



**Universidad**  
Zaragoza

# TRABAJO FIN DE MÁSTER

## **MÁSTER EN INGENIERÍA AGRONÓMICA**

**INFLUENCIA DE LA CONCENTRACIÓN SALINA EN DIFERENTES  
PORTAINJERTOS DE PRUNUS, OLIVO, VID, AVELLANO Y  
ALMENDRO.**

**INFLUENCE OF SALINITY ON DIFFERENT SPECIES OF PRUNUS, OLIVE,  
VINE, HAZELNUT AND SELF-CORRECTED, DEPENDING ON THE  
PATTERN AT DIFFERENT SALINITY CONCENTRATIONS**

**Autor/es: JESÚS HOMBRÍA LAVIÑA**

**Director/es: JOSÉ CASANOVA GASCÓN**

**ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DE HUESCA**

**2023-2024**



## INFLUENCIA DE LA CONCENTRACIÓN SALINA EN DIFERENTES PORTAINJERTOS DE PRUNUS, OLIVO, VID, AVELLANO Y ALMENDRO.

### **Resumen**

Las especies de olivo (*Olea europaea*), patrones de prunus (*Prunus sp.*), patrones de vid (*Vitis vinífera*), avellano (*Corylus avellana*), y almendro autorradicado (*Prunus dulcis*), son cultivos importantes y las plantas estudiadas son las que aportan el sistema radicular al árbol frutal, por lo que se pueden ver drásticamente afectadas por el aumento de la salinidad; así, pues, en este estudio analizó el efecto salino sobre diferentes portainjertos de estas especies. El manejo consistió en mantenerlas en condiciones de riego y nutrición adecuadas sometiéndolas a tratamientos de salinidad, preparados con NaCl a diferentes concentraciones de control, 3, 6, y 9 dS/m, y determinar su efecto en algunos parámetros. El efecto de la salinidad se determinó midiendo, durante los dos meses de tratamiento: altura y grosor de las plantas, conductividad eléctrica, SPAD y fluorescencia de la clorofila. El análisis estadístico se realizó mediante la estadística descriptiva y análisis no paramétricos relacionando al aumento de la concentración de la salinidad, los portainjertos, y los meses de muestreo; encontrándose que, con algunas excepciones, estos parámetros se vieron influenciados por los factores salinidad, portainjertos y fechas de muestreo.

**Palabras claves:** Estrés salino, frutal, crecimiento, conductividad, clorofila, fluorescencia



**INFLUENCE OF SALINITY ON DIFFERENT SPECIES OF PRUNNUS, OLIVE,  
VINE, HAZELNUT AND SELF-CORRECTED, DEPENDING ON THE  
PATTERN AT DIFFERENT SALINITY CONCENTRATIONS**

**Abstract**

Olive species (*Olea europaea*), prunus rootstocks (*Prunus sp.*), grapevine rootstocks (*Vitis vinifera*), hazelnut (*Corylus avellana*), and self-rooted almond (*Prunus dulcis L.*), are important crops and the plants studied are the ones that provide the root system to the fruit tree, so they can be drastically affected by increased salinity; therefore, this study analysed the saline effect on different rootstocks of these species. The management consisted of maintaining them under adequate irrigation and nutrition conditions and then subjecting them to salinity treatments, prepared with NaCl at different control concentrations, 3, 6, and 9 dS/m, and determining their effect on some parameters. The effect of salinity was determined by measuring, during the two months of treatment: plant height and thickness, electrical conductivity, SPAD and chlorophyll fluorescence. Statistical analysis was carried out using descriptive statistics and non-parametric analyses relating the increase in salinity concentration, rootstock, and sampling months; it was found that, with some exceptions, these parameters were influenced by the factors salinity, rootstock and sampling dates.

**Keywords:** Salt stress, plants, growth, conductivity, chlorophyll, fluorescence



## **ÍNDICE**

# **INFLUENCIA DE LA CONCENTRACIÓN SALINA EN DIFERENTES PORTAINJERTOS DE PRUNUS, OLIVO, VID, AVELLANO Y ALMENDRO. ... 2**

