

## Capítulo 7

# Comportamiento de los portainjertos en las localidades de Rengo y Ovalle

### **Jaime Otárola A.**

Ingeniero Agrónomo M.Sc.  
jaime.otarola@inia.cl

### **Giovanni Lobos L.**

Ingeniero Agrónomo M.Sc.

Una vez que las plantas fueron establecidas en septiembre de 2017, se comenzó a realizar las mediciones para caracterizar el comportamiento de los portainjertos bajo las condiciones edafoclimáticas de Rengo y Ovalle, evaluaciones que tienen relación con la expresión vegetativa, productiva y de calidad de las nueces.

## Peso de poda

Una variable que sirve como indicador del vigor de las plantas, es el peso de poda. Esta evaluación se ha realizado durante las últimas cuatro temporadas (2020 a 2023), pesando todo el material podado de cada planta. El material eliminado a través de la poda se basa en la formación en eje central y corresponde principalmente a la eliminación de una a dos ramas madres mal ubicadas, improductivas o que generan sombra al interior de la copa (**Figura 1 A**). También se considera la eliminación de brotes vigorosos verticales o que compiten con el eje (**Figura 1 B**) y la eliminación de brotes anticipados (**Figura 1 C**), entre otros.

El peso de poda se evalúa tanto en Ovalle como en Rengo, existiendo una diferencia sustancial entre ambas zonas. En Ovalle, el establecimiento de las plantas fue lento durante las primeras temporadas; la baja disponibilidad hídrica del huerto y el suelo arcilloso dificultaron un buen arraigamiento posterior a la plantación, generando plantas de bajo vigor y muerte de al-

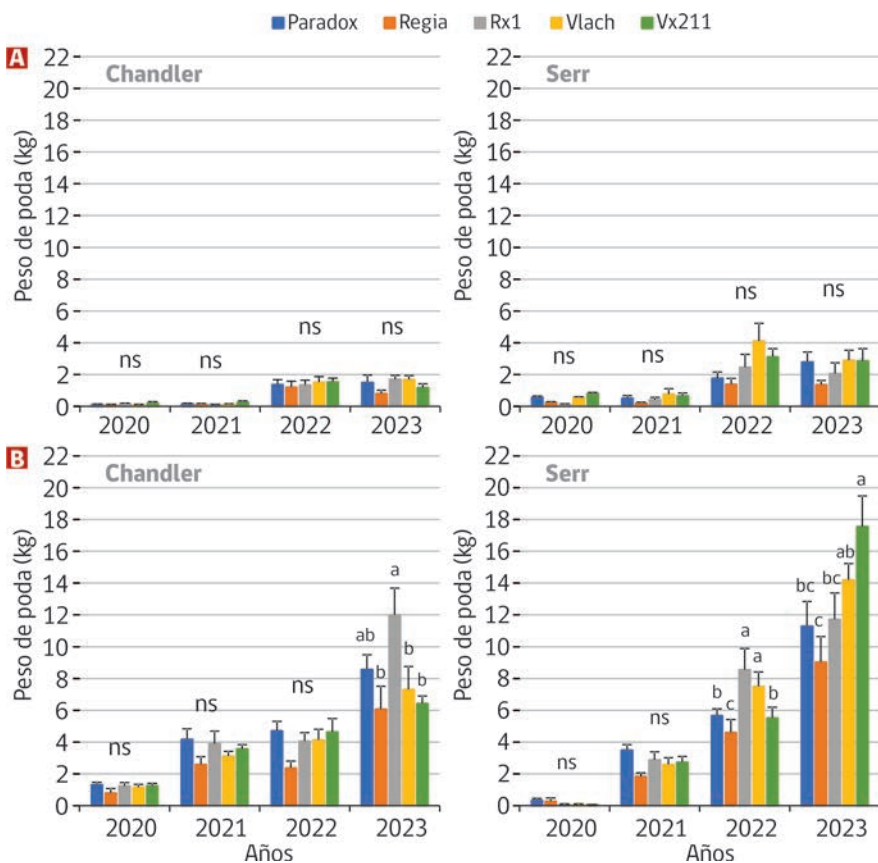


**Figura 1.** Estructuras de la planta del nogal eliminadas a través de la poda.

gunas. Es por este motivo que la plantación en Ovalle siempre presentó un desarrollo considerablemente menor que la plantación de Rengo, independiente del portainjerto y la variedad.

En relación al efecto de los portainjertos sobre esta variable, no se observó un efecto determinante en el huerto de Ovalle. No obstante, en Rengo el portainjerto mostró una fuerte influencia sobre la cantidad de material podado, específicamente en las últimas dos temporadas (2022 y 2023) (**Figura 2**). En la variedad Serr, todos los portainjertos clonales presentaron un mayor peso de poda en comparación a *J. regia*, destacándose *Rx1*, *Vlach* y *Vx211*. En la variedad Chandler, el efecto del portainjerto resultó significativamente distinto ( $p < 0.05$ ) durante la última temporada, observándose un peso de poda considerablemente mayor en *Rx1*, respecto de los demás portainjertos.

Comparativamente, si analizamos el valor acumulado del material podado desde el primer año, la biomasa en Rengo corresponde a cinco veces la de Ovalle, lo cual denota la gran diferencia de desarrollo entre ambas zonas. Esta diferencia se debe principalmente a la menor oferta hídrica que ha presentado el huerto de Ovalle durante el desarrollo de la planta en todas las temporadas. En relación a la variedad Serr, presentó un mayor peso de poda que Chandler, mostrando un mayor crecimiento de tronco y expresión vegetativa en general.



**Figura 2.** Peso de poda obtenido de Chandler y Serr injertadas sobre distintos portainjertos establecidos en la zona de Ovalle (A) y Rengo (B). Letras distintas en cada evaluación indican diferencias significativas entre los distintos portainjertos ( $p < 0,05$ ).

Con respecto a efecto del portainjerto, este influyó de manera significativa sobre la biomasa total podada, que corresponde a la sumatoria de los pesos de poda de las cuatro temporadas de ambas variedades (**Cuadro 1**), observándose en general un mayor peso en los portainjertos clonales en contraste con *J. regia*. Es importante destacar que la infestación no tuvo un efecto significativo sobre el desarrollo de la biomasa aérea, así como tampoco ningún portainjerto presentó una mejor respuesta de la biomasa cuando estos fueron infestados con *Phytophthora* spp (+Phy).

**Cuadro 1.** Biomasa total podada (kg/planta) observada en cada variedad por efecto del portainjerto, la infestación con *Phytophthora* spp y su interacción en ambas zonas agroclimáticas.

Factor	Nivel	Ovalle		Rengo	
		Chandler	Serr	Chandler	Serr
Portainjerto	<i>Paradox</i>	3,1	5,6 ab	18,7 a	20,7 a
	<i>J. regia</i>	2,2	3,2 b	10,8 b	14,0 b
	<i>Rx1</i>	3,3	5,0 ab	21,1 a	23,2 a
	<i>Vlach</i>	3,4	8,0 a	15,7 ab	24,3 a
	<i>Vx211</i>	3,2	7,4 a	15,8 ab	25,8 a
Infestación	- Phy	2,9	6,2	16,8	21,2
	+ Phy	3,3	5,5	16,3	22,1
Portainjerto		ns	*	*	*
Infestación		ns	ns	ns	ns
P x I*		ns	ns	ns	ns

Asterisco indica efecto significativo; ns indica efecto no significativo.

Letras distintas en cada evaluación indican diferencias significativas entre los distintos portainjertos ( $p < 0,05$ ).

