

## Incidencia y daños ocasionados por *Xanthomonas arboricola* pv. *juglandis* en la estructura de los frutos del nogal (*Juglans regia* L.) en Río Negro, Argentina

Incidence and damage cause by *Xanthomonas arboricola* pv. *juglandis* in the structure of the fruits of the Walnut tree (*Juglans regia* L.) in Río Negro, Argentina

Incidência e danos causados por *Xanthomonas arboricola* pv. *juglandis* na estrutura dos frutos da nogueira (*Juglans regia* L.) em Río Negro, Argentina

**Chorolque, Amelia Amanda**<sup>1,2</sup> ; **Hernández, Luis Francisco**<sup>3,4</sup> ; **Pozzo Ardizzi, María Cristina**<sup>2</sup>; **Gajardo, Omar Ariel**<sup>2</sup> ; **Avilés, Lucrecia María**<sup>2</sup> ; **Fernandez, Diana**<sup>5</sup> 

<sup>1</sup> CONICET

<sup>2</sup> Universidad Nacional del Comahue, Centro Universitario Regional Zona Atlántica.

<sup>3</sup> Departamento de Agronomía, Universidad Nacional del Sur.

<sup>4</sup> Comisión de Investigaciones Científicas de la Provincia de Buenos Aires (CIC).

<sup>5</sup> INTA Valle Medio.

ameliachorolque@gmail.com

**DOI:** <https://doi.org/10.35305/agro44.e045>

**Recibido:** Mayo 2024    **Aceptado:** Octubre 2024

### Resumen

En Río Negro, el tizón bacteriano es la principal enfermedad del cultivo de nogal. El objetivo de este trabajo fue evaluar la incidencia de la enfermedad, sobre los frutos en diferentes estados de desarrollo y determinar el daño que produce sobre las nueces destinadas para la comercialización con cáscara, en dos cultivares en los valles Inferior y Medio. Los muestreos se realizaron durante dos temporadas (2018/19 y 2019/20). La incidencia de la enfermedad en fruto (IEF), se determinó desde noviembre a marzo, sobre muestras de los cultivares Chandler y Franquette. Para determinar el daño externo sobre la cáscara y el daño en cáscara y semilla, se observaron y clasificaron las muestras del último muestreo. En Valle Inferior en ambas temporadas, la IEF registró diferencias significativas entre los cultivares para cada fecha, siendo mayor en Chandler. Los resultados similares se observaron en el 2018/19, en Valle Medio y en el 2019/20, entre cultivares no se registró diferencias. En ambos valles en el 2018/19, Chandler presentó un mayor porcentaje de daño sobre la cáscara. Los valores registrados en Valle inferior, exceden los límites de tolerancia para la comercialización con cáscara en Chandler, para ambas temporadas. En 2018/19 y 2019/20 Franquette calificó como categoría extra, mientras que en Valle Medio ambos cultivares se ubicaron en distintas categorías. Los valores de daños en cáscara y semilla fueron similares, en los dos valles.

**Palabras clave:** calidad del fruto; tizón bacteriano; Chandler; Franquette

### Abstract

In Río Negro, bacterial blight is the main disease of Walnut crops. The objective of this work was to evaluate the incidence of the disease on fruits in different stages of development and determine the damage it produces on nuts intended for marketing in shell, in two cultivars in the Inferior and Medio valleys. Sampling was carried out during two seasons (2018/19 and 2019/20). The incidence of the disease in fruit (IEF) was determined from november to march, on samples of the Chandler and Franquette cultivars. To determine the external damage on the shell and the damage to the shell and seed, the samples from the last sampling were observed and classified. In Valle Inferior in both seasons, the IEF recorded significant differences between the cultivars for each date, being greater in Chandler. Similar results were observed in 2018/19, in Valle Medio and in 2019/20, no differences were recorded between cultivars. In both valleys in 2018/19, Chandler had a higher percentage of shell damage. The values recorded in the Lower Valley exceed the tolerance limits for in-shell marketing in Chandler, for both seasons. In 2018/19 and 2019/20 Franquette qualified as an extra category, while in Valle Medio both cultivars were placed in different categories. The values of damage to shell and seed were similar in the two valleys.

**Keywords:** fruit quality; bacterial blight; Chandler; Franquette

## Resumo

Em Río Negro, a ferrugem bacteriana é a principal doença das culturas de nozes. O objetivo deste trabalho foi avaliar a incidência da doença em frutos em diferentes estágios de desenvolvimento e determinar os danos que produz em nozes destinadas à comercialização com casca, em duas cultivares do Inferior e Medio Vale. A amostragem foi realizada durante duas temporadas (2018/19 e 2019/20). A incidência da doença em frutos (IEF) foi determinada de novembro a março, em amostras das cultivares Chandler e Franquette. Para determinar os danos externos na casca e os danos na casca e na semente, as amostras da última amostragem foram observadas e classificadas. No Valle Inferior em ambas as épocas o IEF registrou diferenças significativas entre as cultivares para cada época, sendo maior em Chandler. Resultados semelhantes foram observados em 2018/19, em Valle Medio e em 2019/20, não foram registradas diferenças entre cultivares. Em ambos os vales em 2018/19, Chandler teve uma porcentagem maior de danos causados por projéteis. Os valores registrados em Valle Inferior ultrapassam os limites de tolerância para comercialização in shell em Chandler, para ambas as temporadas. Em 2018/19 Franquette qualificou-se como categoria extra, enquanto em Valle Medio ambas as cultivares foram colocadas em categorias diferentes. Os valores de danos e a semente foram semelhantes nos dois vales.

**Palavras-chave:** qualidade de frutos; mancha bacteriana; Chandler; Franquette

## Introducción

El nogal (*Juglans regia* L.) es uno de los frutales cultivados más antiguos en el mundo. En Argentina la superficie implantada es de 17.293 hectáreas, se localiza en áreas tradicionales de Catamarca, Mendoza y La Rioja. Estas provincias suman el 85 % de la producción nacional total. Mientras que, en la provincia de Río Negro, la superficie es de 1.250 hectáreas ([Cólica et al., 2023](#)). Estas plantaciones se realizan en densidades altas y medias, con plantas injertadas principalmente con las variedades Chandler y Franquette ([Iannamico, 2009](#); [Del Barrio y Martin, 2011](#); [Bouhier et al., 2018](#)).

En la mayoría de las regiones productoras a nivel mundial, las plantaciones son afectadas por la bacteriosis del nogal, causada por la bacteria *Xanthomonas arboricola* pv. *juglandis* ([Kim et al., 2021](#); [Moragrega y Llorente, 2023](#)). En los valles irrigados de Río Negro constituye la enfermedad más importante del cultivo ([Bouhier, 2017](#); [Gallo, 2018](#)).

