Agrociencia Uruguay 2026 | Volume 30 | Number NE1 | Article e1724
DOI: 10.31285/AGRO.30.1724
ISSN 2730-5066

Investigaciones en pecán en Sudamérica

Producción y calidad de fruto de nuez pecán en las regiones áridas de Catamarca, Argentina

Delgado, E. A.[1 2 3]; Fernández, F. J.[2 3]; Cólica, J. J.[4]; Molina, M. S.[2 5]; Valverdi, N. A.[2]; Sabadzija, G. N.[2]; Gariglio, N. F.[6]; Carabajal, D. E.[2]

[1]*Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET), Centro Regional de Energía y Ambiente para el Desarrollo Sustentable, Catamarca, Argentina*
[2]*Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), Estación Experimental Agropecuaria Catamarca, Grupo Frutos secos, Catamarca, Argentina*
[3]*Universidad Nacional de Catamarca (UNCA), Facultad de Ciencias Agrarias, Cátedra de Fisiología Vegetal, Catamarca, Argentina*
[4]*Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), Agencia de Extensión Rural Andalgalá, Grupo Frutos Secos, Catamarca, Argentina*
[5]*Universidad Nacional de Catamarca (UNCA), Facultad de Ciencias de la Salud, Catamarca, Argentina*
[6]*Universidad Nacional del Litoral (UNL) - Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET), Instituto de Ciencias Agrarias del Litoral (ICiAgro Litoral, UNL-CONICET-FCA), Santa Fe, Argentina*

Editor
Georgina García Inza
Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria (INIA), Canelones, Uruguay

Received *24 Mar 2025*
Accepted *8 Aug 2025*
Published *13 Feb 2026*

Correspondence
Eber Alexander Delgado
delgado.eber@inta.gob.ar

Resumen

El pecán, originario de Estados Unidos y México, ha despertado un creciente interés a nivel mundial como alimento saludable, especialmente en Argentina, donde la provincia de Catamarca se destaca por sus condiciones agroclimáticas favorables. Este estudio evaluó la producción y la calidad de frutos de ocho cultivares de pecán ('Stuart', 'Pawnee', 'Mahan', 'Shoshoni', 'Western', 'Wichita', 'Kiowa' y 'Desirable') en la zona árida de la provincia de Catamarca, Argentina. Se analizaron el rendimiento, las características físicas (peso, tamaño, porcentaje de grano), la calidad externa e interna y el contenido de aceite y composición de ácidos grasos. 'Shoshoni' fue el cultivar más productivo, con >17 kg planta^{-1} acumulados (2018-2024), mientras que 'Mahan' destacó por el mayor peso de fruto y grano. 'Wichita', 'Pawnee' y 'Mahan' mostraron los mayores porcentajes de grano comestible (>55%). En cuanto a calidad externa, 'Wichita', 'Pawnee' y 'Western' presentaron mínimos daños. Respecto a la calidad interna, 'Wichita', 'Kiowa', 'Western' y 'Desirable' tuvieron los porcentajes más altos de grano comestible (97%). La composición de ácidos grasos varió significativamente, con 'Desirable' mostrando alto contenido de ácido oleico y 'Western' y 'Wichita' de ácido linoleico. Los resultados reafirman la viabilidad del cultivo de pecán en regiones áridas de Argentina, y resaltan la importancia de seleccionar cultivares adaptados y aplicar un manejo adecuado para optimizar el rendimiento y la calidad del fruto.

Palabras clave: ácidos grasos, cultivo de frutos secos, *Carya illinoinensis*, evaluación de cultivares, ambientes áridos

CC BY

Delgado, E. A., Fernández, F. J., Cólica, J. J., Molina, M. S., Valverdi, N. A., Sabadzija, G. N., Gariglio, N. F., & Carabajal, D. E. (2026). Producción y calidad de fruto de nuez pecán en las regiones áridas de Catamarca, Argentina. *Agrociencia Uruguay, 30*(NE1), Article e1724. https://doi.org/10.31285/AGRO.30.1724

Production and Fruit Quality of Pecan Nuts in the Arid Regions of Catamarca, Argentina

Abstract

Pecan, native to the United States and Mexico, has attracted growing global interest as a health-promoting food, particularly in Argentina, where the province of Catamarca stands out for its favorable agroclimatic conditions. This study evaluated the yield and nut quality of eight pecan cultivars ('Stuart', 'Pawnee', 'Mahan', 'Shoshoni', 'Western', 'Wichita', 'Kiowa', and 'Desirable') in the arid region of the Catamarca province, Argentina. Yield, physical traits (nut weight, size, and kernel percentage), external and internal quality, oil content, and fatty acid composition were analyzed. 'Shoshoni' was the most productive cultivar, with >17 kg plant^{-1} accumulated (2018-2024), while 'Mahan' showed the highest nut and kernel weight. 'Wichita', 'Pawnee', and 'Mahan' exhibited the highest edible kernel percentages (>55%). Regarding external quality, 'Wichita', 'Pawnee', and 'Western' showed minimal damage. For internal quality, 'Wichita', 'Kiowa', 'Western', and 'Desirable' presented the highest percentages of edible kernel (97%). Fatty acid composition varied significantly among cultivars, with 'Desirable' showing high oleic acid content, while 'Western' and 'Wichita' stood out for their linoleic acid content. The results confirm the viability of pecan cultivation in Argentina's arid regions, highlighting the importance of selecting well-adapted cultivars and implementing proper management practices to optimize nut yield and quality.

Keywords: fatty acids, tree nut crops, *Carya illinoinensis*, cultivar evaluation, arid environments

Produção e qualidade dos frutos de noz-pecã nas regiões áridas de Catamarca, Argentina

Resumo

O pecã, originário dos Estados Unidos e do México, tem despertado um interesse crescente em nível mundial como alimento saudável, especialmente na Argentina, onde a província de Catamarca se destaca por suas condições agroclimáticas favoráveis. Este estudo avaliou a produção e a qualidade dos frutos de oito cultivares de pecã ('Stuart', 'Pawnee', 'Mahan', 'Shoshoni', 'Western', 'Wichita', 'Kiowa' e 'Desirable') na região árida da província de Catamarca, Argentina. Foram analisados o rendimento, características físicas (peso, tamanho, porcentagem de amêndoa), qualidade externa e interna, teor de óleo e composição de ácidos graxos. 'Shoshoni' foi o cultivar mais produtivo, com >17 kg planta^{-1} acumulados (2018-2024), enquanto 'Mahan' se destacou pelo maior peso de fruto e de amêndoa. 'Wichita', 'Pawnee' e 'Mahan' apresentaram as maiores porcentagens de amêndoa comestível (>55%). Quanto à qualidade externa, 'Wichita', 'Pawnee' e 'Western' apresentaram danos mínimos. Em relação à qualidade interna, 'Wichita', 'Kiowa', 'Western' e 'Desirable' apresentaram os maiores percentuais de amêndoa comestível (97%). A composição de ácidos graxos variou significativamente entre os cultivares, com 'Desirable' apresentando alto teor de ácido oleico e 'Western' e 'Wichita' se destacando pelo teor elevado de ácido linoleico. Os resultados reafirmam a viabilidade do cultivo de pecã em regiões áridas da Argentina, destacando a importância da seleção de cultivares adaptados e da adoção de práticas de manejo adequadas para otimizar o rendimento e a qualidade dos frutos.

Palavras-chave: ácidos graxos, cultivo de nozes, *Carya illinoinensis*, avaliação de cultivares, ambientes áridos

1. Introducción

El pecán [*Carya illinoinensis* (Wangenh.) K. Koch.], especie caducifolia de la familia Juglandaceae, es originario del centro-sur y sureste de Estados Unidos y de los valles de los principales ríos del norte de México, como el Mississippi, Ohio, Missouri y Colorado (Cerna-Cortés et al., 2003; Frusso, 2013). Se trata de un árbol vigoroso y longevo que puede alcanzar entre 45 y 55 m de altura y superar los 100 años de vida (Frusso, 2007; Núñez Moreno et al., 2013). La entrada en producción comienza hacia los cinco años, con rendimientos estimados de entre 8 y 10 kg planta^{-1} a partir de los siete u ocho años (Frusso, 2013). Presenta un ciclo ontogénico

caracterizado por una fase juvenil prolongada, seguida de un extenso período de plena producción. Requiere inviernos con acumulación de frío para una adecuada brotación, y veranos largos y cálidos para completar la maduración de los frutos. Se adapta favorablemente a regiones de clima templado-cálido, con alta demanda de radiación solar y buena tolerancia a condiciones de baja humedad relativa. En zonas áridas, la elevada disponibilidad de radiación y la humedad relativa en torno al 50% favorecen la actividad fotosintética y la acumulación de reservas en los frutos (Grageda Grageda et al., 2013). Estas condiciones contribuyen a reducir la incidencia de enfermedades fúngicas, disminuyendo la necesidad de aplicaciones fitosanitarias y promoviendo una producción más sustentable (INTA Argentina, 2020). El cultivo del pecán se desarrolla en huertos conformados por árboles implantados en marcos amplios, que requieren manejo agronómico específico según las condiciones locales (Frusso, 2013).