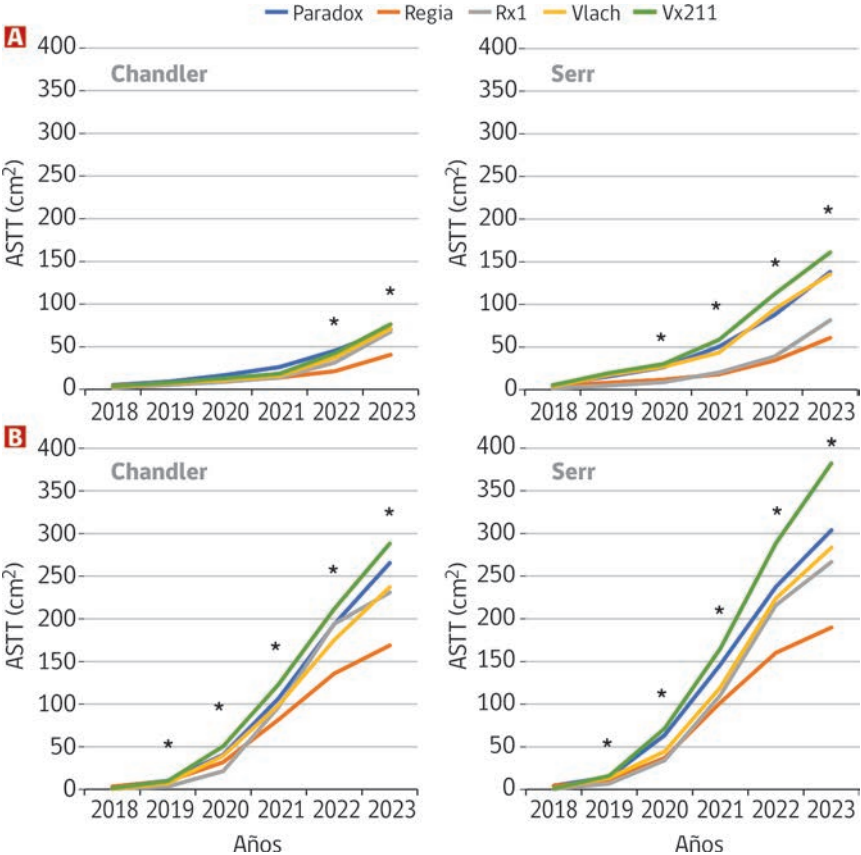
\*P x I = Interacción entre el portainjerto y la infestación.

## Crecimiento de tronco (ASTT/cm<sup>2</sup>)

El área de sección transversal del tronco (ASTT/cm<sup>2</sup>) es un estimador del vigor y expresión vegetativa de las plantas en los primeros años de desarrollo. Esta variable también es el reflejo del crecimiento radical de las plantas, el ASTT se ha evaluado en todas las temporadas durante el mes de febrero y se determina midiendo la circunferencia de tronco a 20 cm desde el suelo y 10 cm sobre la unión del injerto, este último, para determinar la relación entre el portainjerto e injerto (P/I).

La magnitud de este crecimiento se vio influenciada por la zona agroclimática y también por la variedad injertada. En Ovalle, el tronco exhibió un menor crecimiento que en Rengo debido al difícil establecimiento de las plantas, lo que concuerda con el peso de poda analizado anteriormente. En la parcela de Rengo, el establecimiento resultó de mejor forma puesto que los suelos presentan buen drenaje y no existen problemas de escasez de agua.

En ambas zonas, la variedad injertada influenció el crecimiento del tronco a nivel del portainjerto, observándose en Serr una mayor ASTT/cm<sup>2</sup> del portainjerto que los injertados con Chandler (Figura 3). Es importante mencionar que la expresión vegetativa en Serr también fue mayor que la observada en Chandler, lo que coincide con un menor peso de poda recolectado durante el invierno en esta última.



**Figura 3.** Evolución estacional del crecimiento del tronco de distintos portainjertos en plantas de la variedad Chandler y Serr en la zona de Ovalle (A) y Rengo (B). Asterisco indica diferencias significativas entre los distintos portainjertos ( $p < 0,05$ ).

De acuerdo a lo evaluado desde 2018 al invierno de 2023, se demuestra que los portainjertos clonales confieren un alto vigor a la variedad injertada en comparación a *J. regia*, lo que se evidencia claramente al segundo año de edad (año

2020), momento en el que *Vx211* presentó un crecimiento significativamente mayor en ambas variedades, seguido de *Paradox*, *Vlach*, *Rx1* y *J. regia*. Este comportamiento coincide con el seguimiento a la envergadura de la copa, la cual fue siempre mayor en *Vx211* y menor en *J. regia*. Es importante mencionar que la infestación con *Phytophthora* (+Phy) no ha influido significativamente sobre el crecimiento del tronco en ambas variedades, tal como sucedió con el peso de la poda.

En términos generales, la tasa de crecimiento anual del tronco (**Cuadro 2**) se determina con el valor obtenido a través de la medición de la circunferencia del tronco a 20 cm del suelo, mediciones que han permitido denotar de mejor forma las diferencias generadas por cada portainjerto y por la infestación con *Phytophthora* spp. En este sentido, en Ovalle, *J. regia* mostró una tasa de crecimiento menor respecto del resto de los portainjertos, tanto en Chandler como en Serr. En Rengo es importante destacar que *Vx211* presentó la mayor tasa de crecimiento, seguido de *Paradox* de semilla, *Vlach*, *Rx1* y finalmente *J. regia*. La infestación no tuvo implicancias importantes sobre el crecimiento del tronco, similar al comportamiento observado en el peso de poda. En la **Figura 4** se compara el crecimiento del portainjerto respecto de la variedad.

**Cuadro 2.** Tasa de crecimiento anual del ASTT (cm<sup>2</sup>/año) del tronco observada en cada variedad por efecto del portainjerto, la infestación con *Phytophthora* spp y su interacción en ambas zonas agroclimáticas.

Factor	Nivel	Ovalle		Rengo	
		Chandler	Serr	Chandler	Serr
Portainjerto	<i>Paradox</i>	13,1 a	26,5 a	52,5 ab	59,9 b
	<i>J. regia</i>	7,2 b	11,3 b	33,1 c	37,1 c
	<i>Rx1</i>	13,1 a	15,9 b	46,1 b	53,2 b
	<i>Vlach</i>	13,6 a	26,4 a	47,3 b	56,5 b
	<i>Vx211</i>	14,5 a	31,2 a	57,3 a	76,1 a
Infestación	- Phy	12,3	23,1	49,8	54,4
	+ Phy	12,3	21,4	47,8	59,8
Portainjerto		*	*	*	*
Infestación		ns	ns	ns	ns
P x I		ns	ns	ns	ns

Asterisco indica efecto significativo; ns indica efecto no significativo.

Letras distintas en cada evaluación indican diferencias significativas entre los distintos portainjertos ( $p < 0,05$ ).