Existen trabajos previos relacionados con la caracterización morfológica y genética de *Xanthomonas arboricola* pv. *juglandis* ([Romero Suarez et al., 2012](#); [Kaluzna et al., 2014](#); [Giovanardi et al., 2016](#); [Assis et al., 2021](#); [Kim et al., 2021](#)), así como también sobre la susceptibilidad de los cultivares frente a la enfermedad ([Flores et al., 2004](#); [Lang y Evan, 2010](#); [Valegas et al., 2012](#); [Chorolque et al., 2021](#); [Blagoeva, 2022](#)), la definición de las variables ambientales predisponentes para el desarrollo del patógeno ([Flores et al., 2004](#); [Scortichini et al., 2010](#); [Moragrega y Llorente, 2023](#)) y se han desarrollado modelos matemáticos para estimar el progreso epidémico de la bacteriosis en diferentes cultivares ([Adaskaveg et al., 2009](#); [Lindow et al., 2014](#); [Seta et al., 2021](#); [Moragrega y Llorente, 2023](#)). La mayoría de estos trabajos provienen de observaciones realizadas sobre hojas y frutos inmaduros. También se ha reportado para los Valles irrigados de Río Negro, que la enfermedad en condiciones predisponentes para su desarrollo tales como humedad relativa (95 %), precipitaciones, con temperaturas entre 16 °C y 29 °C ([Ginibre y Prunet, 2001](#); [Flores et al., 2004](#)), puede ocasionar pérdidas de hasta el 70 % en la producción ([Tamparini et al., 2014](#); [Bouhier, 2017](#)).

Las primeras infecciones de la bacteria, sobre el fruto progresan hacia el interior de los tejidos, provocando la caída prematura del fruto. Cuando la infección ocurre luego de la lignificación de la cáscara, los frutos afectados permanecen en el árbol hasta la madurez, pero de todos modos se pueden observar manchas en la cáscara ([Ninot et al., 2002](#); [Lamichhane, 2014](#); [Moragrega y Llorente, 2023](#)), lo que perjudica la comercialización de la nuez sin pelar por la pérdida de la calidad.

La calidad de la nuez con cáscara, se determina de acuerdo a diversos parámetros de tipificación, por su tamaño, peso, el aspecto de la cáscara, la soldadura de las valvas y la facilidad de extracción de la semilla ([Iannamico, 2009](#)). Para la comercialización de la nuez con

cáscara, se establecieron tres categorías de calidad (extras, categoría I y categoría II), en base a diferentes defectos externos: forma, trizadas, unidades vanas, cáscara abierta, daños por enfermedades, insectos y arácnidos, manchas y defectos de color, materias extrañas, desuniformidad en calibre, pelón adherido, alteraciones internas y estos parámetros poseen valores de tolerancia (Resolución N° 453/13 Ministerio de Agricultura y Pesca-Servicio Nacional de Sanidad y Calidad Agroalimentaria). Los defectos externos producidos por la bacteriosis sobre la nuez (manchas y defectos de color) genera pérdidas en la calidad, por lo tanto, es importante determinar el daño que ocasiona esta enfermedad sobre las nueces destinadas a la comercialización con cáscara.

El objetivo de este trabajo fue evaluar la incidencia del tizón bacteriano, sobre los frutos en diferentes estados de desarrollo, en dos de los principales cultivares de nogal implantados en el Valle Inferior y Valle Medio de Río Negro y determinar el daño que produce la enfermedad sobre los frutos destinados a la comercialización con cáscara.

## **Materiales y métodos**

### **Caracterización del sitio de estudio**

Los muestreos se llevaron a cabo durante las temporadas 2018/19 y 2019/20, en el Valle Inferior y Valle Medio de Río Negro. El establecimiento seleccionado en el Valle Inferior, ubicado en la localidad de Viedma (40°47' S.; 63°12' O.), cuenta con una superficie de aproximadamente 5 ha, implantadas con los cultivares seleccionados según el siguiente esquema productivo: 2,5 ha de Chandler, con un marco de plantación de 9 x 7 m, con polinizadoras del cv. Cisco, y 2,5 ha de Franquette, con un marco de plantación de 7 x 7 m, con polinizadoras de la variedad Ivarto INTA. Estos cultivares fueron implantados en el 2005, están conducidos bajo la modalidad de eje central modificado y disponen de riego gravitacional por manto.

El establecimiento seleccionado en Valle Medio, se encuentra ubicado en la localidad de Luis Beltrán (39° 33' S.; 65° 77' 0.), y cuenta con una superficie de 8 ha implantadas con nogales. De dicha superficie, 5,5 ha corresponden al cv. Chandler, con un marco de plantación de 8 x 10 m, y 1 ha al cv Franquette, con un marco de plantación de 10 x 10 m. Ambos cultivares fueron implantados en el año 1992 y fueron reinjertados en el año 2007. Al igual que en el establecimiento seleccionado en el Valle Inferior, todas las plantas están conducidas con eje central modificado, con riego gravitacional por manto.

Los tratamientos químicos preventivos para la bacteriosis tales como oxiclورو de cobre (dosis: 400 g/100 L, concentración: 50 %), hidróxido de cobre (dosis: 400 g/100 L concentración: 50 %), y mancozeb (dosis: 200 g/100 L concentración: 80 %), en ambas temporadas y sitios de estudio, se realizaron en los estados fenológicos de yema hinchada, inicio de crecimiento de la inflorescencia masculina, y a los 7-10 días (desarrollo de las primeras hojas y separación de los estigmas). Luego, los tratamientos se repitieron en caso de precipitaciones. En cada sitio de estudio seleccionado, se diagramó un diseño experimental de muestreo acorde a la distribución de los cultivares. Se optó por bloques completos aleatorizados, con cuatro repeticiones. Cada bloque estuvo conformado por dos unidades experimentales (cultivares) de cuatro árboles cada una. Se evaluaron 16 árboles de cada cultivar en cada temporada.

Las variables ambientales de cada sitio (temperatura máxima y mínima, cantidad y frecuencia de las precipitaciones), durante las temporadas estudiadas, se obtuvieron de las estaciones meteorológicas del INTA del Valle Inferior y Valle Medio, Luis Beltrán.

### **Incidencia de la enfermedad en frutos**

La incidencia de la enfermedad en frutos (IEF), en ambas temporadas y sitios, se determinó sobre muestras recolectadas desde noviembre a marzo, considerando las semanas después de la

plena floración (SDPF) en cada cultivar (Pinney *et al.*, 1998). En la [tabla 1](#), se detallan las fechas de muestreo y SDPF para Franquette y Chandler, durante las temporadas 2018/19 y 2019/20 en el Valle Inferior y Valle Medio de Río Negro. Se muestrearon 20 frutos al azar, de cada unidad experimental, ubicados entre 2 y 2,5 m, aproximadamente del suelo. Dado que las drupas involucradas se desarrollan durante los meses de primavera-verano, en cada muestreo se disponía de frutos en diferentes estados de desarrollo, según los cultivares ([Tabla 2](#)).

