



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SUR

TESIS DE DOCTOR EN AGRONOMÍA

RUPTURA DE DORMICIÓN, BROTACIÓN Y FLORACIÓN EN NOGAL
(JUGLANS REGIA L.) EN EL VALLE INFERIOR DEL RÍO NEGRO:
NECESIDADES DE FRÍO INVERNAL Y REQUERIMIENTOS DE CALOR EN UN
CONTEXTO DE CAMBIO CLIMÁTICO

RICARDO ALFREDO DEL BARRIO

BAHÍA BLANCA

ARGENTINA

2020

PREFACIO

Esta tesis se presenta como parte de los requisitos para optar al grado académico de Doctor en Agronomía de la Universidad Nacional del Sur y no ha sido presentada previamente para la obtención de otro título en esta Universidad u otra. La misma contiene los resultados obtenidos en investigaciones llevadas a cabo en el ámbito del Departamento de Agronomía durante el período comprendido entre el 8 de marzo de 2013 y 29 de febrero de 2020, bajo la dirección del Dr. Gustavo Adolfo Orioli y la co-dirección del Dr. José Antonio Campoy Corbalán.

.....



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SUR
Secretaría General de Posgrado y Educación Continua

La presente tesis ha sido aprobada el 14/10/2020, mereciendo la calificación de sobresaliente diez (10).

Certifico que fueron incluidos los cambios y correcciones sugeridas por los jurados.

Firma del Co Director

Firma del Director

Dedico esta Tesis a Gigi, mi mujer, fuente de inspiración, quien le da sentido pleno a una vida compartida y que con su amor y apoyo incondicional es partícipe primordial de este logro. A mis hijos Rodri, Floppy y Vicky, razón de ser y noción de trascendencia de mi vida, que con su aliento y estímulo constante comparten la alegría de la meta alcanzada.

“La incapacidad de predecir las rarezas implica la incapacidad de presagiar el curso de la historia, dada la incidencia de estos sucesos en la dinámica de los acontecimientos”

Nassim Nicholas Taleb. El Cisne Negro (2011)

“El invierno con sus heladas no es culpable y, por lo tanto, no se lo puede considerar como un flagelo. Por el contrario, nuestra helada es un inspector justo, capaz y empeñoso que está a la altura de su función de seleccionador de nuestras quintas frutales. Paciente, atento y aleccionador, es un maestro profundo de nuestros fruticultores y, al mismo tiempo, un juez imparcial de sus conocimientos y de su destreza, así como de la atención que han prestado a sus instrucciones y lecciones”

Iván Vladímirovich Michurin. En “Las heladas en la Argentina”. -J.J.Burgos-. Colección Científica INTA (1963)

“Si alguna esperanza le queda al mundo, desde luego no habita entre las paredes de las salas donde se celebran las conferencias sobre el cambio climático ni en las ciudades de altos rascacielos. Reside en un lugar más bajo, situado sobre el terreno mismo y rodea con sus brazos a las personas que salen todos los días a proteger sus bosques, sus montañas y sus ríos porque saben que los bosques, las montañas y los ríos las protegen”

Arundhati Roy. The Trickle-down Revolution.
Outlook (2010)

AGRADECIMIENTOS

Llevar a cabo una tesis doctoral implica transitar un extenso recorrido, que si bien es propio, implica también el aporte de numerosas personas. Por ello, representa para mí una autentica satisfacción emplear este ámbito para expresarles mi gratitud:

A mis Directores de Tesis, los Dres Gustavo Orioli y José Campoy. Por su disponibilidad y asistencia, su guía constante, sus consejos y comentarios para el desarrollo y concreción de esta tesis. Y, fundamentalmente, porque al final del camino encontré dos amigos extraordinarios en esta etapa de mi vida.

A las autoridades de la Universidad Nacional de Río Negro, su Rector, el Lic. Juan Carlos Del Bello y el Vicerrector de la Sede Atlántica, Mg. Anselmo Torres por su permanente apoyo y estímulo para la concreción de esta etapa.