En los últimos años, el creciente interés por este cultivo a nivel mundial ha sido impulsado por una mayor demanda de alimentos saludables (Eneroth et al., 2017). En Argentina, el pecán ha experimentado un notable crecimiento, especialmente en las regiones áridas y semiáridas, donde representa una alternativa productiva viable y sostenible (Mitrovich et al., 2019). En particular, la provincia de Catamarca ha emergido como un territorio con gran potencial para el desarrollo de esta especie debido a sus condiciones agroclimáticas favorables, suelos adecuados y la creciente demanda del fruto en mercados nacionales e internacionales (Delgado, 2023; Trabichet, 2023). El buen comportamiento del pecán en climas con baja precipitación y humedad relativa lo convierte en una opción estratégica para diversificar la matriz productiva y fomentar la economía regional (Mokari et al., 2021).

Una de las principales ventajas del cultivo de pecán es su buen desempeño en climas áridos, como se ha demostrado en Estados Unidos, donde su expansión desde el valle del río Misisipi, en el centro-sur del país, hacia el oeste incluyó estados como Nuevo México y Arizona. Si bien su rendimiento está influenciado por factores climáticos, como la temperatura y la precipitación, la genética de cada cultivar desempeña un papel determinante en su capacidad de adaptación a estas condiciones. Además, una gestión eficiente del huerto impacta directamente en la cantidad y la calidad de las nueces pecán (Grageda Grageda et al., 2013).

En Argentina, estudios recientes han demostrado que los rendimientos del pecán en regiones áridas pueden ser competitivos con los obtenidos en zonas húmedas del país, como Entre Ríos y Corrientes. Este comportamiento representa una ventaja significativa, ya que se asocia a las condiciones ambientales características de las regiones áridas, donde la mayor disponibilidad de radiación solar y la baja humedad relativa (~50%) favorecen la fotosíntesis y la acumulación de reservas en los frutos (Grageda Grageda et al., 2013). Además, la menor humedad ambiental contribuye a reducir la incidencia de enfermedades fúngicas, lo que disminuye la necesidad de aplicaciones fitosanitarias y favorece una producción más sustentable (INTA Argentina, 2020).

En Catamarca, los estudios han evidenciado que las nueces de pecán presentan un mayor porcentaje de almendra comestible y un mejor perfil de ácidos grasos en comparación con las zonas húmedas del país (Delgado, 2023). Estas características hacen que el producto sea altamente competitivo en el mercado, con un valor agregado que puede potenciar su comercialización en nichos de exportación. Además, la menor presión de plagas en estas regiones contribuye a la obtención de frutos con menor presencia de residuos químicos, lo que responde a las crecientes exigencias de los consumidores con respecto a la calidad e inocuidad alimentaria (Delgado, 2023).

El desarrollo del cultivo de pecán en Catamarca también tiene implicaciones socioeconómicas relevantes. La incorporación de este frutal en sistemas agroproductivos locales genera oportunidades de empleo y fomenta la economía regional, particularmente en pequeños y medianos productores que buscan alternativas rentables frente a otros cultivos tradicionales de la zona, como el nogal (*Juglans regia* L.) (Mitrovich et al., 2019).

En síntesis, el pecán se presenta como una opción altamente viable para la producción en zonas áridas del noroeste de Argentina, particularmente en la provincia de Catamarca. Sus ventajas en términos de adaptación a condiciones extremas, productividad, calidad de frutos y beneficios ambientales y económicos lo posicionan como un cultivo estratégico con potencial de expansión en esta región. Para consolidar su desarrollo y garantizar su sostenibilidad a largo plazo, será clave la implementación de tecnologías de manejo adecuadas y la inversión en investigación agrícola.

Dada la diversidad genética de los cultivares de pecán, es fundamental evaluar tanto los componentes del rendimiento como los parámetros fisicoquímicos de calidad de los frutos, ya que estos aspectos reflejan el desarrollo del cultivo, su adaptación a las condiciones edafoclimáticas y su factibilidad técnica y económica en una región determinada. En este contexto, el presente estudio tuvo como propósito evaluar los principales indicadores de producción y calidad de frutos en ocho cultivares de pecán en las zonas áridas de la provincia de Catamarca, Argentina.

2. Material y métodos

2.1 Ubicación y condiciones del experimento

El estudio se realizó en la parcela experimental de pecán de la Estación Experimental Agropecuaria Catamarca (EEA) - Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), ubicada en Valle Viejo, Catamarca, Argentina (28°28'13" S; 65°43'42" O; 514 msnm).

La parcela fue implantada en 2014 en el marco de un proyecto de diversificación productiva para la provincia de Catamarca, con fines experimentales. El establecimiento se realizó siguiendo un diseño de bloques completamente al azar, compuesto por cinco bloques, en los que se distribuyeron aleatoriamente ocho cultivares de pecán.

El clima de la región es semiárido, con una temperatura media anual de 20,9 °C y una humedad relativa característicamente baja, con valores medios cercanos al 50%, especialmente durante la temporada de crecimiento. Esta baja humedad puede acentuarse en los meses más cálidos, alcanzando mínimos diarios por debajo del 40%. El período libre de heladas es de 308 días y las precipitaciones anuales varían entre 430 mm en el sur y 630 mm en el norte de la región (Servicio Meteorológico Nacional, 2023).

2.2 Material vegetal y manejo del cultivo

El huerto de pecanes fue implantado en 2014 en la EEA Catamarca. Estaba establecido sobre un suelo franco-arenoso, con un horizonte agrícola profundo (> 1 m), bien drenado y sin limitaciones físicas o químicas para el desarrollo radicular. La distancia de plantación fue de 8 × 8 m entre plantas. El ensayo incluyó ocho cultivares de pecán: 'Stuart', 'Pawnee', 'Mahan', 'Shoshoni', 'Western', 'Wichita', 'Kiowa' y 'Desirable'. Los portainjertos utilizados fueron plántulas de *Carya illinoinensis*. Se aplicó fertilizante NPK con relación 2:1:2 a razón de 2 kg planta^{-1}, lo que equivale aproximadamente a 80 g de nitrógeno (N), 40 g de fósforo (P_2O_5) y 80 g de potasio (K_2O) por planta y por año. El riego se realizó por superficie, en melgas, con una frecuencia de 10 a 15 días, ajustada en función de las observaciones del estado hídrico del suelo y del cultivo. La lámina de riego aplicada fue de aproximadamente 50 a 70 mm por evento, lo que permitió cubrir adecuadamente las necesidades hídricas del cultivo durante el ciclo productivo. El suelo se mantuvo con cobertura vegetal natural manejada mediante cortes periódicos.

2.3 Rendimiento

El estudio se llevó a cabo entre 2018 y 2024. Durante el período de evaluación, se registró el rendimiento anual de cada planta en kilogramos, expresado como kg planta^{-1} año^{-1}. Todos los frutos fueron recolectados manualmente

y sometidos a secado bajo techo. Posteriormente, se empaquetaron y almacenaron por planta en bolsas de rafia, tras lo cual se contaron y pesaron en su totalidad para determinar la producción individual (Carabajal, 2016).