**Tabla 1:** Fechas de muestreo y semanas transcurridas después de la floración en los cultivares Franquette y Chandler.

Valle	Temporada	Fechas de muestreos	Semanas después de la plena floración (SDPF)	
			Franquette	Chandler
Inferior	2018/19	17-nov.	2	4
		18-dic.	7	9
		20-feb.	16	18
		29-mar.	23	25
	2019/20	29-nov.	3	5
		21-dic.	6	8
		10-feb.	14	16
		31-mar.	21	23
Medio	2018/19	13-nov.	3	4
		27-dic.	9	10
		03-mar.	19	20
		30-mar.	23	24
	2019/10	16-nov.	2	4
		17-dic.	7	9
		19-feb.	16	18
		28-mar.	21	23

**Tabla 2:** Estados fenológicos del fruto en los diferentes muestreos.

Muestreos	Estados fenológicos de los Cultivares	
	Chandler	Franquette
Primero	Estigmas secos	Inicio de oscurecimiento de estigmas
Segundo	Inicio de la lignificación de la cáscara	Cáscara sin lignificar
Tercero	Cáscara totalmente lignificada	Cáscara totalmente lignificada
Cuarto (*)	Madurez de cosecha (proceso de apertura del pericarpo)	Madurez de cosecha (proceso de apertura del pericarpo)

(\*) En el último muestreo, los frutos se recolectaron antes de la apertura total o dehiscencia del pericarpo e inicio de la caída de la nuez al suelo.

La IEF, se registró teniendo en cuenta el número de frutos enfermos con respecto al número total por muestra, para cada cv. según Ec. (1).

$$\text{IEF (\%)} = \frac{\text{N}^\circ \text{ de frutos enfermos}}{\text{N}^\circ \text{ total de frutos por muestra}} \times 100$$

### **Daño externo sobre la cáscara y pérdida total del fruto por bacteriosis**

En el último muestreo (fines de marzo) en cada temporada y sitio, las muestras se clasificaron en frutos con y sin síntomas de bacteriosis. En aquellos frutos que presentaban síntomas se observaron daños sobre la cáscara (cáscara manchada y semilla sin síntomas) ([Figura 1 A](#)) y en la semilla (frutos completamente afectados) ([Figura 1 B](#)), con la finalidad de determinar el porcentaje de defecto externo sobre la cáscara y la pérdida total de los frutos, ocasionados por la bacteriosis del nogal.



**Figura 1:** Fruto con síntomas sobre la cáscara y semilla sana (A). Frutos completamente afectados por la bacteria (B). La barra representa 1 cm.

Con los datos de incidencia de la enfermedad en frutos, se compararon los cultivares en cada muestreo, temporada y para cada sitio por separado. Para el análisis estadístico de daños sobre la cáscara y frutos con síntomas sobre la cáscara y semilla, se utilizó ANOVA a dos vías de clasificación: temporada (2018/19 y 2019/20) y cultivar (Franquette y Chandler). Se analizaron los dos sitios por separado, con la finalidad de considerar los posibles efectos climáticos sobre el comportamiento de la enfermedad en cada zona. Los valores fueron sometidos a ANOVA, test de comparaciones múltiples de Fisher ( $p < 0,05$ ). Para el análisis se utilizó el paquete estadístico INFOSTAT ([Di Rienzo et al., 2008](#)).

## **Resultados y discusión**

### **Incidencia de la enfermedad en frutos**

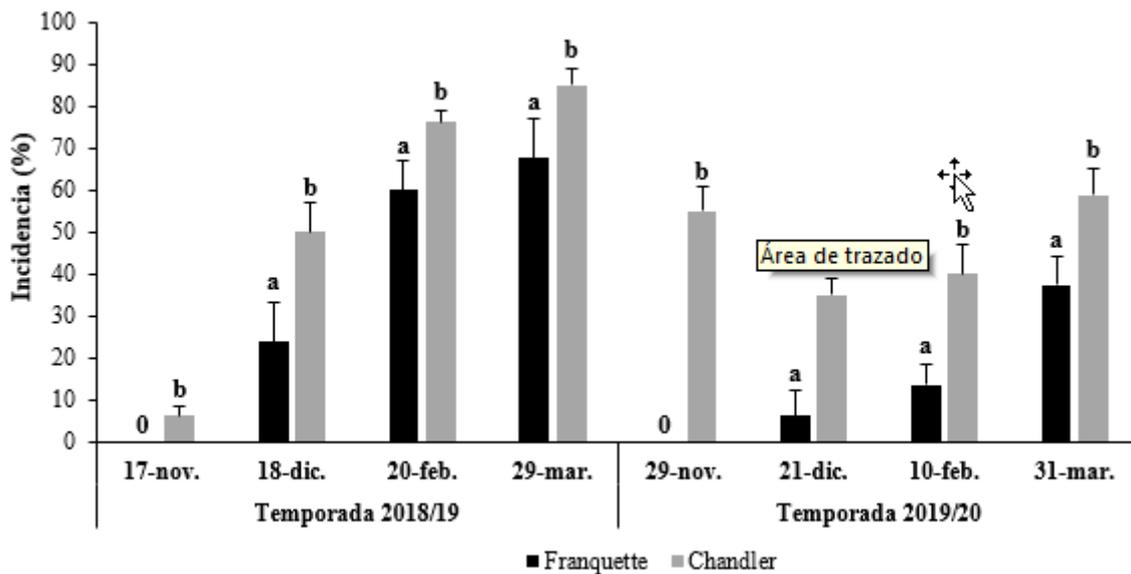
Los síntomas de la enfermedad observados en este trabajo y producidos sobre los frutos fueron manchas húmedas, circulares o irregulares de color negro, que luego se necrosaron. Estos síntomas coinciden con los reportados previamente por otros autores ([Miller y Bollen, 1946](#); [Flores et al., 2004](#); [Belisario, 2005](#); [Lamichhane, 2014](#); [Kim et al., 2021](#); [Seta et al., 2021](#)). Las dimensiones de las lesiones variaron desde unos pocos milímetros cuadrados, hasta abarcar más de la mitad del fruto, y en casos extremos, pudieron cubrir la totalidad de la superficie ([Figura 2 A y B](#)).



**Figura 2:** Síntomas de *Xanthomonas arboricola* pv. *juglandis* en frutos de nogal. Pequeñas dimensiones (A) y fruto totalmente afectado (B). Las barras representan 1 cm.

En el sitio Valle Inferior, en la temporada 2018/19, en el primer muestreo no se registraron síntomas de bacteriosis en el cv. Franquette, pero sí en el cv. Chandler (6 %). En el segundo y tercer muestreo en ambos cultivares se observaron incrementos en la IEF, registrándose diferencias significativas ( $p = 0,0044$  y  $p = 0,0048$ , respectivamente) (Figura 3), siendo mayor en Chandler. En el último muestreo el cv. Franquette presentó un porcentaje menor de incidencia (67 %) con respecto a Chandler (85 %), registrando diferencias ( $p = 0,0152$ ) (Figura 3).

En el primer muestreo en la temporada 2019/20, sólo se registraron síntomas de bacteriosis en los frutos del cv. Chandler (55 % IEF), en los siguientes muestreos se mantuvieron las diferencias significativas entre los cultivares (21/12:  $p = 0,0003$ , 10/02:  $p = 0,0008$  y 31/03:  $p = 0,0033$ ), siendo menor en Franquette (Figura 3).



**Figura 3:** Incidencia de *Xanthomonas arboricola* pv. *juglandis* sobre frutos de diferentes cultivares de nogal en el Valle Inferior de Río Negro. Las barras con letras distintas indican diferencias significativas según el test de comparaciones múltiples de Fisher ( $p < 0,05$ ), para cada fecha.

