

MEJORAMIENTO GENÉTICO DE PORTAINJERTOS DE NOGAL EN CHILE



DR. RODRIGO INFANTE, UNIVERSIDAD DE CHILE.
DIRECTOR PROGRAMA PTEC CENTRO FRUTÍCOLA ZONA SUR. DIRECTOR PROYECTO GENÉTICA NOGAL.

En Chile el cultivo del nogal, particularmente en lo relativo al uso de patrones clonales, va a la saga de lo que se realiza en California. Los patrones tipo Paradox clonales californianos han sido introducidos solo recientemente al país, y en estas últimas temporadas se están comenzando a establecer en nuevos nodedales chilenos. La base genética de los patrones disponibles es más bien estrecha, siendo *J. regia*, *J. hindsii*, *J. nigra*, y solo recientemente *J. microcarpa*, su germoplasma base.

En California se han usado tradicionalmente dos tipos de portainjertos, el nogal negro del norte de California (*J. hindsii*) y el Paradox, que es un híbrido del mismo *J. hindsii* x *J. regia*. Actualmente, los patrones más usados en California son los Paradox de propagación clonal (Vlach, RX1 y VX211). Estos nuevos patrones tienen diversos niveles de resistencia/tolerancia a nematodos, hongos del suelo y agrobacterio, pero todos son susceptibles a *Blackline*, enfermedad viral producida por el *Cherry Leafroll Virus*. En general, los patrones Paradox son vigorosos y con diferentes méritos, sin embargo, ninguno puede considerarse como un patrón perfecto para todas las adversidades que enfrenta el cultivo. Entre los Paradox clonales, el patrón Vlach es vigoroso y es más tolerante a agrobacterio que Paradox franco. El patrón VX211, en cambio, es muy vigoroso y tiene cierta tolerancia a nematodos. El RX1 es un portainjerto menos vigoroso pero ha mostrado resistencia moderada a *Phytophthora citricola* y alta resistencia a *P. cinnamomi*, estas características provienen seguramente del aporte del nuevo germoplasma de la especie *J. microcarpa*.

EL NUEVO PROGRAMA DE MEJORAMIENTO GENÉTICO DE PATRONES

En este contexto, la Universidad de Chile junto al Centro de Estudios Avanzados en Fruticultura (CEAF) y a algunas empresas chilenas desarrolla el proyecto "Mejoramiento Genético de Patrones de Nogal para una Fruticultura Moderna" dentro del Programa Tecnológico Estratégico (PTEC). El objetivo de este

proyecto es generar nuevos patrones de nogal adaptados a las condiciones edafoclimáticas de la zona sur de Chile, y mejorar aspectos de desarrollo de las plantas para un manejo integrado del huerto. De manera más específica, se busca generar un programa de cruzamientos y selección de patrones resistentes a fitóftora, agrobacterio y nematodos, y que además tengan una alta capacidad para la propagación clonal *in vitro*. También se considera la evaluación de aspectos fisiológicos que permitan determinar la capacidad de las plantas injertadas en cuanto al uso eficiente del agua disponible en el suelo.

Se trata de un programa de largo aliento que se sustenta en un fuerte componente de trabajo local y en colaboraciones con grupos de investigación extranjeros, particularmente con la Universidad de California en Davis, el USDA, la Universidad de Córdoba y el INTA en Argentina, y la Universidad Veracruzana de México. Las características novedosas más relevantes del nuevo programa de mejora genética son básicamente dos: 1) se incorpora nuevo germoplasma de la familia Juglandaceae que no había sido considerado hasta ahora en ningún programa de mejora, y 2) se incorporan nue-

vos criterios de selección de los futuros patrones, como son la capacidad de ser propagados clonalmente y la eficiencia del uso del agua.

Por la baja variabilidad genética del cultivo, el programa de cruzamientos y captura de material genético se realizará incorporando especies americanas como el nogal criollo argentino, *J. australis*, el cedro colombiano *J. neotropica* y las especies mexicanas *J. pyriformis* y *J. olanchana*. También se hará uso de germoplasma más convencional como algunas selecciones de *J. regia*, *J. microcarpa* y *J. ailantifolia*.

RESISTENCIA A FITÓFTORA Y CAPACIDAD DE MULTIPLICACIÓN CLONAL

Los primeros cruzamientos interespecíficos de este programa de mejoramiento genético se realizaron en Davis, California y posteriormente se importaron las semillas a Chile (Figura 1). Hoy estas plantas crecen en invernadero y dentro de este año se realizarán las pruebas de desafíos a fitóftora en la Facultad de Agronomía de la Pontificia

Universidad Católica de Valparaíso (PUCV). La fitopatóloga, profesora Ximena Besoain será quien realice las evaluaciones de tolerancia a fitóftora, quien lidera en Chile el grupo de investigación más experimentado en este tipo de análisis.