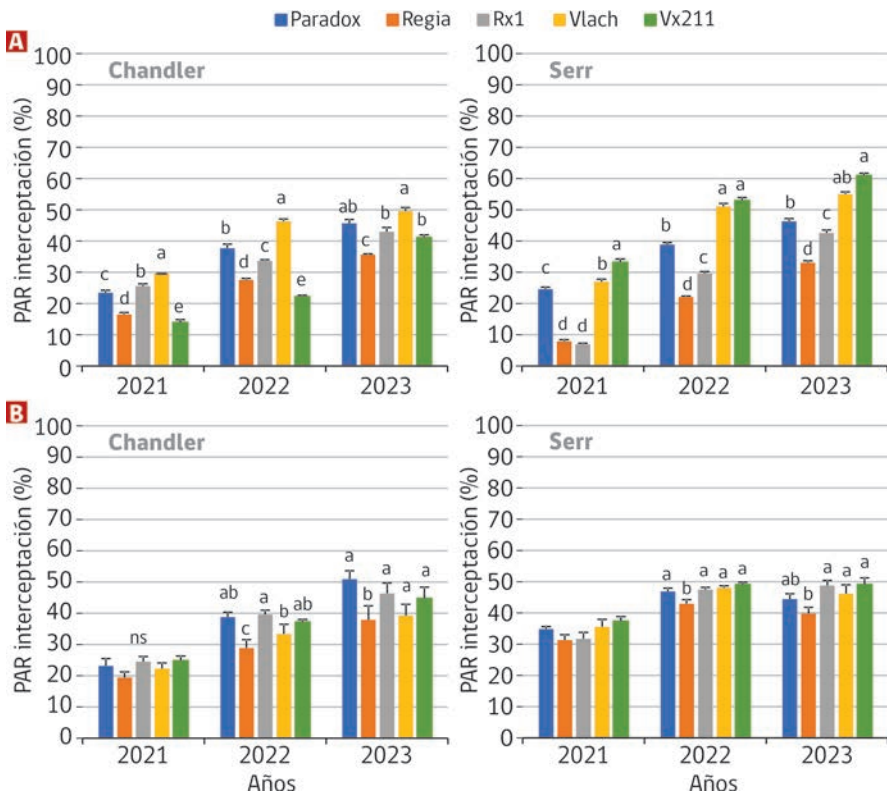
**Figura 4.** Contraste entre el crecimiento del portainjerto y la variedad, en este caso en Chandler, huerto de Rengo.

## Intercepción foliar

La interceptación de la radiación fotosintéticamente activa (PAR), es otro método para determinar el vigor de la planta a través de la estimación del tamaño de la copa. Esta evaluación se ha realizado durante las últimas cuatro temporadas en febrero, al medio día solar (**Figura 5**), con el fin de determinar el porcentaje de sombra que proyecta la copa de las plantas. Para esto se ha utilizado un ceptómetro de barra, modelo Acuppar LP-80. El portainjerto, al igual que las evaluaciones anteriores, mostraron un efecto sustancial sobre esta variable, tanto en Chandler como en Serr. Estas diferencias se evidenciaron durante las últimas tres temporadas en las cuales los portainjertos clonales presentaron un mayor porcentaje de interceptación que el portainjerto *J. regia*. En Ovalle se destacaron *Paradox* y *Vlach* en ambas variedades y *Vx211* exclusivamente en Chandler. En Rengo, tanto Chandler como Serr mostraron una mayor afinidad vegetativa injertada sobre *Paradox*, *Rx1*, *Vlach* y *Vx211*. En la **Figura 6** se detalla el desarrollo foliar de los portainjertos en cada localidad.



**Figura 5.** Mediciones de interceptación foliar PAR con equipo ceptómetro, huerto de nogal en Talhuén Ovalle.



**Figura 6.** PAR interceptado en la variedad Chandler y Serr injertadas sobre distintos portainjertos plantados en los huertos experimentales de Ovalle (A) y Rengo (B). Letras distintas en cada evaluación indican diferencias significativas entre los distintos portainjertos ( $p < 0,05$ ). ns: no significativo.

El PAR interceptado es una variable que explica en gran medida el potencial de producción de los huertos frutales. Estudios realizados en diferentes especies dan cuenta que, para optimizar el uso de la luz en los huertos frutales, la radiación interceptada debe ser entre un 70 % y 80 % de la PAR incidente (Reginato *et al.*, 2020). En este estudio, los autores indican que aquellos huertos en que se asignó a cada árbol 35 m<sup>2</sup> de área (plantación a 7 x 5 m) muestran una producción creciente hasta el año ocho; generalmente a esa edad empiezan los problemas de emboscamiento, limitando su nivel productivo.



## Crecimiento radicular

La raíz es la parte subterránea de la planta que realiza diversas funciones de importancia para la sobrevivencia, otorga el anclaje al suelo, provee de agua, nutrientes y también cumple un rol fundamental en la regulación de algunas hormonas importantes para su crecimiento. Además, cumple la función de almacenamiento de reservas, lo que la convierte en una estructura fundamental para la preservación de la producción, temporada tras temporada. Sin embargo, por el hecho de estar bajo tierra y no ser fácilmente accesible, las raíces han sido menos estudiadas que la parte aérea de las plantas. En los frutales, la raíz también tiene efectos directos sobre el tamaño de la copa y, por consecuencia, sobre la capacidad productiva de la planta. Por ello, entender el crecimiento y desarrollo de la raíz es importante para mejorar la calidad y determinar el éxito de la producción.

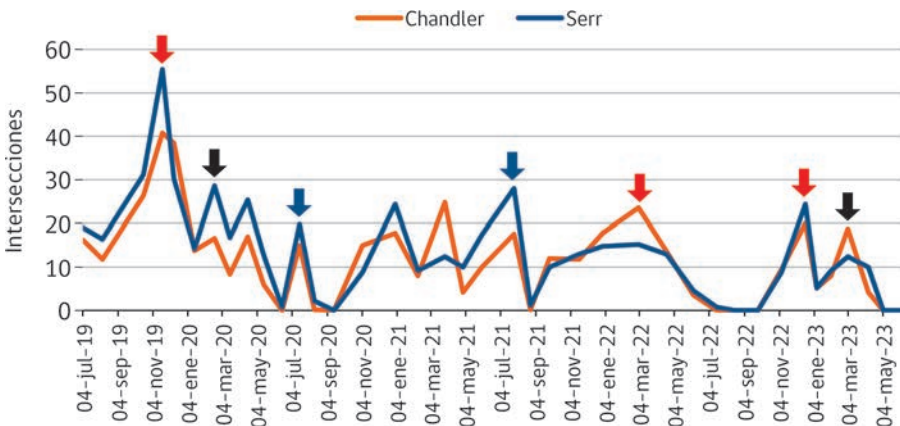
El desarrollo radical de los frutales depende de características genéticas propias de la variedad o del portainjerto utilizado, por ello, es de gran interés determinar la dinámica de crecimiento de raíces en los distintos portainjertos bajo las condiciones locales de la zona central de Chile. En este contexto, el crecimiento de raíces se ha evaluado mediante el uso de rizotrones, contenedores de paredes transparentes que permiten al evaluador observar las raíces de la planta, su rizósfera durante su crecimiento y los puntos de intersecciones que generan las raíces en la cuadrícula (**Figura 7**).



**Figura 7.** Rizotrófono utilizado para el seguimiento y crecimiento del sistema radicular de los portainjertos.

Los rizotrones u observatorios subterráneos entregan información acerca de los peaks de crecimiento que ocurren durante la temporada, así como también permiten determinar la profundidad, distribución y sanidad del sistema radical. Otra característica que posibilita identificar el rizotróon es la distribución de raicillas en profundidad, lo que entrega información sobre la capacidad de exploración que estas poseen. Es importante señalar que el suelo de Rengo (descrito en el **Capítulo 3**) en el cual se estableció el ensayo, es de textura franco arenosa, con un 20 % de pedregosidad, profundo y con buen drenaje, permitiendo una frecuencia de riego semanal sin problemas de anegamiento.