## **1. Introducción**

**1.2.** *Efectos de la salinidad sobre el cultivo* ..... 16

**1.3.** *Medidas de acción para minimizar el problema de la salinidad*..... 18

## **2. Objetivos** .....19

**2.1.** *Objetivo Principal*..... 19

**2.2.** *Objetivos secundarios* ..... 19

## **3. Materiales y Métodos** .....21

**3.1.** *Localidad* ..... 21

**3.2.** *Material Vegetal* ..... 22

**3.3.** *Característica del sustrato* ..... 23

**3.4.** *Caracterización del agua* ..... 24

**3.5.** *Diseño experimental* ..... 26

## **3.6. Material** ..... 27

**3.6.1** *Porómetro*..... 27

**3.6.2.** *Spad*..... 29

**3.6.3.** *Grosor* ..... 30

**3.6.4** *Fluorímetro* ..... 31

**3.6.5** *Regla métrica* ..... 33

## **3.7. Análisis Estadísticos** ..... 34

## **4. Resultados y Discusión**.....35

### **4.1. Olivo** ..... 36

**4.1.1.** *Spad*..... 36

**4.1.2** *Altura*..... 39



**MÁSTER INGENIERÍA AGRONÓMICA**  
**JESÚS HOMBRÍA**

---

4.1.3	<i>Grosor</i> .....	42
4.1.4	<i>Porómetro</i> .....	45
<b>4.2.</b>	<b><i>Vid</i></b> .....	<b>47</b>
4.2.1.	<i>Spad</i> .....	47
4.2.2	<i>Altura</i> .....	51
4.2.3	<i>Grosor</i> .....	54
4.2.4	<i>Porómetro</i> .....	57
<b>4.3</b>	<b><i>Autorradicado</i></b> .....	<b>60</b>
4.3.1	<i>Spad</i> .....	60
4.3.2	<i>Altura</i> .....	63
4.3.3	<i>Grosor</i> .....	66
4.3.4	<i>Porómetro</i> .....	69
<b>4.4</b>	<b><i>Prunus</i></b> .....	<b>71</b>
4.4.1	<i>Spad</i> .....	71
4.4.2	<i>Altura</i> .....	74
4.4.3	<i>Grosor</i> .....	78
4.4.4	<i>Porómetro</i> .....	81
<b>4.5</b>	<b><i>Avellano</i></b> .....	<b>84</b>
4.5.1	<i>Spad</i> .....	84
4.5.2	<i>Altura</i> .....	87
4.5.3	<i>Grosor</i> .....	90
4.5.4	<i>Porómetro</i> .....	93
<b>4.6</b>	<b><i>Fluorímetro</i></b> .....	<b>95</b>
4.6.1	<i>Prunus</i> .....	96
4.6.2	<i>Vitis vinifera</i> .....	99
4.6.3	<i>Olea europaea</i> .....	101
4.6.4	<i>Corylus avellano</i> .....	103



**MÁSTER INGENIERÍA AGRONÓMICA**  
**JESÚS HOMBRÍA**

---

4.6.5 <i>Almendra autorradicado</i> .....	105
<b>5 Conclusiones .....</b>	<b>109</b>
<b>6 Referencias Bibliográficas .....</b>	<b>111</b>



ÍNDICE DE FIGURAS

1. Invernadero de la Escuela Politécnica Superior.....	21
2. Porómetro de marca (Meter group) y modelo (METER; SC01) utilizado en el ensayo.....	28
3. Características del Porómetro (METER; SC01) utilizado en el ensayo.....	28
4. SPAD (marca MINOLTA 502-Plus) utilizado en el ensayo.....	30
5. Pinza utilizada en el ensayo.....	32
6. Porómetro (METER; SC01) utilizado en el ensayo y sus componentes .....	33
7. Representación gráfica comparando las medidas descriptivas de SPAD en cada una de las variedades. ....	37
8. Representación gráfica comparando las medidas descriptivas de SPAD en cada una de los tratamientos. ....	38
9. Representación gráfica comparando las medidas descriptivas de altura en cada una de las variedades. ....	40
10. Representación gráfica comparando las medidas descriptivas de altura en cada una de los tratamientos. ....	41
11. Representación gráfica comparando las medidas descriptivas de grosor en cada una de las variedades.....	43
12. Representación gráfica comparando las medidas descriptivas de grosor en cada una de los tratamientos.....	44
13. Representación gráfica comparando las medidas descriptivas de SPAD en cada una de las variedades.....	48
14. Representación gráfica comparando las medidas descriptivas de SPAD en cada una de los tratamientos. ....	49
15. Representación gráfica comparando las medidas descriptivas de altura en cada una de las variedades. ....	52
16. Representación gráfica comparando las medidas descriptivas de altura en cada una de los tratamientos. ....	53
17. Representación gráfica comparando las medidas descriptivas de grosor en cada una de las variedades. ....	55



**MÁSTER INGENIERÍA AGRONÓMICA**  
**JESÚS HOMBRÍA**

---

18. Representación gráfica comparando las medidas descriptivas de grosor en cada una de las variedades. ....	56
19. Representación gráfica comparando las medidas descriptivas de grosor en cada una de los tratamientos ....	56
20. Representación gráfica comparando las medidas descriptivas de SPAD en cada una de las variedades. ....	61
21. Representación gráfica comparando las medidas descriptivas de SPAD en cada una de las variedades. ....	62
22. Representación gráfica comparando las medidas descriptivas de altura en cada una de las variedades ....	64
23. Representación gráfica comparando las medidas descriptivas de altura en cada uno de los tratamientos. ....	65
24. Representación gráfica comparando las medidas descriptivas de grosor en cada una de las variedades. ....	67
25. Representación gráfica comparando las medidas descriptivas de grosor en cada una de los tratamientos. ....	68
26. Representación gráfica comparando las medidas descriptivas de SPAD en cada una de las variedades. ....	72
27. Representación gráfica comparando las medidas descriptivas de SPAD en cada una de los tratamientos. ....	73
28. Representación gráfica comparando las medidas descriptivas de altura en cada una de las variedades. ....	75
29. Representación gráfica comparando las medidas descriptivas de altura en cada una de las variedades. ....	76
30. Representación gráfica comparando las medidas descriptivas de grosor en cada una de las variedades. ....	79
31. Representación gráfica comparando las medidas descriptivas de grosor en cada una de los tratamientos. ....	80
32. Representación gráfica comparando las medidas descriptivas de SPAD en cada una de las variedades. ....	85