La magnitud del incremento, desde el primero al cuarto muestreo de la IEF entre temporadas fue diferente, siendo mayor en la temporada 2018/19, en ambos cultivares. Esto podría

atribuirse a las diferentes condiciones ambientales. En esta temporada, antes del segundo muestreo se registraron 28 eventos pluviométricos mientras que, en el período del 2019/20, sólo 13 (Tabla 3). La mayor cantidad de veces en que los tejidos permanecieron mojados durante varias horas, en la primera temporada y sumado a las condiciones óptimas de temperatura (entre 15°-25° C) generaron un mayor número de periodos críticos, con condiciones favorables para el desarrollo de las infecciones en los frutos recién formados. Si bien la frecuencia de precipitaciones durante los meses de verano fue semejante en ambas temporadas (Tabla 3), las diferencias en la IEF entre temporadas, se atribuirían a las condiciones ambientales durante la primavera. estos valores concuerdan con los resultados obtenidos por Giovanardi (2010), quien señala que la enfermedad se desarrolla rápidamente y genera daños severos en primaveras lluviosas. | Tabla: se podría corregir los valores enteros, agregaría coma (,) y un decimal: por ejemplo: 25,0 para que quede centrado los números en cada columna

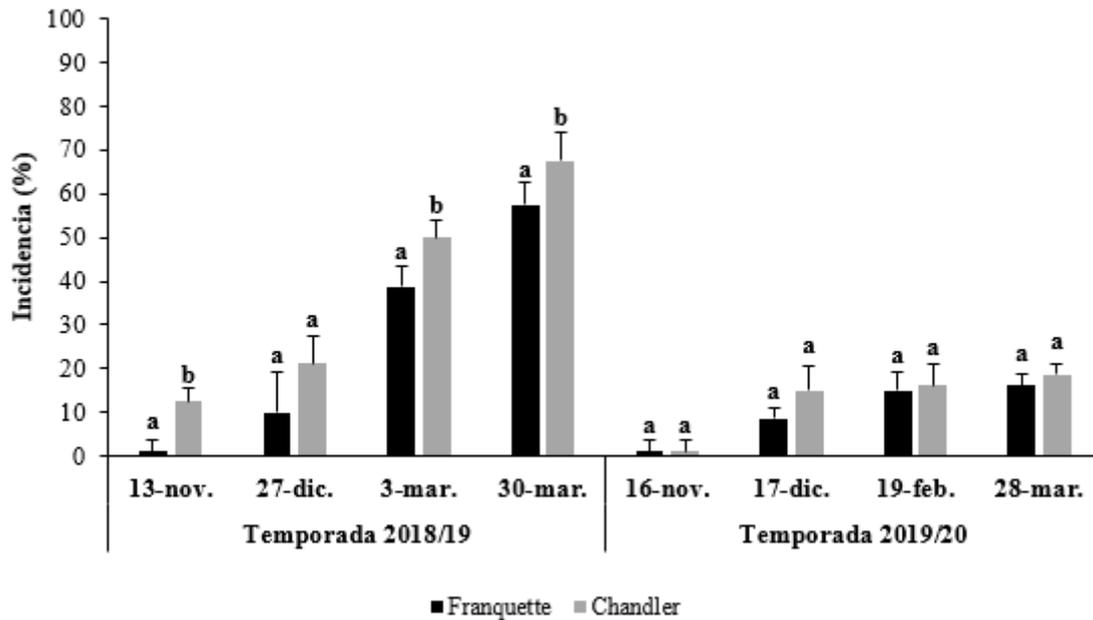
**Tabla 3:** Condiciones climáticas del Valle Inferior de Río Negro. Datos registrados por la Estación Experimental Agropecuaria INTA Valle Inferior.

Temporada	Mes	Promedio T° Máx. (°C)	Promedio T° Mín. (°C)	Total Prec. (mm)	Días con lluvia
2018-2019	Oct.	20,2	6,9	27,4	11
	Nov.	25	9,9	54	12
	Dic.	29,3	12,2	61,8	12
	Ene.	29,6	13,3	13,2	3
	Feb.	28,7	12,7	5,1	4
	Mar.	25,2	9,9	50,9	8
2019-2020	Oct.	21,7	7	45,5	5
	Nov.	26	10,9	17,5	6
	Dic.	29	12,5	20,8	5
	Ene.	30,3	13,3	21	6
	Feb.	28,8	13,3	38,5	6
	Mar.	29,9	14,2	48,3	5

T°. Máx.: Temperatura máxima. T°. Mín.: Temperatura mínima. Prec.: Precipitaciones

Las diferencias entre cultivares con respecto a la incidencia se podría explicar por el tipo de fructificación. Chandler es de fructificación lateral, mientras que Franquette es de fructificación apical. Arnaudov *et al.* (2014), determinaron que los cultivares de fructificación lateral son más susceptibles a la bacteriosis del nogal en comparación con los cultivares de fructificación apical. En el sitio Valle Medio en la temporada 2018/19, en el primer muestreo se registró la IEF en ambos cultivares, aunque en Chandler fue mayor que en Franquette (12 % vs 1 %), en el segundo muestreo no se registraron diferencias significativas entre los cultivares ( $p = 0,0887$ ), con el transcurso del ciclo productivo, se produjeron incrementos significativos (03/03:  $p = 0,0117$ ; 30/03:  $p = 0,0498$ ), siendo menor la IEF en Franquette (Figura 4).

En la temporada 2019/20, ambos cultivares iniciaron con valores de IEF similares y muy bajos (1 %). En los siguientes muestreos tampoco se observó diferencia entre los cultivares (Franquette: 16 % y Chandler: 18 %, al finalizar el ciclo) (Figura 4).



**Figura 4:** Incidencia de *Xanthomonas arboricola* pv. *juglandis* sobre frutos de diferentes cultivares de nogal en el Valle Medio de Río Negro. A. Las barras con letras distintas indican diferencias significativas según el test de comparaciones múltiples de Fisher ( $p < 0,05$ ), para cada fecha.

Al analizar los resultados de la incidencia de la enfermedad entre temporadas, los incrementos fueron inferiores en el 2019/20 con respecto al 2018/19. Esto se puede asociar a que antes del segundo muestreo, en el 2018/19 se registraron 35 eventos pluviales, mientras que el 2019/20, sólo se produjeron 10. Cuando se examinaron los registros durante el verano, en ambas temporadas, se observó que el registro de días con precipitaciones fue mayor en la temporada 2019/20 (8 a 15 eventos de lluvia) (Tabla 4). Este resultado permite inferir que el efecto más relevante de las precipitaciones sobre la difusión de patógeno y consecuente desarrollo de los síntomas, se produce en primavera, cuando los frutos están desarrollándose.

[comentario de la tabla 3.](#)

**Tabla 4:** Condiciones climáticas del Valle Medio de Río Negro. Datos registrados por la Estación Experimental INTA Valle Medio, Luis Beltrán.