En la parcela experimental de Rengo, se realizó un seguimiento al crecimiento de raíces desde mayo de 2019 (plantas de un año) a junio de 2023 (plantas de cinco años), a un nocal de la variedad Serr y uno de la variedad Chandler. De acuerdo a lo observado en la **Figura 8**, el crecimiento de raíces presentó actividad durante todo el periodo de evaluación, observándose una actividad levemente mayor en Serr que en Chandler. A pesar de esta permanente actividad, se identifican dos peaks importantes durante la temporada: el primero se observa a finales de noviembre (flechas rojas), mientras que el segundo es de menor intensidad y ocurre hacia finales de febrero (flechas negras). Esta gráfica nos entrega información relevante para responder a algunas interrogantes como: ¿cuándo regar? o ¿en qué momento se debe aplicar los fertilizantes? En este sentido, es importante que, previo a estos peaks de crecimiento, las raíces tengan una adecuada relación entre el agua y aire en el suelo, sumado a un adecuado balance de nutrientes. Este crecimiento radical continuo generado en invierno,

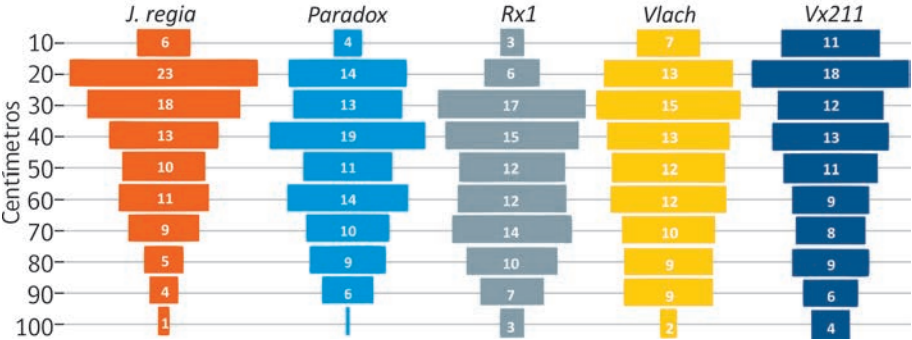


**Figura 8.** Seguimiento de los peaks de crecimientos radiculares en tres temporadas para la variedad Serr y Chandler en el huerto de Rengo.

también fue reportado por María Loreto Contador *et al.*, (2015) en California, donde los nogales presentaron crecimiento durante las temporadas invernales.

Por otra parte, es importante destacar la aparición de un tercer peak de crecimiento durante los meses invernales (flechas azules), lo cual indica lo beneficioso que resultan los riegos invernales, sumado a las precipitaciones que se generan en esa temporada, aportando humedad al suelo.

En cuanto a la distribución de las raíces en profundidad (**Figura 9**), durante el primer año de establecimiento se observaron distintos patrones de distribución: *J. regia* concentró cerca del 50 % de sus raíces en los primeros 30 cm de profundidad, mientras que los demás portainjertos concentraron el 50 % de las raíces finas entre 40 a 50 cm, generando una distribución más homogénea en profundidad. El portainjerto que más raíces presentó a más de 50 cm de profundidad fue *Rx1*, con 57 % de sus raíces, características que permiten a este portainjerto tener una tolerancia mayor al estrés hídrico, permitiendo la búsqueda de agua a mayor profundidad. Este patrón de distribución mantuvo la misma tendencia durante el segundo y tercer año postplantación.

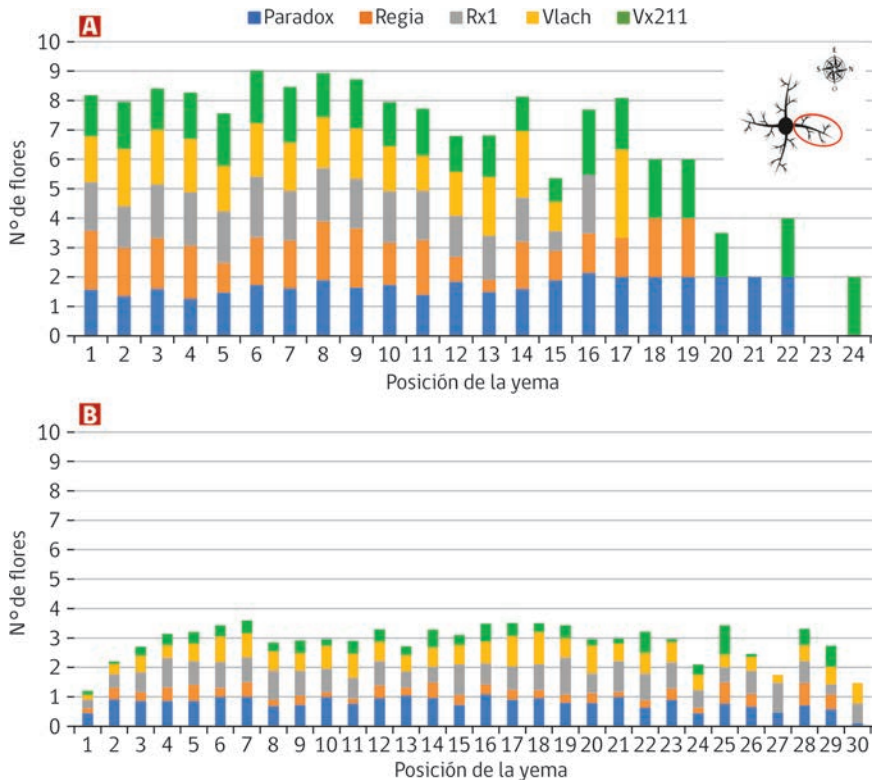


**Figura 9.** Efecto del portainjerto sobre la distribución de raíces finas en profundidad en plantas de nogal de dos años de edad (n=2; Chandler y Serr). Cada número en las barras corresponde al porcentaje del total de raíces interceptadas.

## Inducción floral y cuaja

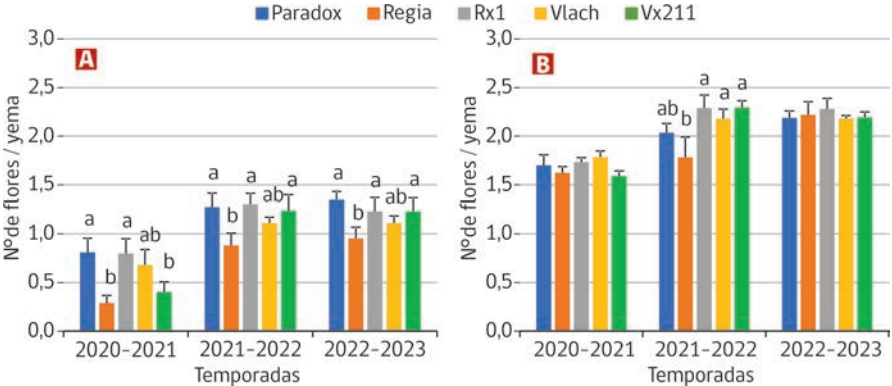
Una de las formas de evaluar la precocidad productiva de una especie frutal es determinando la cantidad de flores durante los primeros años de la plantación. Esta evaluación se realizó en Rengo durante la temporada 2020-2021, en

plantas de 3<sup>ra</sup> hoja, donde se contabilizó el número de flores totales por yema, a lo largo de una rama secundaria (rama madre), para determinar el efecto del portainjerto sobre la precocidad productiva de ambas variedades. De acuerdo a la **Figura 10 A**, en Chandler los portainjertos presentaron un similar número de flores por yema a lo largo de la rama secundaria promediando en *Paradox* (1,7), *J. regia* (1,5), *Rx1* (1,5), *Vlach* (1,7) y *Vx211* (1,5). En la variedad Serr (**Figura 10 B**) se observó el siguiente promedio de flores por yema: *Paradox* (0,8), *J. regia* (0,3), *Rx1* (0,8), *Vlach* (0,6) y *Vx211* (0,4), identificándose notoriamente un efecto del portainjerto sobre el proceso de inducción de esta variedad.



**Figura 10.** Número de flores observadas por cada yema ubicada en una rama secundaria al eje de cada portainjerto en la variedad Chandler (A) y Serr (B). Temporada 2020-2021 en Rengo.