**MÁSTER INGENIERÍA AGRONÓMICA**  
**JESÚS HOMBRÍA**

33. Representación gráfica comparando las medidas descriptivas de SPAD en cada una de las variedades. ....	86
34. Representación gráfica comparando las medidas descriptivas de altura en cada una de las variedades. ....	88
35. Representación gráfica comparando las medidas descriptivas de altura en cada una de los tratamientos. ....	89
36. Representación gráfica comparando las medidas descriptivas de grosor en cada una de las variedades. ....	91
37. Representación gráfica comparando las medidas descriptivas de grosor en cada una de los tratamientos. ....	92
38. Fluorimetría de prunus. Absorción de Energía y Desactivación No Fotoquímica (Fo y ABS/RC); Transporte y Transferencia de Electrones (TRo/RC y ETo/RC); Eficiencia Fotosintética y Desempeño del Fotosistema II (Fv/Fm y PI abs). Representación de los diferentes tratamientos (S1 a S4) de todos los patrones estudiados. ....	96
39. Fluorimetría de vid. Absorción de Energía y Desactivación No Fotoquímica (Fo y ABS/RC); Transporte y Transferencia de Electrones (TRo/RC y ETo/RC); Eficiencia Fotosintética y Desempeño del Fotosistema II (Fv/Fm y PI abs). Representación de los diferentes tratamientos (S1 a S4) de todos los patrones de vid estudiados. ....	99
40. Fluorimetría de olivo. Absorción de Energía y Desactivación No Fotoquímica (Fo y ABS/RC); Transporte y Transferencia de Electrones (TRo/RC y ETo/RC); Eficiencia Fotosintética y Desempeño del Fotosistema II (Fv/Fm y PI abs). Representación de los diferentes tratamientos (S1 a S4) de todos los patrones de vid estudiados. ....	10
1	
41. Fluorimetría de avellano. Absorción de Energía y Desactivación No Fotoquímica (Fo y ABS/RC); Transporte y Transferencia de Electrones (TRo/RC y ETo/RC); Eficiencia Fotosintética y Desempeño del Fotosistema II	



**MÁSTER INGENIERÍA AGRONÓMICA**  
**JESÚS HOMBRÍA**

---

- (Fv/Fm y PI abs). Representación de los diferentes tratamientos (S1 a S4) de todas las variedades de avellanos estudiados.....103
42. Fluorimetría de almendro autorradicado. Absorción de Energía y Desactivación No Fotoquímica (Fo y ABS/RC); Transporte y Transferencia de Electrones (TRo/RC y ETo/RC); Eficiencia Fotosintética y Desempeño del Fotosistema II (Fv/Fm y PI abs). Representación de los diferentes tratamientos (S1 a S4) de todas las variedades de almendro autorradicado estudiados.....105



ÍNDICE DE TABLAS

1. Material vegetal. Especies y variedades estudiadas.....	23
2. Análisis del sustrato utilizado.....	24
3. Resultados análisis del agua.....	25
4. Concentraciones de los elementos de la disolución.....	26
5. Portainjertos usados en cada una de las especies.....	27
6. Material Vegetal.....	28
7. Estadística descriptiva de los valores de SPAD en olivo.....	36
8. Análisis de Kruskal-wallis comparando las medidas descriptivas de SPAD en cada una de las variedades. ....	36
9. Kruskal-wallis comparando las medidas descriptivas de SPAD en cada una de los tratamientos.....	37
10. Estadística descriptiva de los valores de altura en olivo.....	39
11. Kruskal-wallis comparando las medidas descriptivas de altura en cada una de las variedades.....	40
12. Kruskal-wallis comparando las medidas descriptivas de altura en cada una de los tratamientos.....	40
13. Estadística descriptiva de los valores de grosor en olivo.....	42
14. Kruskal-wallis comparando las medidas descriptivas de grosor en cada una de las variedades.....	42
15. Kruskal-wallis comparando las medidas descriptivas de grosor en cada una de los tratamientos.....	43
16. Estadística descriptiva de los valores de porómetro en olivo.....	45
17. Kruskal-wallis comparando las medidas descriptivas del porómetro en cada una de las variedades.....	46
18. Kruskal-wallis comparando las medidas descriptivas del porómetro en cada uno de los tratamientos.....	46
19. Estadística descriptiva de los valores de SPAD en vid.....	47
20. Kruskal-Wallis comparando las medidas descriptivas de SPAD en cada una de las variedades.....	48



**MÁSTER INGENIERÍA AGRONÓMICA**  
**JESÚS HOMBRÍA**

---

21. Kruskal-wallis comparando las medidas descriptivas de SPAD en cada una de los tratamientos.....	49
22. Estadística descriptiva de los valores de altura en vid.....	51
23. Kruskal-Wallis comparando las medidas descriptivas de altura en cada una de las variedades.....	51
24. Kruskal-Wallis comparando las medidas descriptivas de altura en cada uno de los tratamientos.....	52
25. Estadística descriptiva de los valores de grosor en vid.....	54
26. Kruskal-Wallis comparando las medidas descriptivas de grosor en cada una de las variedades.....	54
27. Boxplot comparando las medidas descriptivas de grosor en cada una de los tratamientos.....	55
28. Estadística descriptiva de los valores del porómetro en olivo.....	57
29. Kruskal-Wallis comparando las medidas descriptivas del porómetro en cada una de las variedades.....	57
30. Kruskal-Wallis comparando las medidas descriptivas del porómetro en cada uno de los tratamientos.....	58
31. Estadística descriptiva de los valores de SPAD en autorradicado.....	60
32. Tabla 32: Kruskal-Wallis comparando las medidas descriptivas de SPAD en cada una de las variedades.....	60
33. Estadística descriptiva de los valores de altura en autorradicado.....	61
34. Kruskal-Wallis comparando las medidas descriptivas de altura en cada una de las variedades.....	61
35. Kruskal-Wallis comparando las medidas descriptivas de altura en cada uno de los tratamientos.....	65
36. Estadística descriptiva de los valores de grosor en autorradicado.....	66
37. Kruskal-Wallis comparando las medidas descriptivas de grosor en cada una de las variedades.....	66
38. Kruskal-Wallis comparando las medidas descriptivas de grosor en cada una de los tratamientos.....	67
39. Estadística descriptiva de los valores del porómetro en almendro.....	69