A las autoridades del Departamento de Agronomía de la Universidad del Sur. A su Director Decano Dr. Roberto Rodríguez y a su Secretaria Académica Mg. Liliana Gallez, por su respaldo constante para el logro de este objetivo.

A la Dra Cecilia Pellegrini por su permanente apoyo y estímulo y por sus aportes técnicos a la discusión y conclusiones de la dinámica de azúcares en yemas, contribuyendo sustantivamente a la mejora del producto final de la tesis.

A la Dra Ivone Lindstrom por su valiosa guía y sustento en áreas de su experticia, quien junto con la Téc. Marcela Scarlato realizaron un aporte inestimable para la concreción del apartado correspondiente a la microscopía de yemas.

A la Dra. Marcia Arroyo y al equipo de trabajo del Laboratorio de Instrumental de Uso Compartido (LIUC) dependiente del Departamento de Química de la UNS por su invaluable y desinteresado apoyo en el desarrollo de las técnicas de NIRs aplicadas en esta tesis

Al Mg Francisco Mora (Pancho) y a la Dra. Andrea Brendel, con quienes compartimos la Cátedra de Agrometeorología en la UNS, por su aliento constante y su ayuda en múltiples instancias del desarrollo de esta tesis.

A los alumnxs de la carrera de ingeniería agronómica de la UNRN, Mirco Gianello, Ana Paula Silvester y Rosario Sanchez por su colaboración en trabajos de campo.

A todo el personal administrativo del Departamento de Agronomía de la UNS por su inestimable apoyo en el logro de este objetivo

ORGANIZACIÓN DE LA TESIS

La presente tesis fue organizada en capítulos que analizan los procesos de ruptura de dormición, brotación y floración de nogal en el valle inferior del río negro, vinculando aspectos anatómicos, ecofisiológicos y de aptitud productiva con disponibilidades térmicas ambientales en un contexto climático regional cambiante. Cuenta con una introducción general, objetivo general y justificación de la investigación y desarrolla diferentes enfoques relacionados con la temática propuesta, los cuales se detallan a continuación (Capítulo I). Desarrollo y ajuste de modelos de base térmica asociados a ruptura de dormición, brotación y floración de la especie estudiada (Capítulo II). Descripción de los aspectos anatómicos y morfológicos de yemas asociados a la ruptura de la dormición a través de microscopía óptica (Capítulo III). Evaluación de la dinámica de los carbohidratos durante la progresión de la dormancia en las yemas de nogal mediante la aplicación de espectrometría de infrarrojo cercano y cromatografía líquida de alta eficacia en la determinación de ruptura de dormición (Capítulo IV). Caracterización agroclimática del valle inferior del río Negro y de la región Norpatagónica para el cultivo de nogal y otros frutales de clima templado analizando las tendencias de las series de tiempo de índices climáticos y agroclimáticos en los últimos 50 años (Capítulo V). Por último, evaluar los procesos de progresión de dormición, ruptura, brotación y floración de esta especie en la región estudiada en un contexto de cambio climático, realizando proyecciones futuras de parámetros climáticos y agroclimáticos locales y regionales mediante aplicación de modelos climáticos globales (Capítulo VI). Finalmente se presentan las últimas consideraciones, las principales contribuciones del estudio y los aspectos de interés para futuras líneas de estudio (Capítulo VII).

RESUMEN

En el valle inferior del río Negro, Argentina, el cultivo de frutos secos, v.g. nogal (*Juglans regia* L.), constituye una de las actividades frutícolas de mayor crecimiento y dinamismo desde principios del corriente siglo, situación extendida a los valles norpatagónicos dedicados históricamente a las pomáceas.