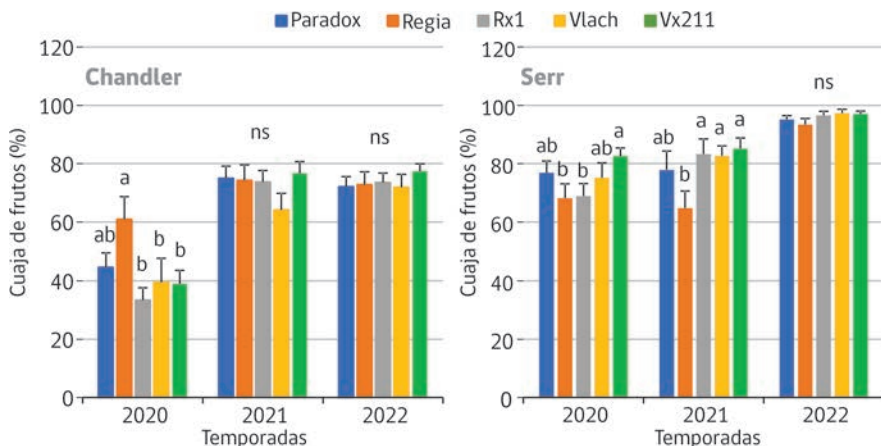
La evaluación del número de flores por yema se volvió a realizar durante las siguientes temporadas, para determinar el efecto de los portainjertos sobre la inducción floral. De acuerdo a la **Figura 11**, la variedad Serr presentó una mayor cantidad de flores sobre los portainjertos clonales en comparación a *J. regia* en las tres temporadas evaluadas, mientras que en la variedad Chandler se observó el mismo comportamiento solo en la temporada 2021-2022. Este resultado es de gran importancia, puesto que el portainjerto clonal está definiendo, en parte, el potencial productivo de la variedad injertada.



**Figura 11.** Número de flores por yema para la variedad Serr (A) y Chandler (B) de acuerdo al portainjerto en tres temporadas, Rengo.

Con el fin de determinar si el portainjerto influye de forma importante sobre el potencial productivo, se evaluó el porcentaje de cuaja en ambas variedades, el cual se determinó en cuatro ramas terciarias orientadas hacia los cuatro puntos cardinales. Para esto, se contabilizó el número total de flores iniciales por ramilla, septiembre en Serr y octubre en Chandler. Y una vez concluido este estado fenológico (floración femenina), se contabilizó el número de frutos que lograron llegar a la etapa final, es decir la cuaja, determinándolo a través de porcentaje.

En Ovalle (**Figura 12**), durante las tres temporadas, el porcentaje de cuaja fue mayor en la variedad Serr respecto de Chandler, lo cual se atribuye a la aplicación con clorhidrato de aviglicina en dosis de 800 g/ha (ReTain®) que está enfocada en disminuir el aborto de la flor pistilada. Con respecto al efecto de los portainjertos, este tuvo implicancia significativa durante la

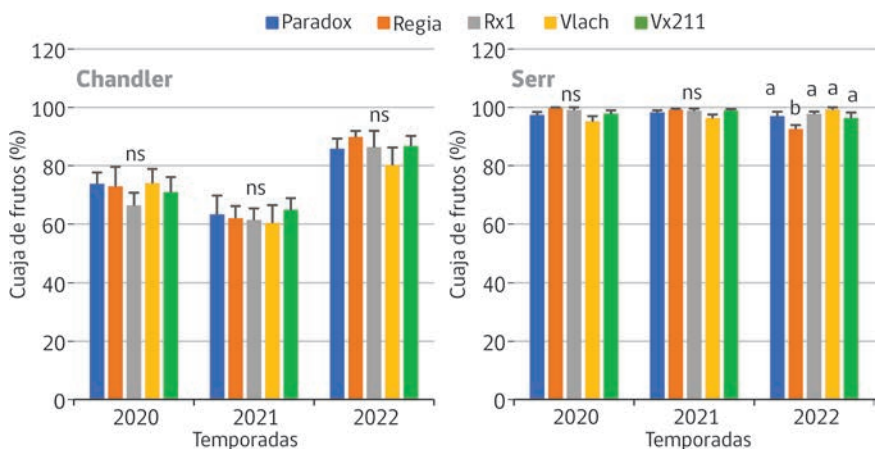


**Figura 12.** Porcentaje de cuaja observado en cada variedad por efecto del portainjerto, la infestación (+Phy) y su interacción durante tres temporadas en la zona de Ovalle. Letras distintas en cada evaluación indican diferencias significativas entre los distintos portainjertos ( $p < 0,05$ ).

primera temporada de evaluación (2020–2021), donde Chandler presentó un mayor porcentaje de fruta cuajada en el portainjerto *J. regia*, mientras que Serr presentó mayor cuaja sobre el portainjerto Vx211. En Serr, esta tendencia también fue observada durante la temporada 2021–2022, con mayores valores sobre Rx1, Vx211 y Vlach.

La infestación con *Phytophthora* spp (+Phy) no ha tenido un efecto significativo sobre la cuaja ni tampoco sobre el desempeño de los distintos portainjertos en relación a esta variable.

En Rengo (**Figura 13**), la cuaja de frutos fue siempre mayor en Serr con respecto a Chandler, lo cual también estuvo influenciado por la aplicación de clorhidrato de aviglicina en dosis de 800 g/ha (ReTain®). Esta aplicación permitió un porcentaje de cuaja superior al 95 %. En relación al efecto de los portainjertos, estos no influenciaron de forma significativa los valores de cuaja, tanto en la variedad Chandler como en Serr. Sin embargo, durante la tercera temporada de evaluación se observó un menor porcentaje de cuaja en Serr injertada sobre *J. regia*, similar al comportamiento observado en Serr en Ovalle. La infestación con *Phytophthora* spp (+Phy), tampoco tuvo un efecto significativo sobre la cuaja, ni sobre el desempeño de los distintos portainjertos en relación con la cuaja de los frutos.



**Figura 13.** Porcentaje de cuaja observado en cada variedad por efecto del portainjerto, la infestación con *Phytophthora* spp y su interacción durante tres temporadas en la zona de Rengo. Letras distintas en cada evaluación indican diferencias significativas entre los distintos portainjertos ( $p < 0,05$ ).

## Producción y calidad de la fruta

Para determinar el efecto de los portainjertos y de la infestación con *Phytophthora* sobre la respuesta productiva de las plantas, durante marzo y abril de cada temporada, se determinó el peso del total de fruta obtenida de cada planta, cuyos valores fueron expresados como kg/planta y como g/cm<sup>2</sup> de ASTT de la variedad (componentes del rendimiento). Por otra parte, para evaluar el efecto sobre la calidad de las nueces, se evaluó el peso promedio de la nuez y el porcentaje de pulpa (peso pulpa/peso nuez). Adicionalmente, se realizó una medición al diámetro ecuatorial de las nueces para definir la proporción de nueces grandes (mayores a 34 mm) y también se realizó una evaluación al color de la pulpa clasificándolas en pulpas de color extra light, light, light ámbar y ámbar, con el fin de obtener la proporción de nueces con colores claros (extra light+ light).

### Componentes del rendimiento en Chandler

A partir de la temporada 2020/2021, en plantas de 3<sup>ra</sup> hoja se comenzó a evaluar el efecto del portainjerto y la infestación sobre el rendimiento en la variedad Chandler (**Cuadro 3**). En Rengo, no se observaron diferencias estadísticas entre portainjertos al analizar el rendimiento de las tres cosechas evaluadas. No obstante, la eficiencia productiva de las plantas (g/ASTT) fue

significativamente mayor en *Vlach* y *Vx211* durante las dos primeras temporadas. Durante la tercera temporada, no se observaron estas diferencias. En Ovalle (**Cuadro 4**), durante la primera cosecha no se observó un efecto signifi-

**Cuadro 3.** Rendimiento por planta y por el área de sección transversal del tronco (ASTT) observada en Chandler (A) y Serr (B) por efecto del portainjerto y la infestación con *Phytophthora* spp, en las tres temporadas de producción, Rengo.