**MÁSTER INGENIERÍA AGRONÓMICA**  
**JESÚS HOMBRÍA**

---

40. Kruskal-Wallis comparando las medidas descriptivas del porómetro en cada una de las variedades.....	69
41. Kruskal-Wallis comparando las medidas descriptivas del porómetro en cada una de los tratamientos.....	70
42. Estadística descriptiva de los valores de SPAD en prunus.....	71
43. Análisis de la normalidad de los datos.....	71
44. Boxplot comparando las medidas descriptivas de SPAD en cada una de las variedades.....	72
45. Boxplot comparando las medidas descriptivas de SPAD en cada una de los tratamientos.....	73
46. Estadística descriptiva de los valores de altura en prunus.....	74
47. Kruskal-Wallis comparando las medidas descriptivas de altura en cada una de las variedades.....	74
48. Boxplot comparando las medidas descriptivas de altura en cada una de las variedades.....	75
49. Estadística descriptiva de los valores de grosor en prunus .....	78
50. Kruskal-Wallis comparando las medidas descriptivas de grosor en cada una de las variedades.....	78
51. Kruskal-Wallis comparando las medidas descriptivas de grosor en cada una de los tratamientos.....	79
52. Estadística descriptiva de los valores del porómetro en prunus.....	82
53. Análisis de normalidad de los datos del porómetro.....	82
54. Boxplot comparando las medidas descriptivas del porómetro en cada una de los tratamientos.....	83
55. Boxplot comparando las medidas descriptivas del porómetro en cada una de las variedades.....	83
56. Estadística descriptiva de los valores de SPAD en avellano.....	84
57. Kruskal-Wallis comparando las medidas descriptivas de SPAD en cada una de las variedades.....	84
58. Kruskal-Wallis comparando las medidas descriptivas de SPAD en cada una de los tratamientos.....	85



**MÁSTER INGENIERÍA AGRONÓMICA**  
**JESÚS HOMBRÍA**

59. Estadística descriptiva de los valores de altura en avellano.....	87
60. Kruskal-Wallis comparando las medidas descriptivas de altura en cada una de las variedades.....	88
61. Kruskal-Wallis comparando las medidas descriptivas de altura en cada una de los tratamientos.....	88
62. Estadística descriptiva de los valores de grosor en avellano.....	90
63. Kruskal-Wallis comparando las medidas descriptivas de grosor en cada una de las variedades.....	90
64. Kruskal-Wallis comparando las medidas descriptivas de grosor en cada una de los tratamientos.....	91
65. Estadística descriptiva de los valores del porómetro en avellano.....	93
66. Kruskal-Wallis comparando las medidas descriptivas del porómetro en cada una de las variedades.....	93
67. Kruskal-Wallis comparando las medidas descriptivas del porómetro en cada una de los tratamientos.....	93

El Trabajo fin de Máster que presento para su exposición y defensa es original y todas las fuentes utilizadas para su realización han sido debidamente citadas en el mismo.



## **1. Introducción**

### *1.1. Problema mundial de la salinidad*

A nivel mundial, el suelo constituye un recurso vital para la alimentación de una creciente población y se encuentra entre los esenciales para alcanzar la mayoría de los Objetivos de Desarrollo Sostenible de las Naciones Unidas; considerándose como un recurso vital para lograr la condición de hambre cero, garantizar la salud y el bienestar, la disponibilidad de agua potable, y en fin el saneamiento y la vida de los ecosistemas terrestres. Es un recurso imprescindible para alimentar a una creciente población mundial que alcanzará más de 9.800 millones de personas en 2050, además de ser una Variable controladora de los procesos hidrológicos del planeta, que proporciona productos y servicios fundamentales para mantener la vida y la prosperidad (Baggaley *et al.*, 2020). Sin embargo, el exceso de sales presentes en el suelo representa una amenaza importante para la productividad agrícola, la salud ambiental y el bienestar financiero (Díaz *et al.*, 2021); puesto que la acumulación de sal en la zona de las raíces de las plantas, o en la superficie del suelo, da como resultado la pérdida de su fertilidad, la alteración de sus propiedades, y por lo tanto, un impacto negativo en sus funciones ambientales ((Brevik *et al.*, 2015); Fu *et al.*, 2020). Hay dos causas principales de la salinidad del suelo: la provocada por el hombre, considerada como salinización secundaria, y la salinización natural o salinización primaria. La utilización de agua de baja calidad para el riego de cultivos debido a períodos prolongados de sequía, junto con fertilizantes químicos intensos, es la primera actividad realizada por el hombre que provoca la salinización del suelo (Peña *et al.*, 2020).