2.4 Evaluación de la calidad de los frutos

En la cosecha de 2024, se tomó una muestra representativa de 2500 g por cultivar para las evaluaciones de laboratorio (Cluster del Pecán, 2024; Molina Carrizo, 2024; Servicio Nacional de Sanidad y Calidad Agroalimentaria [SENASA], 2014). Las muestras fueron subdivididas para los siguientes análisis:

2.4.1 Características físicas de los frutos

Se seleccionaron 30 frutos por cultivar para determinar las siguientes variables: peso del fruto con cáscara (g), peso de la cáscara (g), largo del fruto (mm), diámetro sutural (mm), diámetro ventral (mm), espesor de la cáscara (mm), peso del grano (g), porcentaje (%) de grano. Las mediciones de peso se realizaron con una balanza con precisión de ±0,002 kg marca Denver MXX-5001, mientras que las dimensiones del fruto se determinaron con un calibrador digital marca Köln, Alemania (Carabajal, 2016; Unión Internacional para la Protección de las Obtenciones Vegetales, 2015).

2.4.2 Estimación del calibre comercial de los frutos

Para estimar el calibre comercial de los frutos, se siguió la metodología utilizada por el Clúster de Pecán en Argentina. Se tomó una submuestra de 300 g de frutos por cultivar y se contó la cantidad total de nueces contenidas en dicha muestra. A partir de estos datos, se extrapoló el número de frutos por kilogramo utilizando una regla de proporcionalidad aritmética (Cluster del Pecán, 2024). Posteriormente, se clasificaron los cultivares de acuerdo con los estándares del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA) para nueces pecán con cáscara, que categorizan el calibre comercial según el número de frutos por kilogramo en las siguientes clases (United States Department of Agriculture, 2024):

- Oversize: < 122 frutos kg^{-1}
- Grande: 122-135 frutos kg^{-1}
- Mediano: 136-150 frutos kg^{-1}
- Pequeño: > 150 frutos kg^{-1}

Esta metodología proporciona una estimación del calibre comercial promedio por cultivar, aunque no implica un análisis de la distribución interna de tamaños ni una clasificación individual de los frutos.

2.4.3 Calidad externa

Se tomaron 100 frutos por cultivar para evaluar defectos externos tales como manchas, color atípico, presencia de ruezno adherido, nueces rajadas o partidas, daños de origen biológico o mecánico y deformaciones. Para cada tipo de defecto se calculó el porcentaje de frutos afectados (SENASA, 2014). Los datos se analizaron con fines descriptivos, con el objetivo de caracterizar los defectos más frecuentes en cada cultivar.

2.4.4 Calidad interna

Se analizaron 300 g de frutos por cultivar, retirando la cáscara y separando el grano para clasificar los frutos según su estado. **Grado 1:** Granos sin defectos; **Grado 2:** Granos con defectos (leve falta de llenado, coloración oscura, arrugas en la punta, deformación leve, manchas leves); **Grado 3:** Granos no comestibles (manchas por ataque de chinche, moho, germinadas, vanas, podridas o de color oscuro). Luego se procedió a pesar los

granos correspondientes a cada grado, para determinar el porcentaje de grano comestible (Grado 1 + Grado 2) y no comestible (Grado 3) (Cluster del Pecán, 2024; SENASA, 2014).

2.4.5 Composición de ácidos grasos

La composición de ácidos grasos se determinó en el laboratorio de aceite y grasas de la Estación Experimental Agropecuaria Catamarca, mediante cromatografía de gases. El aceite se extrajo de los frutos secos utilizando el método Soxhlet, con hexano como solvente. Posteriormente, los ácidos grasos se transesterificaron para su análisis en un cromatógrafo de gases Agilent 6890 equipado con detector de ionización de llama (FID). La identificación y cuantificación de los ácidos grasos se realizó por comparación con estándares certificados.

2.5 Diseño experimental

Se utilizó un diseño en bloques completamente al azar con cinco repeticiones, en el que se distribuyeron aleatoriamente ocho cultivares de pecán ('Stuart', 'Pawnee', 'Mahan', 'Shoshoni', 'Western', 'Wichita', 'Kiowa' y 'Desirable') en cada bloque. Para la evaluación, se consideró cada árbol como una unidad experimental.

Los datos obtenidos se analizaron mediante un ANOVA de una vía para detectar diferencias significativas entre cultivares, seguido por la prueba de comparación de medias de Tukey ($p < 0,05$). El análisis estadístico se realizó utilizando el software InfoStat (Di Rienzo et al., 2020).

3. Resultados

3.1 Rendimiento de frutos

'Shoshoni' se destacó con el mayor rendimiento medio (2,53 kg planta^{-1} año^{-1}), lo que evidencia una productividad significativamente superior respecto al resto de los cultivares evaluados (Figura 1). 'Wichita' y 'Western' alcanzaron rendimientos intermedios (1,42 y 1,41 kg planta^{-1} año^{-1}, respectivamente), sin diferencias significativas entre ellos, aunque ambos inferiores a 'Shoshoni'. Por su parte, 'Mahan', 'Desirable', 'Kiowa' y 'Pawnee' presentaron rendimientos que oscilaron entre 0,49 y 1,13 kg planta^{-1} año^{-1}, con valores significativamente más bajos que los de los cultivares más productivos. Además, estos cultivares mostraron una mayor variabilidad en la respuesta productiva, lo que sugiere un comportamiento menos estable bajo las condiciones del ensayo. Finalmente, 'Stuart' presentó el rendimiento más bajo (0,24 kg planta^{-1} año^{-1}), con diferencias significativas respecto a todos los demás cultivares, lo que indica una baja aptitud productiva en el ambiente analizado.

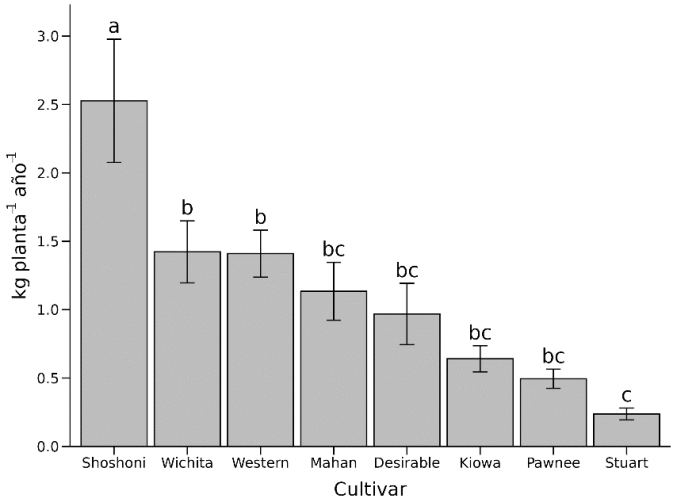

Figura 1. Rendimiento medio anual por planta (kg planta^{-1} año^{-1}) de distintos cultivares de pecán

Letras diferentes indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$). Las barras representan el error estándar.

La Figura 2 muestra el rendimiento acumulado por planta (kg) de los distintos cultivares evaluados durante el período 2018-2024. El cultivar 'Shoshoni' presentó el mayor rendimiento acumulado, superando los 17 kg planta^{-1}, destacándose especialmente el año 2024 por su alta contribución a la producción total. Los cultivares 'Wichita' y 'Western' alcanzaron valores acumulados cercanos a 10 kg planta^{-1}, con una producción distribuida de manera más uniforme a lo largo de los años. 'Mahan' y 'Desirable' mostraron rendimientos intermedios, entre 7 y 9 kg planta^{-1}, mientras que 'Kiowa', 'Pawnee' y 'Stuart' registraron los rendimientos más bajos, siendo este último el de menor productividad (<2 kg planta^{-1}).