Ya desde la tem-

porada pasada comenzaron a realizarse cruzamientos en Chile, en que usando algunos genotipos seleccionados de *J. regia* se cruzaron con *J. ailantifolia* y *J. microcarpa*. Las primeras plantas obtenidas desde estos cruces también pasarán a formar parte de los ensayos de resistencia/tolerancia a fitóftora, que realizará el grupo de la PUCV.

Los ensayos de este tipo requieren que las plantas híbridas sean clonadas para así poder contar con las repeticiones suficientes como para que los resultados obtenidos sean robustos y confiables. Así, se ha puesto a punto las metodologías de propagación temprana de estos clones seleccionados. La profesora Loreto Prat, de la Universidad de Chile, realizó durante el primer semestre de este año, una pasantía de investigación en el laboratorio del profesor Chuck Leslie de la Universidad de California en Davis. En esa oportunidad, la profesora Prat pudo discutir con los expertos norteamericanos, las mejores opciones de propagación clonal de los diferentes genotipos de nogal híbridos.

Actualmente, en el laboratorio de cultivo de tejidos *in vitro* de la Universidad de Chile se están propagando más de 100 genotipos diferentes, los cuales pasarán por las mismas pruebas descritas anteriormente. La multiplicación *in vitro* también proporciona las mejores condiciones para determinar la natural aptitud de cada clon para ser multiplicado vegetativamente. En nogal, el único método para clonar los patrones es el cultivo *in vitro*, ya que es una especie muy recalcitrante para formar raíces adventicias. Por lo tanto, disponer de un método de propagación masivo y seguro de patrones de nogal es fundamental para masificar el cultivo de la especie y para obtener plantas superiores a precios razonables. En este sentido, los nuevos candidatos a convertirse en patrones, deberán también tener una aptitud conocida para la clonación *in vitro* (Figura 2). Así, se incorpora un nuevo criterio de selección, que es la capacidad de propagación clonal del genotipo, el cual se establecerá como un criterio de selección tan prioritario como la tolerancia a fitóftora.



Figura 1. Semillas provenientes de cruzamientos de diferentes especies del género *Juglans*, realizados en el USDA en California, e ingresados a Chile en noviembre 2017.



Figura 2. Clon 1-66 de *Juglans australis* en fase de proliferación *in vitro*.



Figura 3. Campaña de recolección de material de *J. australis*, el que es germoplasma de especial interés para el Proyecto.

NUEVO GERMOPLASMA DE ORIGEN ARGENTINO

Durante mayo de 2019 se importaron, en un trabajo en colaboración con la Universidad de Córdoba, muestras de ADN de hojas y semillas provenientes desde el Noreste de Argentina. La primera campaña de recolección formal, de esta especie endémica de Argentina, se hizo en la provincia de Salta (Figura 3). Se recolectó germoplasma desde la Reserva Nacional "El Nogalar de Los Toldos", que es un área natural protegida, en la cual se encuentra la especie a partir de los 1.600 m.s.n.m. Se realizó un recorrido aproximado de más de

3.000 km en la colecta de los diferentes ecotipos. Además, se muestreó materiales genéticos disponibles en la provincia de Córdoba, y en Catamarca.

En total se recolectaron 58 muestras de hojas *J. australis*, de las cuales 47 de ellas corresponden a colecciones entre Jujuy y Salta, desde bosques naturales, 5 de ellas son materiales de Córdoba, a partir de selecciones de híbridos de *J. australis* realizados por INTA Catamarca, y 6 corresponden a recolecciones de Catamarca, de *J. australis* híbridos naturales. El ADN extraído de las hojas se envió

al Laboratorio de Genética del profesor Pat Brown, de la UC-Davis, para determinar la diversidad genética de la muestra. Cabe destacar que las semillas de las mismas muestras, están siendo propagadas *in vitro* (Figura 2) para su masificación, y para conocer su resistencia/tolerancia a fitóftora, como se mencionó anteriormente.

ASPECTOS FISIOLÓGICOS QUE SE BUSCAN EN EL PROGRAMA

Uno de los indicadores fisiológicos considerados en el programa de mejoramiento genético



Dr. Rodrigo Infante.



Mezclas de fertilizantes solubles diseñadas a pedido para cumplir con requerimientos específicos de nuestros clientes. **Ultrasol® Especial** esta formulado con materias primas de alta solubilidad y pureza pudiendo incluir además microelementos quelatados. Todas estas características facilitan las labores de fertirriego y aseguran una nutrición completa y balanceada.

MAYOR EFICIENCIA
Del uso del agua.

FERTIRRIGACIÓN
Más precisa y eficiente.