La salinidad del suelo es un problema extenso que se ha agravado en 900 millones de hectáreas en todo el mundo, y se extiende persistentemente, e incluso se ha señalado que el problema está creciendo a más de dos millones de hectáreas por año (Singh *et al.*, 2018, Tian *et al.*, 2020 y Hopmans *et al.*, 2021,). La salinización del suelo está aumentando a nivel mundial, y se extiende a más de 100 países (Hammam & Mohamed *et al.*, 2020); encontrándose la mayor parte de las áreas salinizadas principalmente en India, China, Estados Unidos, Sudán, Pakistán y Turquía (Seifi *et al.*, 2020). Un ejemplo



**MÁSTER INGENIERÍA AGRONÓMICA**  
**JESÚS HOMBRÍA**

---

para poder ofrecer una visión de la magnitud de este problema es que más del treinta por ciento del Irán está afectado por la sal, y esta está aumentando continuamente, causando diversos problemas ecológicos, como la salinización de la zona de las raíces, erosión del suelo, y reducción de la productividad agrícola (Mirzaee *et al.*, 2020). De manera similar, se ha informado que el 34% del área irrigada en Argentina, el 18% en Sudáfrica y el 33% en Egipto, son salinos (Hassani *et al.*, 2021).

A nivel mundial, más de una quinta parte del total de tierras irrigadas se ve afectada por la sal, y si no se atiende el problema, esta área podría aumentar a más del 50 por ciento en los próximos 30 años; calculándose que, en todo el mundo, el suelo salino podría causar una pérdida agrícola anual de hasta 27 mil millones de dólares (Wang *et al.*, 2021). En las regiones áridas irrigadas, la combinación de una elevada evapotranspiración, poca precipitación y factores del suelo dificultan la infiltración, y provocan la acumulación de sal en las capas superiores del suelo, la alteración de las propiedades del suelo, y la restricción de las funciones del suelo; reduciendo de esta manera el rendimiento de los cultivos (Ivushkin *et al.*, 2019). De esta manera, la salinización se ha convertido en uno de los principales problemas ambientales y socioeconómicos en el mundo, y se espera que se incremente aún más con el cambio climático, del cual apenas se ha abordado la determinación de cómo este cambio climático influye en la dinámica de la salinización natural del suelo, debido a los procesos altamente complejos que influyen en la salinización (Hassani *et al.*, 2023). Los posibles impactos de la alteración climática en los suelos consisten en degradación física (erosión), biológica (pérdida de biodiversidad) y química (salinización); pudiendo crear e intensificar el cambio climático, la salinización del suelo (Corwin *et al.*, 2021).

### *1.2. Efectos de la salinidad sobre el cultivo*

La salinidad es un estrés abiótico que reduce la capacidad de una planta para convertir energía en biomasa, junto con la sequía, el frío y el calor; reduciendo el rendimiento de los cultivos, y constituyendo un desafío importante para satisfacer la creciente demanda de alimentos para la población (He *et al.*, 2018). El cultivo de vegetales se enfrenta a muchos problemas debido a la salinidad del suelo, que no sólo se limita a las zonas costeras, sino que también es inducida por otros factores como prácticas





**MÁSTER INGENIERÍA AGRONÓMICA**  
**JESÚS HOMBRÍA**

---

agronómicas defectuosas o el uso de agua reciclada en el riego, que puede contener grandes cantidades de sales. La mayoría de las plantas no pueden sobrevivir cuando las concentraciones de NaCl exceden los 200 mM (Zhou *et al.*, 2016) porque la alta salinidad afecta ampliamente su ciclo de vida; esto como consecuencia de la toxicidad iónica, la presión osmótica, el daño oxidativo, la escasez nutricional, y lo que es más grave, está interrelacionado con la sequía, otro problema mundial, que puede verse agravado por las temperaturas extremas (Slama *et al.*, 2015).

El suelo salino se define como un suelo no sódico que contiene una cantidad suficiente de sal soluble, que podría influir negativamente en la mayoría de las plantas de cultivo. La acumulación excesiva de sales solubles en la zona de las raíces puede ir más allá de la tolerancia a la sal de las plantas, afectando negativamente su tasa de crecimiento. Un suelo con una conductividad eléctrica (CEe) mayor de  $2 \text{ dS/m}$  a  $25^\circ\text{C}$ , es tradicionalmente considerado como suelo salino (Mehlenbacher. *et al.*, 2021).; sin embargo, dependiendo del tipo de planta, las condiciones climáticas y las propiedades del equilibrio suelo-agua, la tolerancia a la sal de los cultivos y plantas sensibles puede ser diferente. El estrés salino deteriora la transpiración de las hojas, lo que se conoce como efectos de iones específicos, o reduce directamente la absorción de agua de la planta desde la zona de raíces, produciendo el estrés osmótico en la planta, además que la salinidad del suelo también impone desequilibrios nutritivos en las plantas. La salinidad del suelo entre  $2$  y  $4 \text{ dS/m}$  puede afectar negativamente los rendimientos de las plantas sensibles a la salinidad. En niveles superiores a  $8 \text{ dS/m}$ , el crecimiento de la mayoría de los cultivos y plantas muestra una severa disminución en respuesta a la excesiva salinidad del suelo. La pérdida de vegetación a su vez reduce la estabilidad del suelo, y expone el suelo a la erosión del viento o del agua. Además de los efectos nocivos sobre la vegetación, la salinidad excesiva del suelo disminuye el funcionamiento biológico de los microorganismos del suelo, a un nivel que altera el ciclo del nitrógeno del suelo, la respiración y la materia orgánica entrante (Singh *et al.*, 2022).