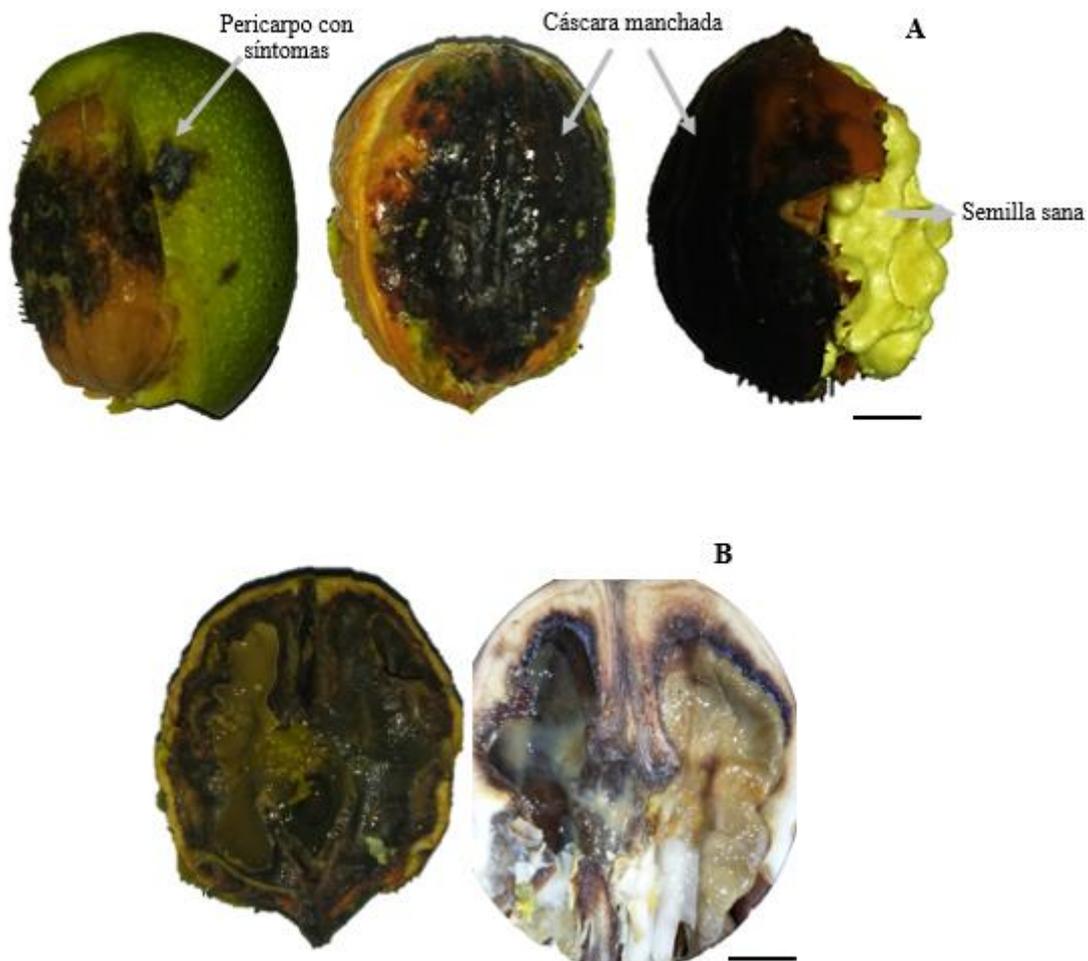
Temporada	Mes	Promedio T° Máx. (°C)	Promedio T° Mín. (°C)	Total Prec. (mm)	Días con lluvia
2018-2019	Oct.	20,4	8,9	51	13
	Nov.	25,8	12,3	34,6	16
	Dic.	29,4	13,9	24,2	6
	Ene.	30,9	14,9	0	0
	Feb.	30	14	12,6	4
	Mar.	25,3	11,4	25,6	4
2019-2020	Oct.	22	8,14	12	6
	Nov.	26,5	12,4	22	3
	Dic.	30,7	14,7	0,4	1
	Ene.	32,3	18,6	28,4	5
	Feb.	29,2	13,8	21,4	7
	Mar.	29,3	15,2	13,8	3

T°. Máx.: Temperatura máxima T°. Mín.: Temperatura mínima Prec.: Precipitaciones

### **Daño externo sobre la cáscara y pérdida total del fruto por bacteriosis**

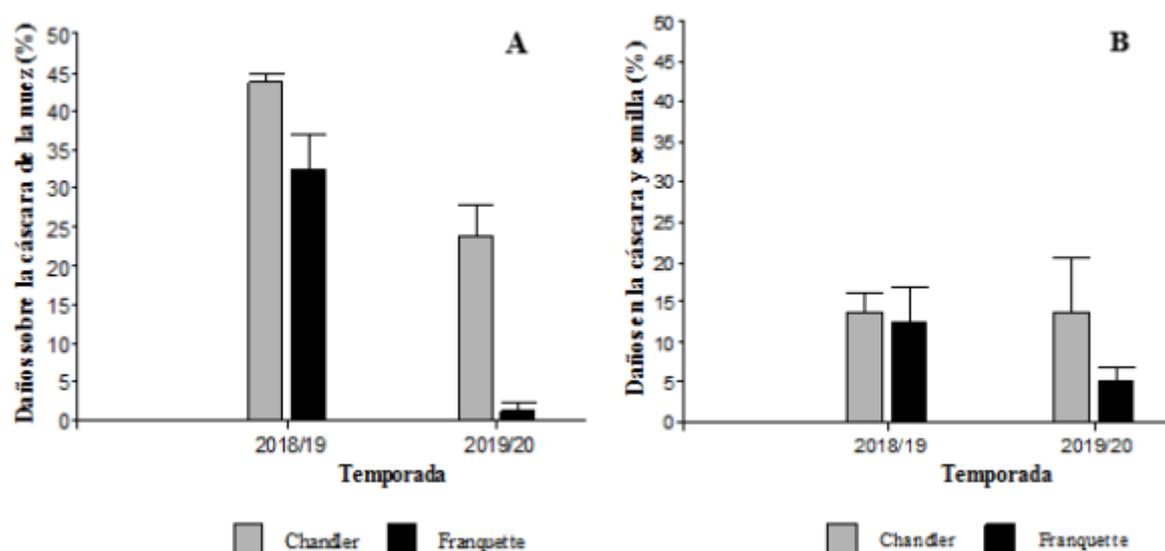
El daño que ocasiona la bacteriosis del nogal, desde el punto de vista productivo, se relaciona con las condiciones climáticas de cada temporada, la cantidad de inóculo y el estadio de desarrollo del fruto. Si las infecciones ocurren a fines de la estación de crecimiento del fruto (después de la lignificación de la cáscara), las lesiones son pequeñas y el patógeno puede penetrar unos pocos milímetros en el pericarpo (llamado comúnmente capote o pelón). Sobre la superficie se visualizan manchas circulares oscuras ([Figura 2 A](#)). Estas lesiones por lo general no afectan la cáscara, tampoco la semilla de la nuez y no producen daños económicos importantes ([Ninot et al., 2002](#)). Las lesiones de mayor tamaño sobre el pericarpo, son las que ocasionan el daño económico, generando mermas en el rendimiento y/o deterioran la calidad de los frutos.