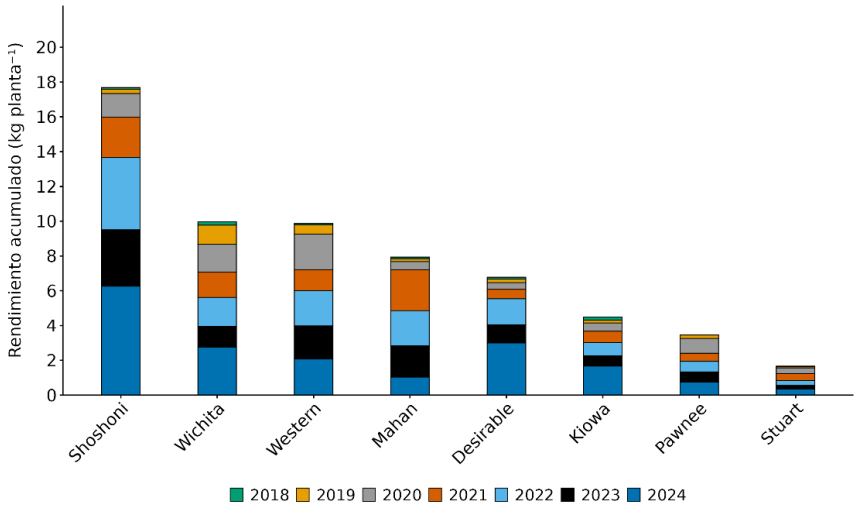

Figura 2. Rendimiento acumulado por planta (kg planta^{-1}) de cultivares de pecán en el período 2018-2024

3.2 Características físicas de los frutos

Se detectaron diferencias significativas entre los cultivares en todas las variables morfológicas y de peso evaluadas (Tabla 1). El peso del fruto varió entre 8,59 g en 'Western' y 13,11 g en 'Mahan', que presentó el valor más elevado. En cuanto al peso de la cáscara, los extremos se registraron en 'Wichita' (3,55 g) y 'Mahan' (5,65 g), lo que evidencia una amplia variabilidad entre materiales.

Tabla 1. Caracterización morfológica y de peso de frutos de diferentes cultivares de pecán

Cultivar	Peso del fruto (g)	Peso de cáscara (g)	Largo de fruto (mm)	Diámetro sutural (mm)	Diámetro ventral (mm)	Grosor de cáscara (mm)	Peso del grano (g)
Desirable	10,28 ± 0,11 c	4,79 ± 0,05 b	38,55 ± 0,21 e	24,45 ± 0,13 c	24,82 ± 0,13 b	1,17 ± 0,03 b	5,22 ± 0,08 d
Kiowa	11,64 ± 0,15 b	4,96 ± 0,08 b	43,99 ± 0,39 b	25,25 ± 0,15 b	25,27 ± 0,15 b	0,99 ± 0,02 d	6,57 ± 0,09 b
Mahan	13,11 ± 0,32 a	5,65 ± 0,12 a	56,45 ± 0,64 a	24,68 ± 0,18 c	24,44 ± 0,17 c	1,01 ± 0,03 d	7,48 ± 0,21 a
Pawnee	10,11 ± 0,19 c	4,06 ± 0,10 c	42,94 ± 0,37 c	22,56 ± 0,19 d	24,93 ± 0,22 b	0,89 ± 0,02 f	5,93 ± 0,12 c
Shoshoni	12,30 ± 0,12 b	5,48 ± 0,08 a	40,57 ± 0,51 d	26,49 ± 0,14 a	27,62 ± 0,15 a	1,24 ± 0,03 b	6,70 ± 0,07 b
Stuart	10,30 ± 0,12 c	5,48 ± 0,09 a	39,12 ± 0,30 e	24,19 ± 0,10 c	24,77 ± 0,16 b	1,45 ± 0,04 a	4,60 ± 0,08 e
Western	8,59 ± 0,08 d	3,58 ± 0,04 d	44,89 ± 0,27 b	21,20 ± 0,09 e	21,53 ± 0,16 d	1,08 ± 0,02 c	4,76 ± 0,05 e
Wichita	9,17 ± 0,11 d	3,55 ± 0,05 d	44,85 ± 0,027 b	22,33 ± 0,13 d	22,01 ± 0,14 d	0,93 ± 0,02 e	5,46 ± 0,07 d

*Las medias seguidas de diferentes letras en la misma columna difieren significativamente según el test de Tukey ($p \leq 0.05$).

La longitud del fruto mostró diferencias notables, con un máximo de 56,45 mm en 'Mahan' y un mínimo de 38,5 mm en 'Desirable'. El diámetro sutural fue significativamente mayor en 'Shoshoni' (26,49 mm), en tanto que 'Western' presentó el menor valor (21,20 mm). De manera similar, el diámetro ventral alcanzó su valor más alto en 'Shoshoni' (27,62 mm), superando en un 10,5% al resto de los cultivares, mientras que el menor valor se registró nuevamente en 'Western' (21,53 mm).

En relación con el grosor de la cáscara, se observaron diferencias significativas, con valores que oscilaron entre 0,89 mm en 'Pawnee' y 1,45 mm en 'Stuart'. Por su parte, el peso del grano fue más alto en 'Mahan' (7,48 g), seguido por 'Shoshoni' (6,70 g) y 'Kiowa' (6,57 g), mientras que 'Western' (4,76 g) y 'Stuart' (4,60 g) presentaron los valores más bajos.

El rendimiento de grano, expresado como porcentaje respecto al peso total del fruto, mostró diferencias significativas entre cultivares. Los valores más altos se observaron en 'Wichita' (59,6 ± 0,23%), 'Pawnee' (58,6 ± 0,29%) y 'Mahan' (57,0 ± 0,62%), todos con medias superiores al 55%, lo que indica una elevada eficiencia en la proporción de grano. En particular, 'Wichita' se caracterizó por una baja dispersión de los datos, lo que sugiere una mayor estabilidad del rendimiento dentro del cultivar.

Los cultivares 'Western' (55,4 ± 0,18%) y 'Kiowa' (56,5 ± 0,36%) presentaron valores intermedios, con rendimientos cercanos al umbral del 55%. En el caso de 'Shoshoni' (54,5 ± 0,25%) y 'Desirable' (50,7 ± 0,42%), los porcentajes se situaron próximos o apenas por encima del 50%, mientras que 'Stuart' mostró el valor más bajo (44,7 ± 0,55%), con observaciones que descendieron por debajo del 45%, lo que refleja una menor eficiencia en la conversión del peso total del fruto en grano (Figura 3).

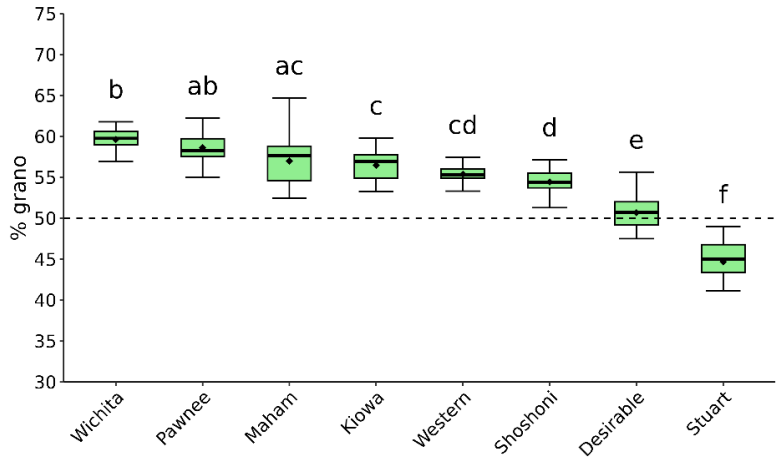

Figura 3. Porcentaje de grano en frutos de diferentes cultivares de pecán evaluados en la EEA Catamarca, INTA

La línea discontinua indica el umbral del 50%. El punto negro representa la media.

La variabilidad intracultivar también fue evidente. 'Mahan' y 'Desirable' exhibieron una mayor dispersión en los datos, lo que podría atribuirse a diferencias en el desarrollo del fruto dentro del mismo material genético. En contraste, cultivares como 'Western' y 'Shoshoni' presentaron distribuciones más homogéneas, con menor amplitud intercuartílica (Figura 3).

3.3 Estimación del calibre comercial de los frutos

Se observaron diferencias entre cultivares en la cantidad de frutos por kilogramo, lo que permitió estimar su peso promedio e interpretar su calibre comercial según la clasificación del USDA.

El cultivar 'Western' presentó el mayor número de frutos por kilogramo (116), lo que indica un menor tamaño individual. 'Wichita' (109) y 'Pawnee' (99) también mostraron valores relativamente altos. 'Desirable' y 'Stuart' presentaron valores intermedios (97), mientras que 'Shoshoni' (81) y 'Mahan' (76) fueron los que tuvieron menor cantidad de frutos por kilogramo, lo que refleja un tamaño promedio mayor.

De acuerdo con los estándares del USDA para nueces pecán con cáscara, todos los cultivares evaluados se clasificaron dentro de la categoría Oversize (menos de 122 frutos kg^{-1}), lo cual indica que se encuentran dentro

del grupo de mayor calibre comercial (Figura 4). Esta clasificación se basa en valores promedio y no considera la distribución de calibres dentro de cada muestra.