De esta forma, la salinidad se convierte en el segundo factor abiótico más importante que afecta la productividad agrícola en todo el mundo, interfiriendo con



**MÁSTER INGENIERÍA AGRONÓMICA**  
**JESÚS HOMBRÍA**

---

numerosos procesos fisiológicos, bioquímicos y moleculares de las plantas (Raza *et al.*, 2023), induciendo la síntesis de solutos compatibles, y regulando la migración de iones.

Los efectos del estrés salino sobre la conductancia estomática de las hojas, la fotosíntesis y el uso eficiente del agua, varían dependiendo del grado y la duración del estrés, así como de la especie de planta a cultivar (Zhang *et al.*, 2018). Considerando que varios estudios han demostrado que el potencial osmótico de las hojas y el contenido de nitrógeno de las hojas están estrechamente relacionado con la conductancia estomática y la fotosíntesis; demostrando algunos estudios que el ajuste osmótico es el principal factor controlador de la conductancia estomática en plantas que crecen en suelos salinos (Boussadia *et al.*, 2023). La acumulación de iones  $\text{Na}^+$  en las hojas conduce a un aumento de la resistencia del mesófilo, que combinado con un aumento de la resistencia estomática, reduce gradualmente la cantidad de  $\text{CO}_2$  que llega al cloroplasto; conduciendo a su vez esta disminución en la concentración de  $\text{CO}_2$ , a una disminución de la fotosíntesis (Moula *et al.*, 2020). La fotosíntesis y la conductancia estomática están bien correlacionadas, aunque una disminución de la tasa fotosintética también puede ser causada por otras limitaciones no estomáticas (Acosta-Motos *et al.*, 2017).

### *1.3. Medidas de acción para minimizar el problema de la salinidad*

Las técnicas convencionales para el monitoreo de la salinización son laboriosas y requieren mucho tiempo, y además están restringidas a mediciones específicas del sitio, y por un tiempo relativamente más corto (Seifi *et al.*, 2020); por lo tanto es fundamental utilizar procedimientos y técnicas avanzadas de seguimiento de la salinidad del suelo para facilitar decisiones adecuadas y fiables (Piikki *et al.*, 2021). En este sentido, muchas investigaciones han ilustrado la eficacia de los enfoques y métodos basados en satélites, como las técnicas RS y GIS, para el mapeo de la salinidad del suelo; las cuales generan información confiable, dada su capacidad para capturar datos en escalas temporales y espaciales (Ren *et al.*, 2019).

A nivel local, la salinidad del suelo tiene varias causas que difieren en las diferentes regiones geológicas y climáticas, y pueden ser naturales, debido a la tala de vegetación nativa, o al riego; por lo que la mitigación de la salinidad del suelo y su impacto en las



**MÁSTER INGENIERÍA AGRONÓMICA**  
**JESÚS HOMBRÍA**

---

plantas, deben considerarse de manera algo diferente en el contexto de estos tres escenarios. La eliminación de sales de la zona de la raíz (recuperación) es quizás la forma más efectiva y duradera de mejorar o incluso eliminar los efectos perjudiciales de la salinidad. Sin embargo, además de ser lento y costoso, el proceso requiere grandes cantidades de agua y un drenaje eficaz del suelo. En consecuencia, no siempre es posible o factible llevar a cabo una “*completa recuperación*”. Existen otras prácticas generales de manejo para reducir el impacto de la salinidad del suelo en el rendimiento de los cultivos como el triturado, la labranza profunda, y la incorporación de materia orgánica, entre otras (Munns *et al.*, 2023).

## **2. Objetivos**

### *2.1. Objetivo Principal*

Evaluar la influencia de la salinidad en el desarrollo y rendimiento de especies frutales de clima templado, específicamente Olivo, Prunus, Vid, Avellano y Almendro autorradicado.

### *2.2. Objetivos secundarios*

- **1. Analizar la influencia de la salinidad en los parámetros vegetativos** (altura, grosor de tallo, , entre otros) de las especies Olivo, Prunus, Vid, Avellano y Almendro, evaluando su impacto en el crecimiento y adaptación de cada especie.
- **2. Evaluar el efecto de la salinidad sobre los parámetros fotosintéticos** mediante el uso de técnicas de medición como el índice SPAD y la fluorescencia de clorofila, determinando su incidencia Olivo, Prunus, Vid, Avellano y Almendro.
- **Comparar la tolerancia de las especies estudiadas** (Olivo, Prunus, Vid, Avellano y Almendro) frente a condiciones salinas, a fin de identificar



**MÁSTER INGENIERÍA AGRONÓMICA**  
**JESÚS HOMBRÍA**

diferencias intraespecíficas en cuanto a resistencia y posibles estrategias de manejo para optimizar el cultivo en suelos con salinidad elevada.

Todo ello se alinea con los Objetivos de Desarrollo Sostenible ODS nº2 Hambre Cero, nº12 Producción y consumo responsables y nº15 Vida de ecosistemas terrestres.

- Meta 2.3 - duplicar la productividad agrícola y los ingresos de los productores de alimentos en pequeña escala, en particular las mujeres, los pueblos indígenas, los agricultores familiares, los pastores y los pescadores, entre otras cosas mediante un acceso seguro y equitativo a las tierras, a otros recursos de producción e insumos, conocimientos, servicios financieros, mercados y oportunidades para la generación de valor añadido y empleos no agrícolas.