En el último muestreo (28 y 29 de marzo), en los dos sitios y en ambas temporadas, se observó que los frutos que registraban lesiones sobre el pericarpo, desde unos pocos milímetros hasta más del 50 % de la superficie de los frutos, presentaban manchas de color oscuro sobre la cáscara, pero sin síntomas en la semilla ([Figura 5 A](#)). Estos daños deterioran la calidad de la nuez, con destino a la comercialización con cáscara. También se observó que, en algunos frutos, estas lesiones no sólo se presentaban sobre la cáscara, sino que el patógeno avanza hacia los tejidos internos, colonizando la semilla. En algunas muestras se observó la presencia de exudados bacterianos (zoogleas) ([Figura 5 B](#)). Estos frutos, son considerados como descarte y generan el mayor daño económico afectando directamente el rendimiento.



**Figura 5:** Frutos con síntomas sobre la cáscara y semilla sana (A). Semilla con exudados bacterianos (B). La barra representa 1 cm.

En las [Figuras 6 A y B](#), se presentan los valores registrados de daños sobre la cáscara de la nuez (cáscara manchada y semilla sana) y daños en la cáscara y semilla, ocasionado por la bacteriosis en el último muestreo (fines de marzo), en los cultivares Franquette y Chandler, en ambas temporadas productivas en Valle Inferior.



**Figura 6:** Porcentaje de daño en frutos, clasificados por daños sobre la cáscara (A) y daños en la cáscara y semilla (B), en los cultivares Franquette y Chandler, en la temporada 2018/19 y 2019/20, en el Valle Inferior de Río Negro.

Los resultados del análisis a dos vías de clasificación (temporada x cultivar) realizado sobre los daños en la cáscara no registraron interacciones ( $p = 0,1010$ ), por lo que los resultados se reagruparon para su análisis estadístico, sin diferenciar entre temporadas. En la temporada 2018/19, registró mayor porcentaje de daño (38 %, promedio ambos cultivares). Estas diferencias se podrían relacionar con una mayor cantidad y frecuencia de precipitaciones registradas en este período ([Tabla 3](#)). Al comparar entre cultivares, Chandler difirió de Franquette ( $p = 0,0434$ ), presentado un mayor nivel de daño (34%). En cuanto a las diferentes categorías para la comercialización de la nuez con cáscara, los parámetros de calidad establecen límites de tolerancia de daños externos por manchas y defectos de color sobre la cáscara: 6 % extra; 10 % categoría I y 20 %; categoría II (Resolución N° 453/13 Ministerio de Agricultura y Pesca-Servicio Nacional de Sanidad y Calidad Agroalimentaria). Según los resultados obtenidos en este estudio del daño sobre la cáscara (cáscara manchada), los valores exceden los límites de tolerancia para la comercialización con cáscara en el cv. Chandler en ambas temporadas y para Franquette en la temporada 2018/19, mientras que, en 2019/20 calificó como extra ([Figura 6 A](#)).

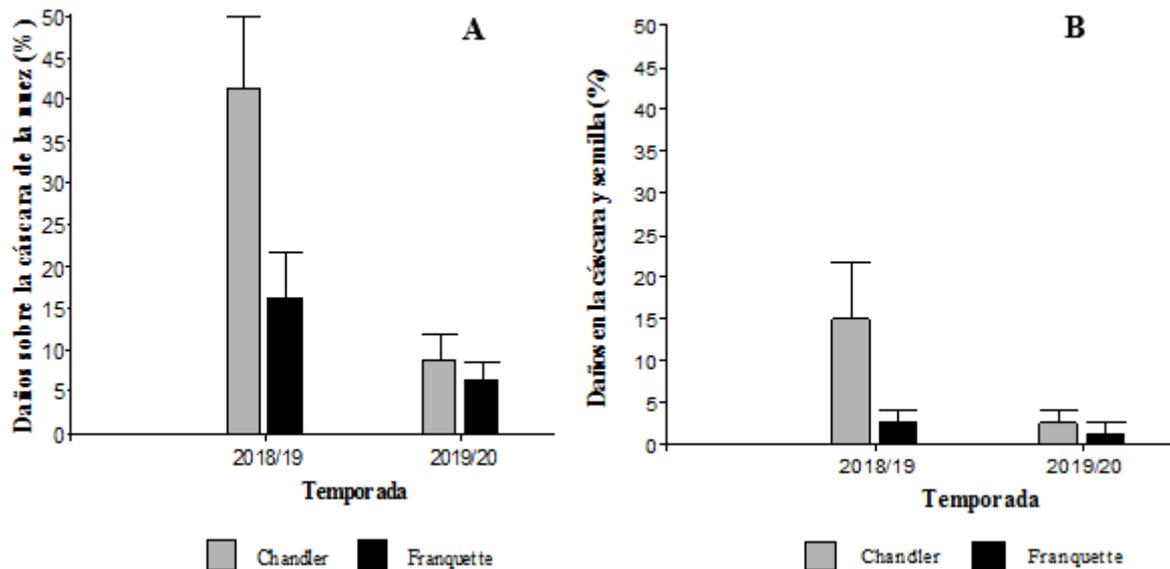
El análisis estadístico entre temporada x cultivar para los valores de daños en la cáscara y semilla (considerados como descarte) no definió interacciones ( $p = 0,4066$ ), por lo que los resultados se reagruparon para su análisis, sin diferenciar entre temporadas. La comparación entre cultivares arrojó similares valores de daño ( $p = 0,2620$ ; Chandler: 14 % y Franquette: 9 %), y también en el promedio de ambos cultivares para cada temporada (2018/19: 13 % y 2019/20: 9 %).

En Valle Medio los resultados de daño sobre la cáscara de la nuez, ocasionado por la bacteriosis en los dos cultivares y ambas temporadas fueron diferentes ([Figura 7 A](#)). En 2018/19 se registró un mayor porcentaje que en 2019/20, para ambos cultivares (29 % promedio de los dos cultivares en la temporada).

En el análisis a dos vías de clasificación temporada (2018/19 y 2019/20) y cultivar (Franquette y Chandler) determinaron que no hubo interacción ( $p = 0,0613$ ) por lo que el nivel de daño se calculó directamente, entre cultivares. El cv. Chandler presentó un 25 % de daño y el cv. Franquette un 11 %.

Teniendo en cuenta los límites de tolerancia de daños externos, para cada categoría, para el cv. Chandler en la temporada 2018/19, el valor de daño sobre la cáscara fue superior al límite de la categoría II, mientras que para Franquette registró un valor inferior (16 %). En la temporada 2019/20, ambos cultivares los valores se ubicaron en la categoría I.

En la [figura 7 B](#), se presentan los valores obtenidos de daños en la cáscara y semilla entre temporadas y cultivares. El promedio de daños en ambos cultivares en 2018/19 fue levemente superior que el 2019/20 (9 % vs 2 %). En análisis estadístico entre temporada x cultivar no registró interacción ( $p = 0,1432$ ) y tampoco entre cultivares ( $p = 0,1145$ ).



**Figura 7:** Porcentaje de daño en frutos, clasificados por daños sobre la cáscara (A) y daños en la cáscara y semilla (B), en los cultivares Franquette y Chandler, en la temporada 2018/19 y 2019/20, en el Valle Medio de Río Negro.