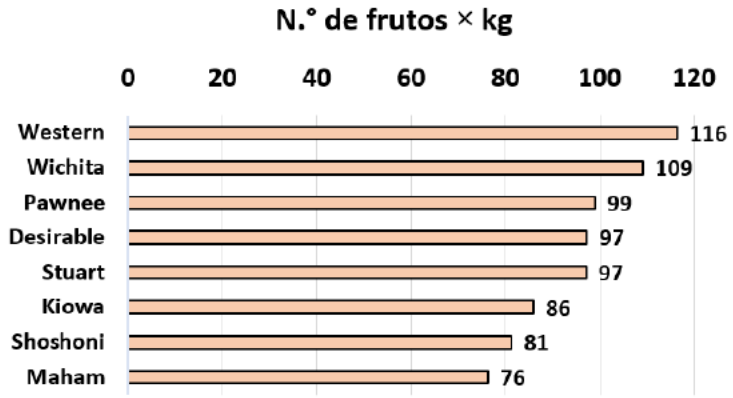

Figura 4. Calibre comercial de frutos en distintos cultivares de pecán, expresado como número de frutos por kilogramo

3.4 Calidad externa

La Figura 5 muestra las diferencias en el daño externo entre los distintos cultivares de pecán, destacando los tipos específicos de afectaciones presentes en cada uno. Los resultados se presentan como una comparación descriptiva, basada en una muestra uniforme de 100 frutos por cultivar.

El cultivar 'Stuart' presenta un 8% de frutos dañados, con la mayor incidencia en el daño por manchas. También se observan afectaciones por color fuera de tipo y daños de origen biológico, aunque en menor proporción. En el caso de 'Mahan', aproximadamente el 13% de los frutos presenta daño externo, con una mayor prevalencia de color fuera de tipo, además de daños por manchas y daños de origen biológico.

'Desirable' es el cultivar con el mayor porcentaje de daño externo, lo que afecta al 18% de los frutos. La principal causa fue la nuez rajada, lo que sugiere una mayor fragilidad de la cáscara ante condiciones ambientales o de crecimiento. También se observaron daños por manchas, color fuera de tipo y daño de origen biológico.

En 'Shoshoni', con un 8% de frutos afectados, el daño predominante es el ruezno adherido, acompañado por manchas y color fuera de tipo. En contraste, los cultivares 'Wichita', 'Pawnee' y 'Western' presentan daños mínimos o inexistentes, lo que resalta su resistencia general a los factores que afectan la calidad externa del fruto. Finalmente, 'Kiowa' muestra un bajo porcentaje de frutos dañados (2%), con una mayor incidencia de nuez rota. También se detectan daños biológicos, aunque en menor proporción.

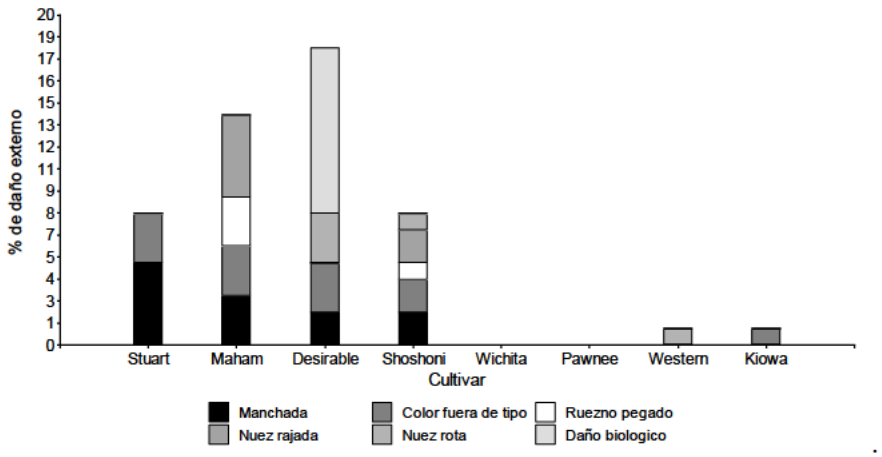

Figura 5. Porcentaje de daño externo en cultivares de pecán

3.5 Calidad interna

Los cultivares evaluados mostraron diferencias en la proporción de grano clasificado como comestible (Grado 1 + Grado 2) y no comestible (Grado 3). 'Wichita', 'Kiowa', 'Western' y 'Desirable' presentaron los valores más altos de grano comestible (97%), con solo un 3% de granos clasificados como no comestibles. 'Pawnee' y 'Stuart' registraron un 94% de grano comestible y un 6% de no comestibles. 'Shoshoni' alcanzó un 93% de granos comestibles y un 7% de no comestibles. Por otro lado, 'Mahan' mostró la menor proporción de grano comestible (83%), con un 17% correspondiente a no comestible (Grado 3), es decir, frutos clasificados como no aptos para el consumo (Figura 6).

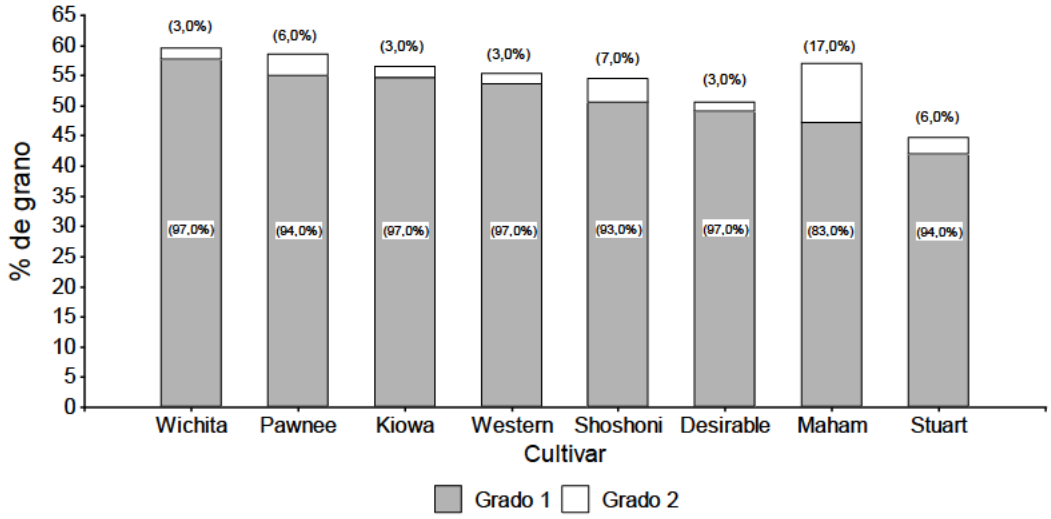

Figura 6. Porcentaje de grano comestible y no comestible en distintos cultivares de pecán

3.6 Composición de ácidos grasos

La composición de ácidos grasos, determinada mediante cromatografía de gases, permitió caracterizar los perfiles lipídicos de los ocho cultivares de pecán evaluados (Figura 7). Se observaron variaciones en los rendimientos de extracción de aceite y en la proporción de los principales ácidos grasos. Los cultivares 'Wichita' y 'Western' presentaron los mayores rendimientos de extracción (48,0% y 46,8%, respectivamente). 'Desirable' mostró el mayor contenido de ácido oleico (75,62%), mientras que 'Western' y 'Wichita' exhibieron los valores más altos de ácido linoleico (27,20% y 26,97%, respectivamente). También se registraron diferencias en la estabilidad oxidativa del aceite, con valores que oscilaron entre 20,9 horas ('Shoshoni') y 12,7 horas ('Wichita').