3A. Chandler							
Factor	Nivel	Temporada 2021		Temporada 2022		Temporada 2023	
		Kg/planta	g/cm <sup>2</sup> de ASTT	Kg/planta	g/cm <sup>2</sup> de ASTT	Kg/planta	g/cm <sup>2</sup> de ASTT
Portainjerto	<i>Paradox</i>	3,4	49 abc	6	57 b	20,2	157
	<i>Regia</i>	2,7	40 bc	5,5	55 b	18,3	145
	<i>Rx1</i>	2,8	37 c	7,3	68 ab	22,4	163
	<i>Vlach</i>	3	54 ab	6,7	79 a	18,6	157
	<i>Vx211</i>	3,6	59 a	7	78 a	20,2	171
Infestación	- Phy	3	46	6,6	69	19,7	156
	+ Phy	3,4	52	6,4	68	20,1	162
Portainjerto		ns	*	ns	*	ns	ns
Infestación		ns	ns	ns	ns	ns	ns
P x I		ns	ns	ns	ns	ns	ns

Asterisco indica efecto significativo; ns indica efecto no significativo.

3B. Serr							
Factor	Nivel	Temporada 2021		Temporada 2022		Temporada 2023	
		Kg/planta	g/cm <sup>2</sup> de ASTT	Kg/planta	g/cm <sup>2</sup> de ASTT	Kg/planta	g/cm <sup>2</sup> de ASTT
Portainjerto	<i>Paradox</i>	4,9	57	15,6 a	129	18,1 a	123
	<i>Regia</i>	3,2	44	9,3 b	95	15,5 b	116
	<i>Rx1</i>	4,4	55	13,4 a	115	19,4 a	130
	<i>Vlach</i>	4,6	56	12,1 ab	103	18,2 a	120
	<i>Vx211</i>	3,3	43	13,7 a	119	19,6 a	136
Infestación	- Phy	4,2	53	14,1 a	122 a	19,1 a	132 a
	+ Phy	3,9	49	11,6 b	102 b	17,3 b	119 b
Portainjerto		ns	ns	*	ns	*	ns
Infestación		ns	ns	*	*	*	*
P x I		ns	ns	ns	ns	ns	ns

Asterisco indica efecto significativo; ns indica efecto no significativo.



cativo de los portainjertos sobre la producción de fruta. Durante las últimas dos temporadas, el rendimiento presentó diferencias significativas entre portainjertos, destacándose la respuesta de los clonales con respecto a *J. regia*.

**Cuadro 4.** Rendimiento por planta y por el área de sección transversal del tronco (ASTT) observada en Chandler (A) y Serr (B) por efecto del portainjerto y la infestación con *Phytophthora* spp, en las tres temporadas de producción, huerto de Talhuén, Ovalle.

4A. Chandler							
Factor	Nivel	Temporada 2021		Temporada 2022		Temporada 2023	
		Kg/planta	g/cm <sup>2</sup> de ASTT	Kg/planta	g/cm <sup>2</sup> de ASTT	Kg/planta	g/cm <sup>2</sup> de ASTT
Portainjerto	<i>Paradox</i>	0,2	6	0,7 ab	20	1,4 ab	23
	<i>Regia</i>	0,1	5	0,3 b	16	0,9 b	25
	<i>Rx1</i>	0,2	14	0,8 ab	24	1,8 a	28
	<i>Vlach</i>	0,2	15	0,7 ab	20	1,7 a	25
	<i>Vx211</i>	0,1	10	1,2 a	27	1,4 ab	19
Infestación	- Phy	0,1	7,0 b	0,7	18,3	1,6	25,6
	+ Phy	0,2	12,8 a	0,8	24,3	1,3	22,2
Portainjerto		ns	ns	*	ns	*	ns
Infestación		ns	*	ns	ns	ns	ns
P x I		ns	ns	ns	ns	ns	ns

Asterisco indica efecto significativo; ns indica efecto no significativo.

4B. Serr							
Factor	Nivel	Temporada 2021		Temporada 2022		Temporada 2023	
		Kg/planta	g/cm <sup>2</sup> de ASTT	Kg/planta	g/cm <sup>2</sup> de ASTT	Kg/planta	g/cm <sup>2</sup> de ASTT
Portainjerto	<i>Paradox</i>	0,9 ab	20	1,0 a	15	3,5 ab	25
	<i>Regia</i>	0,1 c	7	0,3 c	11	1,3 c	22
	<i>Rx1</i>	0,3 bc	17	0,5 bc	19	2,2 bc	30
	<i>Vlach</i>	1,0 ab	21	0,6 bc	7	3,1 ab	24
	<i>Vx211</i>	1,5 a	29	1,0 ab	11	3,7 a	24
Infestación	- Phy	0,7	18,6	0,5 b	7,5 b	2,4	21,2 b
	+ Phy	0,8	19,5	0,9 a	17,8 a	3,1	28,8 a
Portainjerto		*	ns	*	ns	ns	ns
Infestación		ns	ns	*	*	ns	*
P x I		ns	ns	ns	ns	ns	ns

Asterisco indica efecto significativo; ns indica efecto no significativo.

En relación al efecto de la infestación con *Phytophthora* en el huerto de Rengo, esta no tuvo un impacto negativo sobre las respuestas productivas de los portainjertos. Es importante destacar que no se evidenció interacción significativa entre el portainjerto utilizado y la infestación, lo cual implica que ningún portainjerto respondió productivamente mejor que otro, ante la infestación con *Phytophthora*. No obstante, en Ovalle, específicamente durante la primera cosecha, las plantas infestadas mostraron una mejor eficiencia productiva (g/ASTT) que plantas no infestadas. Sin embargo, esta tendencia no se observó durante las siguientes cosechas.

## Componentes del rendimiento en Serr

En Rengo, durante la primera cosecha no se observaron diferencias atribuibles al portainjerto sobre el rendimiento por planta, ni sobre la eficiencia productiva (g/cm<sup>2</sup> ASTT). Durante la segunda cosecha (2021/2022), se observaron diferencias significativas sobre la carga frutal por efecto del portainjerto, donde *Paradox*, *Vx211* y *Rx1* presentaron una media sustancialmente mayor con respecto a *J. regia*. En cuanto a *Vlach*, este presentó valores intermedios. Es importante destacar que el tamaño de las nueces durante la segunda cosecha no presentó diferencias estadísticamente significativas entre los distintos portainjertos. Durante la tercera cosecha (2022/2023), la producción observada en *J. regia* fue significativamente menor que la de los demás portainjertos, aunque no existieron diferencias sobre la eficiencia productiva respecto de los demás portainjertos. En Ovalle, aunque con menores rendimientos que en Rengo, todos los portainjertos han mostrado valores significativamente mayores que *J. regia*, destacándose la respuesta de *Paradox* (de semilla) y *Vx211* (clonal).

En relación al efecto de la infestación con *Phytophthora* en el huerto de Rengo, esta tuvo un efecto negativo tanto en el rendimiento como en la eficiencia productiva, independiente del portainjerto utilizado. En otras palabras, todos los portainjertos presentaron un menor rendimiento cuando fueron infestados con el hongo. Es importante destacar que no se evidenció interacción significativa entre el portainjerto utilizado y la infestación, lo que implica que ningún portainjerto respondió productivamente mejor que otro ante la infestación con *Phytophthora*. No obstante, en Ovalle se observó el efecto contrario, ya que plantas infestadas mostraron una mejor eficiencia productiva (g/ASTT) que plantas no infestadas, lo que podría estar relacionado con una menor área del tronco en plantas infestadas.