Diversos autores sostienen que las variables ambientales tales como lluvia, humedad relativa del aire y la temperatura son determinantes del inicio y desarrollo de la bacteriosis del nogal ([Belisario, 2005](#); [Lindow et al., 2014](#); [Seta et al., 2021](#)) y que estos factores ejercen presión sobre la relación hospedante-patógeno. Los resultados del análisis del impacto de la enfermedad sobre la pérdida de la calidad por daño externo sobre la cáscara en los frutos en ambos sitios, permiten inferir que, en la temporada de mayor frecuencia y cantidad de precipitaciones, el daño ocasionado por el inóculo fue mayor. Tal es el caso de los datos obtenidos durante la primera temporada (2018/19), en ambos valles.

También se observaron diferencias en el daño sobre la cáscara entre los cultivares, siendo mayor en Chandler. Esta respuesta diferencial entre los cultivares estudiados también se podría explicar a la fenología de brotación de estos cultivares en relación con la frecuencia y distribución en el tiempo de las precipitaciones. En la primavera, los cultivares que tienen un

desarrollo temprano, pueden estar expuestos a períodos más prolongados de agua libre sobre la superficie de los tejidos a diferencia de los que se desarrollan más tardíamente en la temporada. Todos los cultivares son susceptibles, pero aquellos de brotación tardía como Franquette pueden evadir la enfermedad en climas mediterráneos, en los cuales las lluvias terminan abruptamente a fines de primavera ([Seta, 2020](#)).

## Conclusiones

Los resultados obtenidos en cada sitio, demuestran que el nivel de incidencia, la pérdida de calidad por daños externos y frutos totalmente afectado por la bacteriosis, dependen fuertemente de la cantidad, la frecuencia y distribución temporal de precipitaciones registradas en cada temporada. Estos resultados resaltan la importancia de la presencia de agua libre, generada por lluvias, humedad relativa alta y temperaturas templadas para el desarrollo del ciclo de la bacteria, que favorecen las sucesivas infecciones y fuentes de inóculo primario o secundario.

## Declaración de autoría (CRediT)

**CAA:** Investigación. Conceptualización. Curaduría de datos. Metodología. Software. Visualización. Redacción-borrador original.

**HLF:** Investigación. Análisis formal. Supervisión. Validación. Escritura-revisión y edición.

**PAMC:** Investigación. Metodología. Supervisión.

**GOA:** Supervisión. Escritura-revisión.

**ALM:** Supervisión. Escritura-revisión.

**FD:** Metodología. Recursos.

## Bibliografía

ADASKAVEG, J.E.; FÖRSTER, H.; THOMPSON, D.; ENNS, J.; CONNELL, J. AND BUCHNER, R. (2009). Epidemiology and Management of Walnut Blight; Walnut Res. Reports; Walnut Board: Sacramento, CA, USA, 241–257. <https://ucdavis.app.box.com/s/tp1pq7bdapxh5zytcjwlcxvx82gdel5>

ARNAUDO V., V.; GANDEV, S. y DIMOVA, M. (2014). Susceptibility of Some Walnut Cultivars to *Gnomonia leptostyla* and *Xanthomonas arboricola* pv. *juglandis* in Bulgaria. *Agro-knowledge Journal*, 15(1): 41-54. <https://doi.org/10.7251/AGREN1401041A>

ARQUERO, O.; LOVERA, M.; RODRÍGUEZ, R. AND TRAPERO, A. (2005). Walnut Blight (*Xanthomonas arboricola* pv. *juglandis*): factors influencing disease incidence. *ISHS Acta Horticulturae 705: V International Walnut Symposium*. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2005.705.64>

ASSIS, R. A.; VARANI, A. M.; SAGAWA, C. H.; PATANÉ, J. S.; SETUBAL, J. C.; UCEDA-CAMPOS, G.; ... y DANDEKAR, A. M. (2021). A comparative genomic analysis of *Xanthomonas arboricola* pv. *juglandis* strains reveal hallmarks of mobile genetic elements in the adaptation and accelerated evolution of virulence. *Genomics*, 113(4), 2513-2525. <https://doi.org/10.1016/j.ygeno.2021.06.003>

BELISARIO, A. (2005). Aetiology, epidemiology and control of the main diseases of walnut in Italy [*Juglans regia* L.; *Juglans nigra* L.]. *Informatore Fitopatologico (Italy)*, 55(7):51-57.

BELISARIO, A.; ZOINA, A.; PEZZA, L. AND LUONGO, L. (1997). Susceptibility of species *Juglans* to pathovars of *Xanthomonas campestris*. *European Journal of Forest Pathology*, 29: 75-80. <https://doi.org/10.1046/j.1439-0329.1999.00132.x>

BLAGOEVA, E. (2022). Susceptibility to blight (*Xanthomonas arboricola* pv. *juglandis*) of Bulgarian and introduced walnut cultivars. *Journal of Mountain Agriculture on the Balkans*, 25 (4), 273-285. <https://jmabonline.com/article/Xe0vcIzXhp74piZgpU75>

BOUHIER, R. A. (2017). El nogal en la norpatagonia. Plagas y enfermedades. Colección de divulgación Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. Río Negro, Argentina, (1): 85-92. ISBN 978-987-521-879-6.

BOUHIER, R. A.; MARTIN, D. M.; GALLO, S. L. Y FUENTE, G. E. (2018). Territorios y producción en el noreste de la Patagonia Características de la producción de frutos secos en el Valle Inferior del río Negro. Compilado por Héctor Mario Villegas Nigra, Daniel Pedro Miñon, 71-76. ISBN 978-987-42-6628-6. <http://rdi.uncoma.edu.ar/handle/uncomaid/5812>

CHOROLQUE, A. A.; POZZO ARDIZZI, M. C. y HERNÁNDEZ, L. F. (2021). Relación entre densidad de estomas y lenticelas en hojas y frutos del nogal (*Juglans regia* L.) y la severidad de *Xanthomonas arboricola* pv. *juglandis*. Chilean journal of agricultural & animal sciences, 37(1): 65-73. <https://doi.org/10.29393/CHJAAS37-7RDAC30007>

CÓLICA, J. J.; PRATAVIERA, A. G.; CARABAJAL, D. E., y DELGADO, E. A. (2023). Panorama de la actividad nogalera regional, nacional e internacional. Estación Experimental Agropecuaria Catamarca, INTA. 1-6. <http://hdl.handle.net/20.500.12123/14315>

DEL BARRIO, R. Y MARTÍN, D. (2011). Aptitud agroclimática del Valle Inferior del Río Negro para los cultivos de Avellano y Nogal. Revista Pilquén, Sección Agronomía, 13(11): 1-10. ISSN 1666-0587. [file:///C:/Users/usuario/Downloads/Dialnet-AptitudAgroclimatica DelValleInferiorDelRioNegroPar-3787593%20\(6\).pdf](file:///C:/Users/usuario/Downloads/Dialnet-AptitudAgroclimatica DelValleInferiorDelRioNegroPar-3787593%20(6).pdf)

DI RIENZO, J. A.; CASANOVES, F.; BALZARINI, M.G.; GONZÁLEZ, L.; TABLADA, M. Y ROBLEDO, C.W. (2008). InfoStat, versión 2020, Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba. Argentina. <http://www.infostat.com.ar>

FLORES, P.; SETA, S.; GONZALEZ, M.; CONIGLIO, R.; SFERCO, S. y TREVIZÁN, A. (2004). Manejo químico y varietal de nogales frente a bacteriosis del nogal. Revista de Investigaciones de la Facultad de Ciencias Agrarias-UNR, (05), 025-031. <https://rehip.unr.edu.ar/xmlui/bitstream/handle/2133/612/Manejo%20quimico%20y%20varietal%20de%20nogales.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