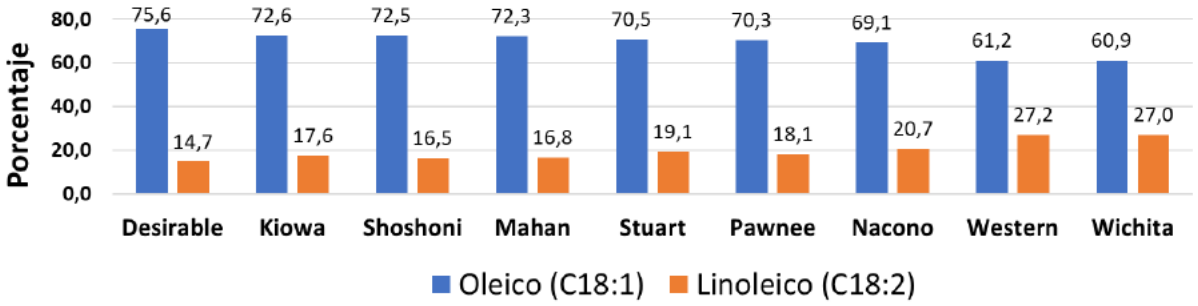

Figura 7. Contenido de ácidos grasos oleico (C18:1) y linoleico (C18:2) en ocho cultivares de pecán

4. Discusión

El cultivar 'Shoshoni' registró el mayor rendimiento en el presente estudio, tanto en términos de producción media anual (2,53 kg planta^{-1} año^{-1}) como acumulada (>17 kg planta^{-1}), con una producción destacada en 2024. Esta elevada productividad, significativamente superior a la del resto de los cultivares evaluados, evidencia una buena adaptación de 'Shoshoni' a las condiciones agroclimáticas del valle central de Catamarca. Resultados similares fueron reportados en la provincia de Tucumán, donde este cultivar también se destacó como el más productivo. No obstante, valores allí registrados fueron superiores, posiblemente debido a diferencias en el manejo agronómico y en la edad de los árboles, que en ese caso tenían 10 años y alcanzaron un rendimiento acumulado de 13,38 kg planta^{-1} (Mitrovich et al., 2019).

'Wichita' y 'Western' registraron rendimientos medios intermedios (1,42 y 1,41 kg planta^{-1} año^{-1}, respectivamente), sin diferencias significativas entre ellos, y un rendimiento acumulado cercano a 10 kg planta^{-1}, con una producción más estable a lo largo del tiempo. En comparación con estudios previos, el rendimiento acumulado de 'Wichita' resultó superior al reportado para árboles de 10 años en Tucumán (5,07 kg planta^{-1}) (Mitrovich et al., 2019), lo que refuerza la influencia del ambiente y el manejo local sobre la productividad.

Por otro lado, cultivares como 'Mahan', 'Desirable', 'Kiowa' y 'Pawnee' mostraron rendimientos bajos a intermedios (0,49 a 1,13 kg planta^{-1} año^{-1}), con mayor variabilidad interanual, lo que indica una respuesta menos estable bajo las condiciones locales. En particular, el rendimiento de 'Mahan' fue ligeramente inferior al reportado en Tucumán (1,42 kg planta^{-1} año^{-1}), mientras que 'Desirable' (1,82 kg planta^{-1} año^{-1}) y 'Kiowa' (4,4 kg planta^{-1} año^{-1}) mostraron valores inferiores a los registrados en esa provincia (Mitrovich et al., 2019). Cabe destacar que los datos de Tucumán corresponden a árboles de entre 9 y 13 años de edad (Mitrovich et al., 2019), lo que podría explicar, al menos en parte, las diferencias observadas.

En el caso de 'Pawnee', el rendimiento (0,76 kg planta^{-1} año^{-1}) fue comparable al reportado en Tucumán (0,56 kg planta^{-1} año^{-1}) y considerablemente menor que el obtenido en el Valle Inferior del Río Negro (VIRN), donde se registraron 3,08 kg planta^{-1} año^{-1} (Molina Carrizo, 2024). Esta variabilidad resalta la importancia de considerar la interacción genotipo × ambiente en la evaluación de los cultivares.

Bajo las condiciones edafoclimáticas del nordeste de la provincia de Buenos Aires, el cultivar 'Stuart' de 21 años presentó una alta productividad, con un rendimiento de 15,4 kg planta^{-1} (Pinelli, 2022). No obstante, en el presente estudio, la producción de este mismo cultivar fue significativamente menor, con valores inferiores a 0,5 kg planta^{-1}, en línea con lo reportado en Río Negro (Molina Carrizo, 2024). Esta diferencia contrasta con los datos registrados en la Universidad de Georgia, donde se observó una producción promedio de 21,90 kg planta^{-1} en montes de 10 años (Wells & Conner, 2009).

Por otro lado, los valores informados para plantas de 16 años en el Valle Inferior del Río Negro muestran producciones significativamente menores, con 0,197 kg planta^{-1} para 'Desirable' y 1,663 kg planta^{-1} para 'Kiowa' (Molina Carrizo, 2024). Estas diferencias pueden explicarse por las condiciones climáticas más frías y las limitaciones térmicas de la región, que podrían afectar la acumulación de biomasa y el desarrollo reproductivo de los árboles. Estudios previos han señalado que la acumulación de unidades de calor durante la temporada de crecimiento es determinante para la productividad del pecán (Dedekind, 2020).

En términos generales, los resultados obtenidos concuerdan con la tendencia observada en la literatura respecto a la influencia de la edad del árbol y el manejo agronómico sobre el rendimiento. Sin embargo, las marcadas variaciones en la producción entre diferentes regiones y estudios subrayan la necesidad de considerar factores ambientales y de manejo local al interpretar el desempeño de cada cultivar.

En cuanto a las características físicas de los frutos, se observaron diferencias significativas entre los cultivares. 'Mahan' se destacó por su mayor peso del fruto (13,11 g) y de grano (7,48 g), lo que lo posiciona como un cultivar de frutos grandes, aunque con cáscara relativamente delgada (1,01 mm), lo que podría afectar su resistencia al manejo poscosecha (Cambarieri & Frusso, 2022; Molina Carrizo, 2024). Por el contrario, 'Western' presentó los valores más bajos de peso de fruto (8,59 g), peso de grano (4,76 g) y dimensiones, lo que podría limitar su aceptación comercial, a pesar de su productividad estable.

El porcentaje de grano, indicador clave de eficiencia en el descascarado, fue superior al 55% en 'Wichita' (59,6%), 'Pawnee' (58,6%) y 'Mahan' (57%), posicionándolos como materiales de alto valor para la industria de frutos secos. 'Wichita', además, mostró baja variabilidad intracultivar, lo que indica una alta estabilidad en este atributo.

En contraste, 'Stuart' presentó el menor rendimiento al descascarado (44,7%), lo que, junto con su bajo rendimiento en campo, limita significativamente su potencial comercial en esta región. Comparando con los resultados obtenidos en el VIRN, se observan tendencias similares en la variabilidad del tamaño del fruto y el rendimiento al descascarado (Molina Carrizo, 2024). Por ejemplo, en ambos estudios, 'Kiowa' y 'Pawnee' se clasifican dentro de los tamaños grandes y medios, según la clasificación establecida anteriormente (SENASA, 2014), mientras que 'Desirable' presentó los valores más bajos en rendimiento al descascarado. Esta consistencia sugiere que las diferencias genéticas entre cultivares tienen un peso determinante en la expresión fenotípica, independientemente de las condiciones agroecológicas específicas de cada estudio.

La variabilidad observada en cultivares como 'Mahan' y 'Desirable' evidencia una mayor heterogeneidad en el desarrollo del fruto, posiblemente relacionada con condiciones de polinización, factores climáticos o diferencias en el manejo (Cambarieri & Frusso, 2022). En cambio, cultivares como 'Western' y 'Shoshoni' mostraron una distribución más homogénea de los datos, lo que se asocia a una expresión más estable de los caracteres evaluados.

En conjunto, los resultados obtenidos evidencian la importancia de evaluar múltiples variables al momento de seleccionar cultivares de pecán para una región determinada. El rendimiento total, la eficiencia al descascarado, el tamaño del fruto y la estabilidad productiva deben ser considerados en forma integrada (Molina Carrizo, 2024). 'Shoshoni', 'Wichita' y 'Mahan' emergen como cultivares con buen potencial productivo y/o comercial bajo las condiciones del valle central de Catamarca, aunque la variabilidad interanual observada en algunos materiales sugiere la necesidad de continuar con estudios de largo plazo y ajustar las prácticas de manejo a cada genotipo.

