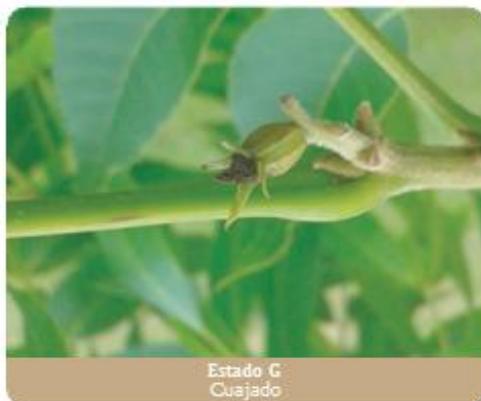
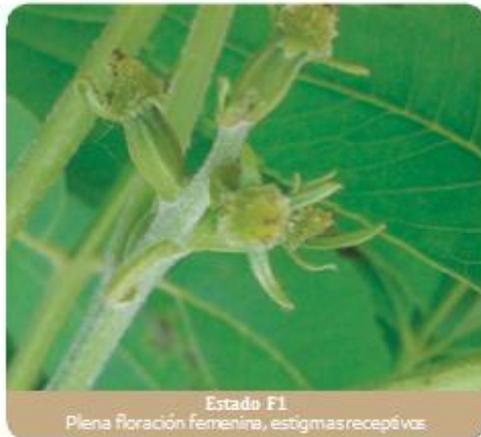


**Estado E**  
Desarrollo de folíolos y liberación de polen.



**inia**  
Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria  
URUGUAY

(Cont. Anexo 1)



Fuente: Programa Nacional de Producción Frutícola (2016).

Anexo 2. Cálculos de los intervalos de confianza con el método de Wilson, para la variable proporción de prendido, del primer y segundo ensayo respectivamente

Wilson score intervals, confianza 80% (z = 1,2815515655446)											
			Fracciones de la fórmula								
Trat.	Prop. estim. ( $\hat{\pi}$ )	Rep. (n)	$\hat{\pi} + \frac{z^2}{2n}$	$\frac{\hat{\pi}(1-\hat{\pi})}{n}$	$\frac{z^2}{4n^2}$	$1 + \frac{z^2}{n}$	Lím. inf. <sup>1</sup>	Lím. sup. <sup>2</sup>	Ranking		
Chip	0,25	120	0,25684	0,00156	0,00003	1,01369	0,20295	0,30380	a		
Cuña	0,167	120	0,17384	0,00116	0,00003	1,01369	0,12792	0,21507	a		
			$^1 L_{inf} = \frac{\hat{\pi} + \frac{z^2}{2n} - z \sqrt{\frac{\hat{\pi}(1-\hat{\pi})}{n} + \frac{z^2}{4n^2}}}{1 + \frac{z^2}{n}}$			$^2 L_{sup} = \frac{\hat{\pi} + \frac{z^2}{2n} + z \sqrt{\frac{\hat{\pi}(1-\hat{\pi})}{n} + \frac{z^2}{4n^2}}}{1 + \frac{z^2}{n}}$					

Wilson score intervals, confianza 80% (z = 1,2815515655446)											
			Fracciones de la fórmula								
Trat.	Prop. estim. ( $\hat{\pi}$ )	Rep. (n)	$\hat{\pi} + \frac{z^2}{2n}$	$\frac{\hat{\pi}(1-\hat{\pi})}{n}$	$\frac{z^2}{4n^2}$	$1 + \frac{z^2}{n}$	Lím. inf. <sup>1</sup>	Lím. sup. <sup>2</sup>	Ranking		
F2E	0,80	15	0,85475	0,01067	0,00182	1,10949	0,64130	0,89949	a		
F2D	0,73	15	0,78808	0,01304	0,00182	1,10949	0,56949	0,85112	a b		
F3D	0,73	15	0,78808	0,01304	0,00182	1,10949	0,56949	0,85112	a b		
F3E	0,73	15	0,78808	0,01304	0,00182	1,10949	0,56949	0,85112	a b		
F1E	0,53	15	0,58808	0,01659	0,00182	1,10949	0,37329	0,68680	a b c		
F1D	0,47	15	0,52141	0,01659	0,00182	1,10949	0,31320	0,62671	b c		
F3C2	0,33	15	0,38475	0,01474	0,00182	1,10949	0,19811	0,49544	c d		
F1C2	0,27	15	0,32141	0,01304	0,00182	1,10949	0,14888	0,43051	c d		
F2C2	0,07	15	0,12141	0,00415	0,00182	1,10949	0,02016	0,19870	d		
			$^1 L_{inf} = \frac{\hat{\pi} + \frac{z^2}{2n} - z \sqrt{\frac{\hat{\pi}(1-\hat{\pi})}{n} + \frac{z^2}{4n^2}}}{1 + \frac{z^2}{n}}$			$^2 L_{sup} = \frac{\hat{\pi} + \frac{z^2}{2n} + z \sqrt{\frac{\hat{\pi}(1-\hat{\pi})}{n} + \frac{z^2}{4n^2}}}{1 + \frac{z^2}{n}}$					

Anexo 3. Temperatura media diaria de los veintiún días posinjertación correspondientes a cada fecha de injertación

Días posinjertación	Temperatura media diaria (°C)		
	Fecha 1	Fecha 2	Fecha 3
1	14,0	14,5	18,5
2	16,5	16,5	19,0
3	14,0	18,0	16,0
4	14,5	18,0	19,0
5	15,0	17,5	21,5
6	16,0	19,5	21,0
7	15,5	19,5	21,5
8	17,0	14,0	21,5
9	13,0	15,0	23,5
10	11,5	15,0	26,0
11	15,5	16,0	20,5
12	17,5	18,0	17,5
13	15,5	20,0	17,5
14	12,5	21,0	15,5
15	12,0	19,5	14,0
16	14,5	18,5	15,0
17	16,5	19,0	15,5
18	18,0	16,0	15,0
19	18,0	19,0	16,0
20	17,5	21,5	16,5
21	19,5	21,0	19,5

Fuente: elaborado en base a datos de WU (2014).