## Peso de nuez y rendimiento de pulpa (%) en Chandler

La calidad de las nueces fue evaluada durante las tres cosechas. Para esto se determinó el peso de la nuez, así como el rendimiento de pulpa que se expresa en porcentaje, definiendo el porcentaje de la pulpa respecto del peso total de la nuez. Estas variables son buenos indicadores comerciales, puesto que definen el valor de la nuez. En Rengo (**Cuadro 5**), el efecto de los portainjertos fue significativo tanto en el peso de la nuez como en el porcentaje de llenado. En la variedad Chandler, durante la primera cosecha comercial (2021), se observó un mayor peso de nuez en portainjertos de mayor vigor, como *Paradox* y *Vx211*, mientras que *J. regia* y *Rx1*, portainjertos de menor vigor, presentaron nueces de menor peso. Sin embargo, el porcentaje de llenado fue significativamente mayor en *Rx1* con respecto a los demás portainjertos. Durante la temporada 2022, no se observaron diferencias significativas en ambas variables, mientras que durante la última temporada (2023) se observó un similar peso de la nuez, aunque con un porcentaje de llenado significativamente mayor en *Rx1* y *Vx211*. En Ovalle, al contrario, no se observaron diferencias significativas entre portainjertos al analizar ambas variables. Esta baja respuesta de los portainjertos podría estar determinada por la baja carga frutal de las plantas en comparación con

**Cuadro 5.** Peso de nuez y rendimiento de pulpa observada en Chandler (A) y Serr (B) por efecto del portainjerto y la infestación con *Phytophthora* spp, en las tres temporadas de producción, Centro Regional INIA Rayentué, Rengo.

5A. Chandler							
Factor	Nivel	Temporada 2021		Temporada 2022		Temporada 2023	
		Peso de nuez (g)	% de llenado	Peso de nuez (g)	% de llenado	Peso de nuez (g)	% de llenado
Portainjerto	<i>Paradox</i>	14,8 a	47,1 b	14	47,5	12,4	50,3 c
	<i>Regia</i>	14,4 bc	47,1 b	13,3	47,9	11,7	50,4 c
	<i>Rx1</i>	14,1 c	48,5 a	13,4	48,9	12,4	52,1 ab
	<i>Vlach</i>	14,3 bc	47,4 ab	13,4	48,3	12,4	51,0 bc
	<i>Vx211</i>	14,5 ab	47,9 ab	13,3	48,1	12,1	52,3 a
Infestación	- Phy	14,5	47,7	13,5	48	12	50,6
	+ Phy	14,4	47,5	13,5	48,4	12,3	51,9
Portainjerto		*	*	ns	ns	ns	*
Infestación		ns	ns	ns	ns	ns	ns
P x I		ns	ns	ns	ns	ns	ns

Asterisco indica efecto significativo; ns indica efecto no significativo.

5B. Serr							
Factor	Nivel	Temporada 2021		Temporada 2022		Temporada 2023	
		Peso de nuez (g)	% de llenado	Peso de nuez (g)	% de llenado	Peso de nuez (g)	% de llenado
Portainjerto	<i>Paradox</i>	14,5	55,5 bc	12,6	56,4	11,3	55,1 b
	<i>Regia</i>	14,3	54,6 c	12,8	56,6	11,3	57,6 a
	<i>Rx1</i>	14,9	56,9 a	12,8	56,5	11,8	57,3 a
	<i>Vlach</i>	14,5	56,3 ab	12,8	56,3	11,7	57,0 a
	<i>Vx211</i>	14,7	55,4 bc	12,8	56,6	11,6	57,7 a
Infestación	- Phy	14,6	55,5	12,9	56,4	11,6	56,8
	+ Phy	14,6	55,9	12,6	56,6	11,4	57,1
Portainjerto		ns	*	ns	ns	ns	*
Infestación		ns	ns	ns	ns	ns	ns
P x I		ns	ns	ns	ns	ns	ns

Asterisco indica efecto significativo; ns indica efecto no significativo.

la carga observada en Rengo, donde sí se observaron diferencias significativas. De acuerdo a lo anterior, en Ovalle se requiere más temporadas de evaluación para determinar si efectivamente el portainjerto influenciaría ambas variables en un escenario de alta carga frutal.

Es importante recalcar que el efecto de la infestación con *Phytophthora* spp al momento de la plantación no tuvo implicancias significativas sobre estas dos variables, en las tres temporadas de producción.

### Peso de nuez y rendimiento de pulpa en Serr

En Rengo, la variedad Serr presentó una respuesta similar a Chandler, al tener un similar peso de la nuez sobre los cinco portainjertos, aunque su efecto sobre el porcentaje de llenado de las nueces fue contrastante. En general, *Rx1* presentó nueces de mejor llenado que los demás portainjertos.

En Ovalle (**Cuadro 6**), al igual que Chandler, la variedad Serr no presentó diferencias sobre el peso de las nueces ni sobre el porcentaje de llenado. No obstante, la infestación con *Phytophthora* generó un menor llenado durante la temporada 2023, independiente del portainjerto utilizado.

**Cuadro 6.** Peso de nuez y rendimiento de pulpa observada en Chandler (A) y Serr (B) por efecto del portainjerto y la infestación con *Phytophthora* spp, en las tres temporadas de producción, huerto Talhuén, Ovalle.

6A. Chandler							
Factor	Nivel	Temporada 2021		Temporada 2022		Temporada 2023	
		Peso de nuez (g)	% de llenado	Peso de nuez (g)	% de llenado	Peso de nuez (g)	% de llenado
Portainjerto	<i>Paradox</i>	14,4	46,9	14	46,8	13,7	46,7
	<i>Regia</i>	14,6	47	14,4	46,7	14,2	46,4
	<i>Rx</i>	14	47,9	13,8	48	13,7	48,2
	<i>Vlach</i>	14,8	47,5	14,4	47	14	46,5
	<i>Vx211</i>	14,2	47,1	14,1	46,5	14,1	45,8
Infestación	- Phy	14,5	47	14,2	46,9	13,9	46,9
	+ Phy	14,3	47,6	14,1	47	13,9	46,5
Portainjerto		ns	ns	ns	ns	ns	ns
Infestación		ns	ns	ns	ns	ns	ns
P x I		ns	ns	ns	ns	ns	ns

Asterisco indica efecto significativo; ns indica efecto no significativo.

6B. Serr							
Factor	Nivel	Temporada 2021		Temporada 2022		Temporada 2023	
		Peso de nuez (g)	% de llenado	Peso de nuez (g)	% de llenado	Peso de nuez (g)	% de llenado
Portainjerto	<i>Paradox</i>	14,1	51,9	14,1	54,8	13,5	54,1
	<i>Regia</i>	13,5	53,2	14,5	54,2	12,7	55,3
	<i>Rx1</i>	13,9	52,9	13,8	55,4	13,1	54,1
	<i>Vlach</i>	14,1	52,7	14,4	55,8	13,4	54,2
	<i>Vx211</i>	13,9	52,1	13,9	55,3	13	55,9
Infestación	- Phy	14,6	55,5	12,9	56,4	11,6	56,8
	+ Phy	14,6	55,9	12,6	56,6	11,4	57,1
Portainjerto		ns	ns	ns	ns	ns	ns
Infestación		ns	ns	ns	ns	ns	*
P x I		ns	ns	ns	ns	ns	ns

Asterisco indica efecto significativo; ns indica efecto no significativo.

## Tamaño y color de las nueces en Chandler

Otras variables de calidad que definen el precio de las nueces son el tamaño y color de la pulpa, es decir, que las nueces de mayor tamaño y con pulpa de colores claros Extra light y Light alcanzan mejores precios de venta. De acuerdo al **Cuadro 7**, específicamente durante las temporadas 2022 y 2023, se observó que todos los portainjertos exhibieron una mayor proporción de fruta > 34 mm con respecto a *J. regia*, aunque esta respuesta no se vio reflejada sobre el peso de las nueces. Por su parte, el color de la pulpa fue similar entre los portainjertos, salvo la temporada 2022, en que *Vx211* confiere una tonalidad menos clara que los demás portainjertos. Con respecto a la infestación con *Phytophthora*, esta no tuvo efecto significativo sobre ambas variables.