OPERACIÓN EFICIENTE
Facilita manejo de stock en bodega.

FUENTE DE K
Aporte eficiente de potasio.

APORTA MICROELEMENTOS
Para una nutrición completa y balanceada.

SOLUCIÓN EFICIENTE A PEDIDO
Para adaptarse a sus exigencias.

Presentamos **Ultrasol® Especial** formulado especialmente para nutrición de nogales. **Ultrasol® Especial** para nogales fue formulado para ayudar a los productores a alcanzar los calibres deseados, máximo rendimiento y la calidad que sus nogales necesitan para asegurar el éxito de su negocio.



Conozca más de **Ultrasol® Especial**

Mail contacto: marketing.sqmc@sqm.com

Atención al cliente 6000 5000 19

sqmc.cl





Figura 4. Doctor Eugenio Magnanini (derecha), profesor de la Universidad de Bolonia, con Dr. Marco Garrido (izquierda), fisiólogo vegetal de la Universidad de Chile, en el proceso de construcción de sistema multi-cámara de medición de intercambio de gases en plantas completas.



Figura 5. Sistema multi-cámara implementado para medir el intercambio gaseoso de plantas frutales completas.

de patrones es la eficiencia en el uso de agua (EUA). Esta es una condición muy relevante que hasta ahora no ha sido considerada como aspecto a evaluar cuando un nuevo patrón es caracterizado. Esta situación se ha provocado, en gran parte, porque se carecía de las herramientas para medir eficientemente el intercambio de gases de plantas completas. Al contrario, las mediciones se basan en sistemas tipo IRGA, con “pinzas”, que miden el intercambio gaseoso de una superficie foliar muy pequeña. Así, los datos obtenidos muchas veces son poco representativos de una situación más compleja, que es la que se da en el campo en una planta binaria compuesta por un patrón y una variedad injertada sobre él. En este aspecto fundamental, se ha establecido una serie de actividades tendientes a generar un protocolo de medición del intercambio gaseoso de plantas completas, para generar así los indicadores fisiológicos más adecuados para caracterizar un patrón de nogal.

Dentro del marco del proyecto se ha construido un sistema capaz de medir el intercambio gaseoso de plantas completas y esto gracias al apoyo del Dr. Eugenio Magnanini, fisiólogo vegetal de la Universidad de Bolonia Italia, quien estuvo en Chile trabajando tres semanas en la construcción de un prototipo multi-cámara para medir simultáneamente hasta 12 plantas completas, sus intercambios de gases con el medio ambiente (Figura 4). En Chile, el Dr. Marco Garrido de la Universidad de Chile, junto a la Dra. Paula Pimentel del CEAF, están avanzando para hacer, esta temporada, las primeras evaluaciones de nogales injertados.

Este sistema representa una ventaja sustantiva (Figura 5), si se compara con un sistema convencional (medidor de intercambio gaseoso de “pinza”), los cuales son capaces de medir apenas una



Figura 6. Se recolectó germoplasma desde la Reserva Nacional “El Nogalar de Los Toldos”, en Argentina.

superficie de 4 cm² de hoja, además de requerir de un operador realizando la medición de manera continua. El sistema multi-cámara es capaz de medir la diferencia de presión parcial de CO₂ y vapor de agua del gas de referencia (que entra a la cámara) y del gas de análisis (que sale de la cámara, y ha sido influenciado por el proceso de intercambio gaseoso). A partir de estos datos y otros parámetros como flujo de aire y área foliar es posible estimar la tasa de fotosíntesis neta y transpiración del árbol. Además, el sistema cuenta con sensores de radiación incidente y temperatura en distintos puntos del flujo de aire para realizar un adecuado monitoreo de las condiciones ambientales.

PORTAINJERTOS ADAPTADOS A LAS CONDICIONES DEL SUR DE AMÉRICA

Estamos frente a un programa de mejoramiento genético muy promisorio y ambicioso, que tiene como Norte generar nuevos patrones clonales adaptados a las condiciones de suelo y clima del sur de América. Para avanzar con mayor velocidad, se ha buscado a interacción con diferentes grupos de trabajo en el mundo, para que podamos así, asegurar la obtención de resultados en tiempos menores.

Se debe destacar el enfoque novedoso del programa, que incorpora nuevo germoplasma de especies de *Juglans* nunca antes explotados con fines de mejora genética y además buscando nuevos caracteres no priorizados por otros programas en el mundo. **Ra**

AGRADECIMIENTOS

Programa Tecnológico “Centro para la investigación e innovación en fruticultura para la zona sur” (16PTECF-66647), Proyecto: “Mejoramiento genético de patrones de Nogal para una fruticultura moderna”, apoyados por Corfo.