El objetivo general de esta tesis fue estudiar el efecto de la acumulación de frío invernal y de calor primaveral en la ruptura de dormición de yemas, brotación y floración en cultivares de nogal 'Chandler' y 'Franquette' en la citada región, tendiente a su caracterización ecofisiológica y bioclimática en un contexto de cambio climático.

Se determinaron necesidades de frío invernal (CR) y requerimientos de calor primaveral (HR) para ruptura de la dormición, evaluándose su variabilidad según: tipo de yema (vegetativa-mixta- o amento), tipo de vara (con y sin yema apical), por cultivar y año (Capítulo II). Se detallaron mediante microscopía óptica las características anatómicas y morfológicas que distinguen los estados de endo y ecodormición en yemas (Capítulo III), y por espectrometría de infrarrojo cercano (NIRs) y cromatografía líquida de alta eficacia (HPLC) se analizó y cuantificó la evolución de azúcares en los mismos (Capítulo IV).

Se estableció correlación negativa (influencia "en paralelo") entre tratamientos incrementales de CR para romper dormición y HR para brotación, precisándose mayor incidencia de HR que CR en los procesos evaluados. Los ensayos con frío forzado indicaron cierta sobreestimación de CR respecto de las determinaciones a campo. Se observó un adelantamiento en la brotación de las varas extraídas sin yema apical con respecto a las que la mantenían; aspecto visualizado también por microscopía óptica, como indicador de la existencia de procesos de paradormición en la especie estudiada.

Mediante HPLC se determinó una dinámica no uniforme de azúcares en las yemas durante la progresión endo-ecodormición-prebrotación. La concentración de sacarosa, en su rol de crioprotección, resultó similar a la de fructosa y glucosa sólo durante la endodormición, aumentando luego hasta alcanzar su máximo 15-30 días luego de la ruptura de dormición, para luego caer abruptamente al acercarse la prebrotación primaveral. Los monosacáridos (fructosa y glucosa) mantenían, durante dicho lapso, concentraciones similares a las de endodormición para aumentar recién en prebrotación como probable fuente de carbono celulósico. Los resultados obtenidos aplicando técnicas de NIRs, aunque

preliminares, constituyen un avance en su ajuste para evaluar la dinámica de azúcares en estos procesos.

Se determinó que la fenología primaveral más precoz en 'Chandler' respecto a 'Franquette', es consecuencia de CR algo menores para la ruptura de dormancia, junto con HR más bajos para brotación/floración. En condiciones de sobre exposición al frío invernal como las regionales, las HR resultaron más determinantes que las CR en la prospectiva fenológica de la especie estudiada.

Se evaluaron los posibles efectos del cambio climático global mediante estudios de tendencia de índices agroclimáticos durante las últimas cinco décadas (Capítulo V) y su prospectiva a mitad y fin del siglo XXI mediante la aplicación de modelos climáticos globales (MCGs) (Capítulo VI), extendiendo el análisis a toda la región norte de la Patagonia argentina y a otros frutales de clima templado de gran relevancia actual y potencial en dicho territorio. Las tendencias en el último medio siglo indican disponibilidades térmicas crecientes durante el ciclo del cultivo, sin mayores contingencias en la disminución de CR invernal, pero manteniendo un riesgo moderado a alto de heladas primaverales. Los MCGs corroboraron lo expuesto para el siglo en curso, con una ligera disminución en la disponibilidad de frío y mayor energía térmica en el ciclo del cultivo y probabilidades de heladas primaverales en la región.

El cambio climático parece estar desplazando la frontera sur de la agricultura argentina y cambiando las perspectivas agropecuarias de la Norpatagonia. El aumento de disponibilidad energética en el ciclo de cultivo creará sin duda oportunidades para que los productores introduzcan nuevas especies y cultivares en la región. Estos nuevos materiales genéticos necesitan ser introducidas sobre la base de un profundo conocimiento de su productividad y potencial, especialmente teniendo en cuenta el riesgo a heladas y los requerimientos térmicos, para evitar errores de adaptación. Este es el caso de 'Chandler' que es el cultivar incorporado mayoritariamente, pese a los altos riesgos de heladas previstos por su temprana fenología. Es por ello que esta tesis sienta las bases para discernir la buena elección de material vegetal para las condiciones térmicas de la Norpatagonia.