- Meta 2.4 - asegurar la sostenibilidad de los sistemas de producción de alimentos y aplicar prácticas agrícolas resilientes que aumenten la productividad y la producción, contribuyan al mantenimiento de los ecosistemas, fortalezcan la capacidad de adaptación al cambio climático, los fenómenos meteorológicos extremos, las sequías, las inundaciones y otros desastres, y mejoren progresivamente la calidad del suelo y la tierra.

- Meta 2.5 - mantener la diversidad genética de las semillas, las plantas cultivadas y los animales de granja y domesticados y sus especies silvestres conexas, entre otras cosas mediante una buena gestión y diversificación de los bancos de semillas y plantas a nivel nacional, regional e internacional, y promover el acceso a los beneficios que se deriven de la utilización de los recursos genéticos y los conocimientos tradicionales y su distribución justa y equitativa, como se ha convenido internacionalmente.

- Meta 12.2 - lograr la gestión sostenible y el uso eficiente de los recursos naturales.



### **3. Materiales y Métodos**

#### *3.1. Localidad*

El estudio se realizó en el invernadero de prácticas de la Escuela Politécnica Superior de Huesca.



*Figura 1: Invernadero de la Escuela Politécnica Superior*



### *3.2. Material Vegetal*

Las especies elegidas (Tabla 1) y las variedades estudiadas son comercialmente interesantes utilizadas en la actualidad o de reciente aparición en el mercado, estudiadas suficientemente.

Especie	Variedades
Prunus ( <b>Prunus sp.</b> )	Garnem. R20 R40 GF677 RR
Olivo ( <b>Olea europaea</b> )	Arbequina Arbosana Sikitita Koriana Lecciana
Vid ( <b>Vitis vinífera</b> )	M4 Paulsen Richter110 M2
Avellano ( <b>Corylus avellana</b> )	Romana Barcelona Yamhill Giffoni
Autorradicado( <b>Prunus dulcis</b> )	Vialfas Penta Guara Avijor



*Tabla 1: Material vegetal. Especies y variedades estudiadas.*

### 3.3. Característica del sustrato

En este ensayo el sustrato fue arena comercial a la cual se le realizó un análisis en el laboratorio Eurofins obteniendo los siguientes resultados (Tabla 2)

Medida		Observaciones
<b>Humedad</b>	<1 %	
<b>pH.</b>	8.8.	Ligeramente alcalino
<b>Conductividad eléctrica</b>	25°C 0.11 dS/m	No limitante
<b>Carbono orgánico</b>	<0.29 % s.m.s.	
<b>Materia orgánica oxidable</b>	<0.5 % s.m.s.	Muy bajo
<b>Carbonato cálcico equivalente s.m.s.</b>	23.78 %	
<b>Calizas</b>		
<b>Nutrientes:</b>		
<b>Nitrógeno nítrico Detectable</b>	(<2) mg/Kg s.m.s.	Normal
<b>Fósforo sms</b>	<5 mg/Kg s.m.s.	Bajo
<b>Potasio sms</b>	19 mg/Kg s.m.s.	Bajo
<b>Calcio sms</b>	4091 mg/Kg s.m.s.	Alto
<b>Magnesio</b>	63 mg/Kg s.m.s.	Bajo



**MÁSTER INGENIERÍA AGRONÓMICA**  
**JESÚS HOMBRÍA**

<b>Sodio</b>	20 mg/Kg s.m.s.	Normal
<b>Relaciones de interés:</b>		
<b>Relació Calcio/Magnesio</b>	65.3.	Deficiencia de magnesio
<b>Relación Magnesio/Potasio 3.2.</b>		Aceptable

*Tabla 2: Análisis del sustrato utilizado.*

### 3.4. Caracterización del agua

El análisis del agua utilizada en los diferentes tratamientos se realizó en el laboratorio Eurofins con estos resultados (Tabla 3). El agua que se aporta es la normal del invernadero, con  $\frac{1}{4}$  de la solución de Hoglan y su análisis se muestra como S1 en el análisis. La única diferencia es el añadido de NaCl que se aporta para los diferentes tratamientos (S2, S3, S4).

<b>Parámetro</b>	<b>S1</b>	<b>S2</b>	<b>S3</b>	<b>S4</b>
<b><i>Propiedades básicas:</i></b>				
<b><i>Temperatura (°C)</i></b>	18,9	19,3	19,3	19,2
<b><i>pH</i></b>	7,9	8,0	7,8	7,8
	(Normal)	(Normal)	(Normal)	(Normal)
<b><i>Conductividad eléctrica (dS/m)</i></b>	0,848	2,89	5,64	8,28
	(R. ligera)	(R. mod.)	(R. imp.).	(R. imp.).
<b><i>Aniones:</i></b>				
<b><i>Nitrato (mEq/l)</i></b>	1,20	1,86	1,83	1.78 mEq/l.
	(R.imp.)	(R + imp.)	(R. muy imp.)	(R.+ import.)
<b><i>Cloruro (mEq/l)</i></b>	2,46	18,1	40.3	>70.5 mEq/l.