**Cuadro 7.** Porcentaje de nueces > 34 mm y porcentaje de colores claros en mariposas (Extra light y Light), observada en Chandler (A) y Serr (B) por efecto del portainjerto y la infestación con *Phytophthora* spp, en las tres temporadas de producción, Centro Regional INIA Rayentué, Rengo

7A. Chandler							
Factor	Nivel	Temporada 2021		Temporada 2022		Temporada 2023	
		% nuez > 34 mm	% colores claro	% nuez > 34 mm	% colores claro	% nuez > 34 mm	% colores claro
Portainjerto	<i>Paradox</i>	98,8	93,5	88,0 a	84,3 a	37,7 a	99,7
	<i>Regia</i>	95,3	96,1	68,9 b	86,9 a	26,1 b	99,7
	<i>Rx</i>	97,1	97,6	78,8 ab	80,4 ab	40,0 a	100
	<i>Vlach</i>	94,6	98,3	76,5 ab	85,9 a	38,1 a	100
	<i>Vx211</i>	98,3	98,3	79,6 ab	64,9 b	33,1 a	99,8
Infestación	- Phy	96,4	96,8	77,1	82	31,8	99,7
	+ Phy	97,4	96,8	80,3	77,8	37,7	100
Portainjerto		ns	ns	*	*	*	ns
Infestación		ns	ns	ns	ns	ns	ns
P x I		ns	ns	ns	ns	ns	ns

Asterisco indica efecto significativo; ns indica efecto no significativo.

Para el caso del huerto de Ovalle (**Cuadro 8**), el efecto del portainjerto no fue significativo sobre el tamaño y color de la pulpa en las tres temporadas de evaluación. No obstante, se identificó un efecto significativo de la infestación con *Phytophthora* sobre el tamaño de las nueces, observándose una mayor proporción de nueces > 34 mm en plantas no infestadas. Esta respuesta no presentó

7B. Serr							
Factor	Nivel	Temporada 2021		Temporada 2022		Temporada 2023	
		% nuez > 34 mm	% colores claro	% nuez > 34 mm	% colores claro	% nuez > 34 mm	% colores claro
Portainjerto	<i>Paradox</i>	83,8	95,4	70,7	97,6	28,9	97,1
	<i>Regia</i>	75,9	97,9	70,7	96,3	40,7	97,8
	<i>Rx</i>	89,6	90,4	78,7	96,4	46,7	95,1
	<i>Vlach</i>	85	92,3	73,8	94,1	39,8	95,1
	<i>Vx211</i>	87,9	91,7	76,9	98,1	33,7	98,1
Infestación	- Phy	82,5	95,7	76,2	96,8	38,4	95,8
	+ Phy	86,4	91,4	72,2	96,2	37,1	97,5
Portainjerto		ns	ns	ns	ns	ns	ns
Infestación		ns	ns	ns	ns	ns	ns
P x I		ns	ns	ns	ns	ns	ns

Asterisco indica efecto significativo; ns indica efecto no significativo.

una interacción significativa con el portainjerto, de lo cual se infiere que todos los portainjertos presentaron este problema al ser infestados con el hongo.

**Cuadro 8.** Porcentaje de nueces > 34 mm y porcentaje de mariposas Extra light y Light, observada en Chandler (A) y Serr (B) por efecto del portainjerto y la infestación con *Phytophthora* spp, en las tres temporadas de producción, huerto de Talhuén, Ovalle.

8A. Chandler							
Factor	Nivel	Temporada 2021		Temporada 2022		Temporada 2023	
		% nuez > 34 mm	% colores claro	% nuez > 34 mm	% colores claro	% nuez > 34 mm	% colores claro
Portainjerto	<i>Paradox</i>	100	99,8	83	98,4	66	97,2
	<i>Regia</i>	100	100	92	97,8	84	96,2
	<i>Rx</i>	96,9	100	88,1	98,6	79,4	97,3
	<i>Vlach</i>	100	100,1	87	98,3	74	96,5
	<i>Vx211</i>	97,5	100	85,2	98	72,9	96,2
Infestación	- Phy	97,8	99,9	89,5 a	97,8	81,3 a	95,8
	+ Phy	100	100	84,6 b	98,7	69,2 b	97,5
Portainjerto		ns	ns	ns	ns	ns	ns
Infestación		ns	ns	*	ns	*	ns
P x I		ns	ns	ns	ns	ns	ns

Asterisco indica efecto significativo; ns indica efecto no significativo.

8B. Serr							
Factor	Nivel	Temporada 2021		Temporada 2022		Temporada 2023	
		% nuez > 34 mm	% colores claro	% nuez > 34 mm	% colores claro	% nuez > 34 mm	% colores claro
Portainjerto	<i>Paradox</i>	98,8	98,7	95,1 ab	100	80,4	92,1 ab
	<i>Regia</i>	98,8	97,7	91,6 b	100,1	61,4	78,7 c
	<i>Rx</i>	100	99,1	93,5 b	99,3	60,4	86,1 bc
	<i>Vlach</i>	97,3	99	97,5 a	99,9	75,2	95,7 a
	<i>Vx211</i>	96,8	99,6	93,1 b	93,5	77,5	94,4 ab
Infestación	- Phy	98,3	98,6	95,3	99,1	72,4	91,5
	+ Phy	98,4	99,1	93,1	98	69,6	87,4
Portainjerto		ns	ns	*	ns	ns	*
Infestación		ns	ns	ns	ns	ns	ns
P x I		ns	ns	ns	ns	ns	ns

Asterisco indica efecto significativo; ns indica efecto no significativo.

## Tamaño y color de las nueces en Serr

En Rengo no se observaron diferencias significativas entre portainjertos sobre ambas variables de calidad, mientras que la infestación tampoco tuvo un efecto importante.

En Ovalle se identificó un efecto significativo del portainjerto sobre el tamaño de la nuez durante la temporada 2022, donde destacó *Vlach* por conferir mayor tamaño a las nueces. Durante la temporada 2023, no se observaron diferencias en el tamaño de las nueces, aunque sí se observó un efecto significativo sobre el color de la pulpa en la que *J. regia* presentó una menor proporción de colores claros que los demás portainjertos. La infestación tampoco tuvo un efecto significativo sobre estas variables de calidad.



## Literatura citada

- Jarvis-Shean, K. DeBuse, C., Leslie, C., Metcalf, S. & Lampinen, B. (2023a). Horticultural evaluation of clonal walnut rootstocks. 1366, 297-302. <https://doi.org/10.17660/actahortic.2023.1366.35>
- Contador, M.L., Comas, L.H., Metcalf, S., Stewart, W.J., Porris, I., Negron, C. & Lampinen, B. (2015). Root growth dynamics linked to above-ground growth in walnut (*Juglans regia*). 116(1), 49-60. <https://doi.org/10.1093/aob/mcv064>
- Reginato, G. (2020, October 1). Producción y sostenibilidad del nogal en la Zona Sur. Revista RedAgricola pag.80-86. [https://centrofruticulturasur.cl/web/wp-content/uploads/2020/10/Produccion-y-sostenibilidad-del-nogal-en-la-zona-sur\\_Red-Agricola\\_Octubre-2020.pdf](https://centrofruticulturasur.cl/web/wp-content/uploads/2020/10/Produccion-y-sostenibilidad-del-nogal-en-la-zona-sur_Red-Agricola_Octubre-2020.pdf)