En cuanto a la calidad externa del fruto, se observaron diferencias claras entre el tipo y la frecuencia de los daños. 'Desirable' fue el cultivar más afectado, con un 18% de frutos dañados, principalmente por nueces rajadas. Este tipo de daño podría indicar una mayor susceptibilidad de la cáscara a la fisura, posiblemente relacionada con factores ambientales específicos o desequilibrios en el desarrollo del fruto. 'Mahan' presentó un 13% de frutos con daños, donde predominó el color fuera de tipo, lo cual puede estar vinculado a variaciones en las condiciones climáticas, como temperaturas inadecuadas durante la maduración o a una acumulación insuficiente de horas de frío (Grageda Grageda et al., 2013).

En contraste, cultivares como 'Wichita', 'Pawnee' y 'Western' mostraron una incidencia mínima o nula de daño externo, lo que muestra una buena resistencia a factores bióticos y abióticos que afectan la apariencia comercial del fruto. 'Kiowa' también presentó bajo nivel de daño (2%), con mayor incidencia de nueces rotas. Estos resultados resaltan el potencial de ciertos cultivares para obtener frutos de buena presentación bajo las condiciones del valle central de Catamarca.

Respecto a la calidad interna, evaluada en función del porcentaje de grano comestible, se identificaron diferencias importantes entre los cultivares. 'Wichita', 'Kiowa', 'Western' y 'Desirable' mostraron los valores más altos de grano comestible (97%), indicando un buen comportamiento poscosecha y aptitud para su uso en la industria alimentaria. Estos cultivares se destacan por su alta proporción de frutos comercializables, lo que puede traducirse en una mayor rentabilidad para el productor.

'Pawnee' y 'Stuart' también mostraron un buen desempeño (94% de grano comestible), mientras que 'Shoshoni' tuvo un valor levemente inferior (93%). En el caso de 'Mahan', se registró la menor proporción de grano comestible (83%) y el porcentaje más alto de frutos no aptos para el consumo (17%), lo que sugiere mayor susceptibilidad a defectos internos y posibles desafíos en la poscosecha o la conservación. Estos datos indican que, si bien 'Mahan' presenta frutos grandes y con buen rendimiento al descascarado, su calidad interna puede representar una limitación comercial.

En lo que respecta a la composición de ácidos grasos, se observaron perfiles diferenciados entre cultivares, tanto en el rendimiento de extracción de aceite como en la proporción de ácidos grasos oleico (monoinsaturado) y linoleico (poliinsaturado). 'Wichita' y 'Western' mostraron los mayores rendimientos de extracción de aceite (48,0% y 46,8%, respectivamente), lo que los posiciona como materiales con alto potencial para la obtención de aceite, en línea con lo reportado en estudios anteriores (Ferrari et al., 2022; Panozzo et al., 2018).

'Desirable' se destacó por su alto contenido de ácido oleico (75,62%), lo que resalta su potencial para ser utilizado en productos donde se busque un alto contenido de grasas monoinsaturadas. Este ácido graso ha sido relacionado con beneficios para la salud, como la mejora de la salud cardiovascular y la reducción del riesgo de desarrollar diabetes tipo 2 (Batlle et al., 2023). Este hallazgo es consistente con estudios previos que resaltan el valor nutricional de los pecanes como fuente de ácido oleico, similar a los aceites de oliva (Descalzo et al., 2021).

En contraste, 'Western' y 'Wichita' presentaron los mayores contenidos de ácido linoleico (27,20% y 26,97%, respectivamente), contribuyendo también a un perfil saludable, dado que este ácido graso está asociado a efectos beneficiosos sobre el sistema inmune y metabólico (Descalzo et al., 2021; Ferrari et al., 2022; Panozzo et al., 2018). El ácido linoleico ha sido asociado con efectos positivos sobre la secreción de insulina y la regulación de la respuesta inmune e inflamatoria, lo que refuerza el perfil saludable del aceite de pecán (Rodríguez-Cruz et al., 2005).

En cuanto a la estabilidad del aceite, los resultados indicaron que 'Shoshoni' presentó la mayor estabilidad (20,9 horas), mientras que 'Wichita' mostró la menor (12,7 horas). La estabilidad del aceite es un factor crucial para su conservación y comercialización, ya que aceites más estables son menos propensos a la rancidez (Descalzo et al., 2021). Esta variabilidad en la estabilidad del aceite podría estar relacionada con la proporción de ácidos grasos insaturados presentes en los cultivares, ya que los ácidos grasos monoinsaturados, como el ácido oleico, tienden a conferir mayor estabilidad al aceite (Ferrari et al., 2022).

En conjunto, los resultados evidencian que la selección de cultivares de pecán no debe basarse únicamente en parámetros productivos, sino que también deben considerarse atributos de calidad externa e interna del fruto, así como la composición del aceite. Cultivares como 'Wichita' y 'Western' combinan buena calidad interna, alta eficiencia en la extracción de aceite y perfiles lipídicos saludables, mientras que 'Desirable' ofrece un aceite con alto contenido de ácido oleico, pero presenta mayor incidencia de daño externo. Por su parte, 'Mahan' destaca por el tamaño del fruto y el peso del grano, aunque su calidad interna y externa presenta limitaciones. Estas diferencias subrayan la necesidad de una evaluación integral de los materiales, especialmente en regiones como Catamarca, donde las condiciones edafoclimáticas pueden modificar la expresión fenotípica de cada cultivar.

5. Conclusión

Este estudio evidencia una notable variabilidad entre los cultivares de pecán evaluados en condiciones áridas y semiáridas de Catamarca, lo que subraya la importancia de una selección cuidadosa según los objetivos productivos y las condiciones locales. Cultivares como 'Shoshoni', 'Western' y 'Wichita' demostraron un alto potencial productivo, lo que los posiciona como opciones viables para plantaciones comerciales. En cambio, 'Mahan' y 'Desirable' mostraron rendimientos intermedios, lo que indica que, si bien son opciones posibles, requieren un manejo agronómico más intensivo. Por su parte, 'Stuart' y 'Pawnee' presentaron bajos rendimientos, lo que limita su recomendación en esta región y justifica la necesidad de estudios adicionales para comprender su comportamiento frente al clima local y las prácticas de cultivo.

Asimismo, se observó una marcada variabilidad en la calidad de la nuez entre cultivares, resaltando la necesidad de considerar atributos como el porcentaje de grano comestible y la resistencia a daños externos. En este sentido, 'Wichita', 'Kiowa', 'Western' y 'Desirable' sobresalen por su calidad interna y externa, lo que las convierte en alternativas prometedoras para el mercado industrial del pecán. No obstante, cultivares como 'Mahan' y 'Shoshoni' presentan limitaciones en cuanto a calidad, lo que podría ser compensado mediante ajustes en el manejo.

La composición de ácidos grasos también mostró diferencias entre cultivares, destacando el potencial del pecán no solo como fruto seco, sino como fuente de aceite de alta calidad. En conjunto, los resultados respaldan la viabilidad del cultivo en la región, siempre que se priorice la elección de cultivares adaptados y se apliquen estrategias de manejo orientadas a maximizar el rendimiento y la calidad.

Finalmente, esta investigación sienta las bases para futuras evaluaciones sobre la adaptación varietal, y resalta la necesidad de monitorear variables climáticas clave que permitan anticipar la producción anual y ajustar las prácticas en función de las condiciones locales y las demandas del mercado, para promover un sistema de producción más eficiente y sostenible.

Agradecimientos

Este trabajo se llevó a cabo en el marco de los proyectos del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), Argentina: 1.7.2.L1.PE.I062, 1.7.2.L1.PE.I105 y 1.7.2.L1.RIST.I226, a quienes se agradece el apoyo institucional y financiero brindado para la realización de esta investigación.

Transparencia de los datos

Datos disponibles: El conjunto completo de datos que respalda los resultados de este estudio se publicó en el propio artículo.