ABSTRACT

In the lower valley of the Negro river, Argentina, nut production, e.g. walnut (*Juglans regia* L.) is one of the fastest growing and most dynamic fruit activities since the beginning of the current century, a situation extended overall the North Patagonian valleys historically dedicated to pomaceous fruits.

The main aim of this thesis was to study the effect of winter chill and spring heat accumulation on breaking of bud dormancy, budburst and flowering in walnut cultivars 'Chandler' and 'Franquette' in the said region, laying to their ecophysiological and bioclimatic characterization in a climate change context.

Winter chill (CR) and spring heat (HR) requirements were defined for breaking of dormancy, assessing its variability according to: type of bud (vegetative-mixed- or catkin), type of twig (with and without apical bud), by cultivar and year (Chapter II). The anatomical and morphological characteristics that distinguish the states of endo and ecodormancy in buds were detailed by light microscopy (Chapter III), and the sugars progress in them was analyzed and quantified by near-infrared spectrometry (NIRs) and high-performance liquid chromatography (HPLC) (Chapter IV).

A negative correlation ("parallel" influence) was verified between CR incremental treatments to break dormancy and HR for sprouting, requiring a higher incidence of HR than CR as main factors in the said processes. The forced chill tests indicated some overestimation of CR against chill field determinations. An advance was observed in budburst of twigs extracted without apical bud with respect to those that maintained it; aspect also visualized by light microscopy, as a print of paradormancy processes in the studied species.

Non-uniform sugars dynamics in buds were determined by HPLC during the endo-ecodormancy-pre-sprouting progression. The sucrose concentration, in its cryoprotection role was similar to that of fructose and glucose only during endodormancy, then increasing until reaching its maximum, 15-30 days after the dormancy break, and then falling abruptly as the spring pre-sprouting approached. The monosaccharides (fructose and glucose) maintained, during this period, similar concentrations to those of endodormancy, to increase just in pre-sprouting as a feasible source of cellulosic carbon. The results obtained by applying NIRs techniques, although preliminary, constitute an advance in its adjustment to evaluate sugars dynamics in these processes.

The earlier spring phenology in 'Chandler' than 'Franquette' cultivars was found to be a consequence of somewhat lower CR for dormancy disruption, along with lower HR for budburst / flowering. In winter chill overexposure conditions like the regional ones, the HRs were more determining than the CRs in the phenological prospective of the studied species.

The possible effects of global climate change were evaluated through agroclimatic indices trends during the last five decades (Chapter V) and their prospects in the middle and end of the 21st century through the application of global climate models (GCMs) (Chapter VI), extending the analysis to the North patagonian regions as a whole and to other temperate fruit tree species of great current and potential relevance in said territory. The trends in the last half century showed increasing thermal availability during the crop cycle, without major contingencies in the decrease of winter CR, but keeping on a moderate to high risk of spring frosts.

GCMs confirmed what was exposed for the current century, with a slight decrease in chill availability and higher thermal energy during the crop cycle and probabilities of spring frosts in the region.

Climate change appears to be moving the southern border of agriculture and changing the agricultural prospects of Northern Patagonia. Increasing energy availability in the growing cycle will definitely create opportunities for fruit growers to introduce new species and cultivars to the region. These new genetic materials need to be introduced on the basis of a deep understanding of their productivity and potential, especially taking into account frost risk and thermal requirements, to avoid adaptation errors. This is the case of 'Chandler', which is the main introduced cultivar, despite the high frost risks anticipated by its quite early phenology. That is why this thesis lays the groundwork to discern the plant material proper selection for the thermal conditions of Norpatagonia.