GALLO, S. L. (2018). Control de bacteriosis del nogal (*Xanthomonas campestris* pv. *juglandis*). Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, 11 (76),1-3. <http://hdl.handle.net/20.500.12123/9727>

GINIBRE, T., y PRUNET, J. (2001). Chemical control of bacterial blight of walnut, three years of results. *Acta Horticulturae*, 544, 409-412. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2001.544.55>

GIOVANARDI, D.; BONNEAU, S.; GIRONDE, S.; SAUX, M. F. L.; MANCEAU, C., y STEFANI, E. (2016). Morphological and genotypic features of *Xanthomonas arboricola* pv. *juglandis* populations from walnut groves in Romagna region, Italy. *European Journal of Plant Pathology*, 145, 1-16. <https://doi.org/10.1007/s10658-015-0809-2>

GIOVANARDI, D.; DALLAI, D. y STEFANI, E. (2010). Population features of *Xanthomonas arboricola* pv. *juglandis* and epidemiology of walnut blight in Romagna (Italy). In *Petria-Giornale di Patologia delle Piante*, (20): 67-633. <https://iris.unimore.it/handle/11380/1288745>

IANNAMICO, L. A. (2009). El cultivo del nogal en climas templado-fríos. Ediciones INTA. ISBN 978-987-521-343-2, 116. <http://hdl.handle.net/20.500.12123/13312>

KALUŻNA, M.; PULAWSKA, J.; WALERON, M., y SOBICZEWSKI, P. (2014). The genetic characterization of *Xanthomonas arboricola* pv. *juglandis*, the causal agent of walnut blight in Poland. *Plant Pathology*, 63(6), 1404-1416. <https://doi.org/10.1111/ppa.12211>

KIM, H. S.; CHEON, W.; LEE, Y.; KWON, H. T.; SEO, S. T.; BALARAJU, K., y JEON, Y. (2021). Identification and characterization of *Xanthomonas arboricola* pv. *juglandis* causing bacterial blight of walnuts in Korea. *The Plant Pathology Journal*, 37(2), 137. doi: 10.5423/PPJ.OA.12.2020.0217

- LAMICHHANE, J. R. (2014). *Xanthomonas arboricola* diseases of stone fruit, almond, and walnut trees: progress toward understanding and management. *Plant Disease*, 98(12), 1600-1610. <https://doi.org/10.1094/PDIS-08-14-0831-FE>
- LANG, M. D. y EVANS, K. J. (2010). Epidemiology and status of walnut blight in Australia. *Journal of Plant Pathology*. (92), S49–S55. <http://www.jstor.org/stable/41998755>.
- LANG, M. D. (2012). Epidemiology and management of Walnut blight in Tasmania', PhD thesis, University of Tasmania. [https://figshare.utas.edu.au/articles/thesis/Epidemiology\\_and\\_management\\_of\\_Walnut\\_blight\\_in\\_Tasmania/23207270](https://figshare.utas.edu.au/articles/thesis/Epidemiology_and_management_of_Walnut_blight_in_Tasmania/23207270)
- LINDOW, S.; OLSON, W. AND BUCKNER, R. (2014). Colonization of dormant walnut buds by *Xanthomonas arboricola* pv. *juglandis* is predictive of subsequent disease. *Phytopathology* 104:1163-1174. <https://doi.org/10.1094/PHYTO-01-14-0001-R>
- MILLER, P. W. AND BOLLEN, W, B. (1946). Walnut bacteriosis and its control. Oregon State University, (9): 7-16. [https://ir.library.oregonstate.edu/concern/technical\\_reports/5d86p157f?locale=en](https://ir.library.oregonstate.edu/concern/technical_reports/5d86p157f?locale=en)
- MORAGREGA, C., y LLORENTE, I. (2023). Effects of leaf wetness duration, temperature, and host phenological stage on infection of walnut by *Xanthomonas arboricola* pv. *juglandis*. *Plants*, 12(15), 2800. <https://doi.org/10.3390/plants12152800>
- NINOT, A.; ALETÀ, N.; MORAGREGA, C.; MONTESINOS, E. (2002). Evaluation of a Reduced Copper Spraying Program to Control Bacterial Blight of Walnut. *Plant Dis.* 86, 583–587. <https://apsjournals.apsnet.org/doi/epdf/10.1094/PDIS.2002.86.6.583>
- PINNEY, K., LABAVITCH, J. M. y POLITO, V. S. (1998). Fruit growth and development. Walnut production manual, University of California. Division of Agriculture and Natural Resources publication, 3373:139-143.
- ROMERO-SUAREZ, S.; JORDAN, B., y HEINEMANN, J. A. (2012). Isolation and characterization of bacteriophages infecting *Xanthomonas arboricola* pv. *juglandis*, the causal agent of walnut blight disease. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, 28, 1917-1927. <https://doi.org/10.1007/s11274-011-0992-z>
- SCORTICINI, M. (2010). Epidemiology and predisposing factors of some major bacterial diseases of stone and nut fruit trees species. *Journal of Plant Pathology*. 92(1), S73-S78. <https://www.jstor.org/stable/41998758>
- SETA, S. A. (2020). Caracterización y epidemiología de *Xanthomonas arboricola* pv. *juglandis* en nogal europeo (*Juglans regia* L.) en la Región Centro de la República Argentina. (Tesis Doctoral. Universidad Nacional de Rosario Facultad de Ciencias Agrarias). <https://rehip.unr.edu.ar/items/233d9cd1-e341-430a-beb132b382232b70>
- SETA, S.; MOSCHINI, R. Y GONZALEZ, M. (2021). Modelos basados en variables meteorológicas para estimar el progreso epidémico de la bacteriosis del nogal en variedades de distinto comportamiento. *Summa Phytopathologica*, 47(1), 16-20. <https://doi.org/10.1590/0100-5405/234402>
- TEMPERINI, C. V., PARDO, A. G., y POSE, G. N. (2014). Bacteriosis y necrosis apical del nogal: complejos microbianos involucrados en caída temprana de frutos en el Valle Medio del río Negro. [https://ri.conicet.gov.ar/bitstream/handle/11336/109223/CONICET\\_Digital\\_Nro.9264e1cd-0f75-49c6-a48a-35ef18d32d6a\\_A.pdf?sequence=2&isAllowed=y](https://ri.conicet.gov.ar/bitstream/handle/11336/109223/CONICET_Digital_Nro.9264e1cd-0f75-49c6-a48a-35ef18d32d6a_A.pdf?sequence=2&isAllowed=y)
- TEVIOTDALE, B.L. AND SCHROTH, M.N. (1998). Bark, fruit, and foliage diseases. In: Ramos D. E. (ed.). Walnut Production Manual, University of California, Oakland, CA, USA, 242-246.
- VAGELAS, I.; RUMBOS, C. AND TSIANTOS, J. (2012). Variation in disease development among persian walnut cultivars, selections and crosses when inoculated with *Xanthomonas arboricola* pv. *juglandis* in Greece. *Journal of Plant Pathology*, 94 (1): S1.57-S1.