Declaración de contribución de los autores

	EAD	FJF	JJC	MSM	NAV	GNS	NFG	DEC
Conceptualization	■	■	■	■	■			■
Data curation	■			■				
Formal analysis	■							■
Funding acquisition								■
Investigation	■	■	■	■	■			■
Methodology	■	■		■	■		■	■
Project administration								■
Resources								■
Software								
Supervision		■	■	■	■			■
Validation							■	
Visualization	■	■				■		
Writing – original draft	■							
Writing – review and editing		■	■	■		■	■	■

Referencias

Batlle, I., Rovira, M., Aletà, N., Miarnau, X., Abel, J., Guàrdia, M., Lipan, L., Pérez de los Cobos, F., Casadó, V., & Romero, A. (2023). Frutos secos en la península ibérica: Presente y futuro. *Revista de Fruticultura*, *91*, 6-47. http://hdl.handle.net/20.500.12327/2474

Cambarieri, S., & Frusso, E. (2022). Adaptabilidad y crecimiento de variedades de pecán en el Sudeste Bonaerense. *Visión Rural*, *28*(140), 46-48. https://repositorio.inta.gob.ar/bitstream/handle/20.500.12123/11174/INTA_CRBsAsSur_EEABalcarce_Cambareri_S_Adaptabilidad_crecimiento_variedades_pecán.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Carabajal, D. E. (2016). *Caracterización morfológica, fenológica y productiva de cinco nuevas variedades de nogal (Juglans regia L.)* [Master's thesis, Universidad Nacional del Litoral]. INTA Digital. http://hdl.handle.net/20.500.12123/12216

Cerna-Cortés, J. F., Simpson, J., Martínez, O., & Martínez-Peniche, R. A. (2003). Measurement of genetic diversity of native pecán [*Carya illinoinensis* (Wangenh.) K. Koch] populations established in Central México and correlation with dichogamous flowering using AFLP. *Journal of Food, Agriculture and Environment, 1*(3-4), 168-173. https://doi.org/10.1234/4.2003.425

Cluster del Pecán. (2024). *Procedimiento de muestreo de calidad de nueces pecán* [Video]. https://www.youtube.com/watch?v=iehimwSa9r8

Dedekind, R. E. (2020). *Investigating the vegetative development and yield of pecán* [Master's thesis, Stellenbosch University]. https://scholar.sun.ac.za/handle/10019.1/107830

Delgado, E. A. (2023). *Adecuación genotipo–ambiente del nogal europeo y del pecán en las regiones nogaleras actuales y potenciales de Catamarca* [Doctoral dissertation, Universidad Nacional de Catamarca]. INTA Digital. http://hdl.handle.net/20.500.12123/15611

Descalzo, A. M., Biolatto, A., Rizzo, S. A., Pérez, C. D., Frusso, E. A., Carduza, F., & Rossetti, L. (2021). Oxidative stability parameters and sensory properties of in-shell" Stuart" pecans [*Carya illinoinensis* (Wangenh.) K. Koch] stored at different temperatures under non-accelerated conditions. *Postharvest Biology and Technology*, *179*, Article 111591. https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2021.111591

Di Rienzo, J. A., Casanoves, F., Balzarini, M. G., González, L., Tablada, M., & Robledo, C. W. (2020). *InfoStat* (Version 2020) [Software]. Universidad Nacional de Córdoba.

Eneroth, H., Wallin, S., Leander, K., Nilsson Sommar, J., & Åkesson, A. (2017). Risks and benefits of increased nut consumption: Cardiovascular health benefits outweigh the burden of carcinogenic effects attributed to aflatoxin B_1 exposure. *Nutrients*, *9*(12), Article 1355. https://doi.org/10.3390/nu9121355

Ferrari, V., Gil, G., Heinzen, H., Zoppolo, R., & Ibáñez, F. (2022). Influence of cultivar on nutritional composition and nutraceutical potential of pecán Growing in Uruguay. *Frontiers in Nutrition*, *9*, Article 868054. https://doi.org/10.3389/fnut.2022.868054

Frusso, E. A. (2007). Características morfológicas y fenológicas del pecan. In S. Lavado (Ed.), *Producción de pecán en Argentina* (pp. 1-13). INTA Delta del Paraná.

Frusso, E. A. (2013). *Influencia del nitrógeno, fósforo y cinc sobre la composición química y rendimiento de la nuez pecán y su relación con la variabilidad de nutrientes en hoja* [Master's thesis, Universidad de Buenos Aires]. FAUBA Digital. http://ri.agro.uba.ar/files/download/tesis/maestria/2014frussoenriquealberto.pdf

Grageda Grageda, J., Fu Castillo, A. A., Valdez Gascón, B., Núñez Moreno, J. H., Jiménez Lagunes, A., Sabori Palma, R., & Urías García, E. (2013). El clima y la producción de nogal pecanero. In J. Grageda Grageda, J. H. Núñez Moreno, L. A. Maldonado Navarro, G. Martínez Díaz, & F. Vieira de Figueiredo (Eds.), *XIV Simposio Internacional de Nogal Pecanero* (pp. 57-68).

INTA Argentina. (2020). *Opciones tecnológicas para optimizar la producción de frutos secos nogal, pecán y almendro* [Video]. https://www.youtube.com/watch?v=PP_w0Yw6EPU

Mitrovich, N., Valdez, I., Aranda, N., Figueroa, D., Athayde Moncorvo Collado, G., & Salas López, H. (2019). *Pecan, alternativa de diversificación para Tucumán, resultados preliminares*. *Avance Agroindustrial*, *40*(3), 18-23. https://www.eeaoc.gob.ar/wp-content/uploads/2020/01/403-06Fruticultura.pdf

Mokari, E., Samani, Z., Heerema, R., & Ward, F. (2021). Evaluation of long-term climate change impact on the growing season and water use of mature pecán in Lower Rio Grande Valley. *Agricultural Water Management*, *252*, Article106893. https://doi.org/10.1016/j.agwat.2021.106893

Molina Carrizo, N. G. (2024). *Fenología y características agronómicas del pecán [Carya illinoinensis (Wangenh.) K. Koch] en el Valle Inferior del Río Negro* [Bachelor's thesis, Universidad Nacional de Río Negro]. Repositorio Institucional Digital. http://rid.unrn.edu.ar/handle/20.500.12049/11516

Núñez Moreno, H. J., Márquez Cervantes, A., Martínez Díaz, G., & Grageda Grageda, J. (2013). Uso de reguladores de crecimiento durante la brotación del nogal. In *XIV Simposio Internacional de Nogal Pecanero* (pp. 76-80).

Panozzo, M. G., Biolatto, A., Consiglio Diez, L. M., Urbani, V. M., & Zapata, L. M. (2018). Composición de ácidos grasos de aceites de distintas variedades de nuez pecán [*Carya illinoinensis* (Wangenh.) K. Koch] cultivadas en la provincia de Entre Ríos. In A. Biolatto, S. Guidi, M. Nanni & L. Troilo. *Desarrollos tecnológicos en el marco del Programa Nacional de Agroindustria y Agregado de Valor* (pp. 35-39). INTA. http://hdl.handle.net/20.500.12123/17683

Pinelli, M. (2022). *Evaluación del rendimiento y calidad de dos variedades de pecán Carya illinoinensis Wangenh. K. Koch: Pawnee y Stuart* [Bachelor's thesis, Universidad Nacional Arturo Jauretche]. RID-UNAJ. https://rid.unaj.edu.ar/handle/123456789/2480

Rodríguez-Cruz, M., Tovar, A. R., del Prado, M., & Torres, N. (2005). Mecanismos moleculares de acción de los ácidos grasos poliinsaturados y sus beneficios en la salud. *Revista de Investigación Clínica*, *57*(3), 457-472.

Servicio Meteorológico Nacional. (2023). *Estadísticas climáticas.* Ministerio de Defensa. https://www.smn.gob.ar/estadisticas

Servicio Nacional de Sanidad y Calidad Agroalimentaria. (2014). *Resolución SENASA N° 0446/2014*. Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca. https://digesto.senasa.gob.ar/items/show/630

Trabichet, F. C. (2023). *Determinación de la aptitud para la producción de nogal pecán en la provincia de Catamarca utilizando sistemas de información geográfica* [Doctoral dissertation, Universidad Nacional del Litoral]. Biblioteca Virtual. https://hdl.handle.net/11185/7323

Unión Internacional para la Protección de las Obtenciones Vegetales. (2015). *Nogal pecanero: Carya illinoinensis (Wangenh.) K. Koch*. https://www.upov.int/edocs/tgdocs/es/tg308.pdf

United States Department of Agriculture. (2024). *United States standards for grades of pecans in the shell*. https://www.ams.usda.gov/sites/default/files/media/PecansintheShellStandards.pdf

Wells, M. L., & Conner, P. J. (2009). *Pecán varieties for Georgia orchards* (Circular 898). University of Georgia. https://hdl.handle.net/10724/12357