**MÁSTER INGENIERÍA AGRONÓMICA**  
**JESÚS HOMBRÍA**

	(Sin R.)	(R. imp.)	(R. imp.)	(R. imp.)
<b>Sulfato (mEq/l)</b>	1,33	1,39	1,32	0,792
	(Normal)	(Normal)	(Normal)	(Normal)
<b>Fluoruro (mEq/l)</b>	0,015	0,012	-0,0053	<0,053
	(Sin R.)	(Sin rest.)	(Sin R.)	(Sin R.)
<b>Alcalinidad Total (mgCaCO<sub>3</sub>/l)</b>	148,5	150,7	212,2	149,3
<b>Carbonatos (mEq/l)</b>	<0,06	<0,06	<0,06 mEq/l	<0,06 mEq/l
	(Normal)	(Normal)	(Normal)	(Normal)
<b>Bicarbonatos (mEq/l)</b>	3,02	3,05 (R. ligera)	4,33 mEq/l	3,03 m
	(R. ligera)		(R. moderada)	(R. ligera)
<b>Relación de interés:</b>				
<b>Presión Osmótica (atm)</b>	0,305	1,039	2,030	2,980
<b>Carbonato Sódico Residual (mEq/l)</b>	-0,18	-2,25	-2,18	-3,84
<b>Relación de absorción de sodio (SAR)</b>	2,68	10,76	24,31	37,07
<b>Índice de Scott (mg/l)</b>	29,30	3,90	197,20	

*Tabla 3: Resultados análisis del agua*

El agua de drenaje se media cada semana con un conductímetro para confirmar la salinidad del riego.

La fertilización se aplicó (Tabla 4) mediante tanques de fertirrigación con una solución Hoglan1/4 que contiene los elementos esenciales en los niveles adecuados para el crecimiento de una amplia variedad de plantas con los siguientes componentes:



Elemento	K	P	S	Mg	B	Fe	Mn	Zn	Cu	Mo	N
<b>Concentración (ppm)</b>	235	31	64	48	0,5	3	0,5	0,05	0,02	0,01	210

*Tabla 4: Concentraciones de los elementos de la disolución*

Los tratamientos se mantuvieron con un riego cercano a capacidad de campo, y al cabo de 15 días se alcanzó el tratamiento correspondiente de salinidad.

### *3.5. Diseño experimental*

En el diseño experimental (Tabla 5) se utilizaron los mismos portainjertos en todos los tratamientos, se midieron cuatro plantas de cada portainjerto y especie de prunus (*Prunus* sp.), olivo (*O. europaea*), vid (*V. vinífera*), avellano (*C. avellana*) y de almendro autorradicado.

En cada especie, los tratamientos de estrés salino fueron preparados con NaCl a diferentes concentraciones, las cuales incluyeron valores de, 0,8 dS/m (control), 3 dS/m, 6 dS/m y 9 dS/m con cuatro medidas por tratamientos.

Los tratamientos fueron identificados respectivamente como S1, S2, S3, S4.



**MÁSTER INGENIERÍA AGRONÓMICA**  
**JESÚS HOMBRÍA**

<i>Prunus</i>	Olivo	Vid	Almendro	Avellano
Rootopac40	Arbequina	M4	Vialfas	Romana
Rootopac40	Arbequina	M4	Vialfas	Romana
Rootopac40	Arbequina	M4	Vialfas	Romana
Rootopac40	Arbequina	M4	Vialfas	Romana
Rootopac20	Arbosana	Paulsen	Penta	Barcelona
Rootopac20	Arbosana	Paulsen	Penta	Barcelona
Rootopac20	Arbosana	Paulsen	Penta	Barcelona
Rootopac20	Arbosana	Paulsen	Penta	Barcelona
GF677	Sikitita	Richter110	Avijor	Yamhill
GF677	Sikitita	Richter110	Avijor	Yamhill
GF677	Sikitita	Richter110	Avijor	Yamhill
GF677	Sikitita	Richter110	Avijor	Yamhill
Garnem	Koriana	M2	Guara	Giffoni
Garnem	Koriana	M2	Guara	Giffoni
Garnem	Koriana	M2	Guara	Giffoni
Garnem	Koriana	M2	Guara	Giffoni
RR	Lecciana			
RR	Lecciana			
RR	Lecciana			
RR	Lecciana			

*Tabla 5: Portainjertos usados en cada una de las especies*

### 3.6. Material

Para comprender la influencia de la salinidad, las mediciones y aparatos utilizados fueron los siguientes:

#### 3.6.1 Porómetro

La conductancia estomática fue medida con un porómetro (Porometer SC1, METER Group Inc., Pullman, WA, USA), siguiendo los procedimientos estandarizados. Mide la conductancia estomática de las hojas usando la técnica del estado estacionario; una técnica que calcula la presión de vapor, y el flujo de vapor, sobre la superficie de la hoja. La pinza del porómetro incorpora una cámara con un recorrido de difusión

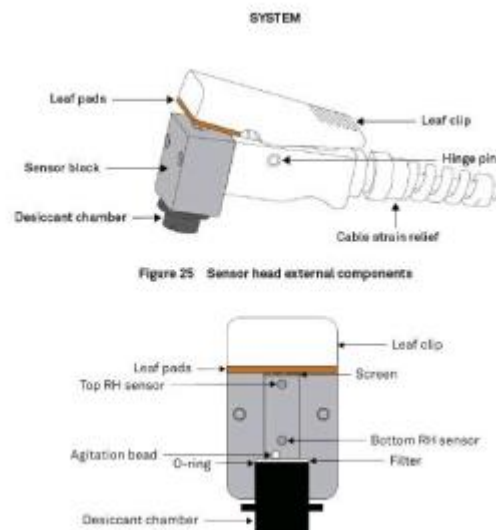


**MÁSTER INGENIERÍA AGRONÓMICA**  
**JESÚS HOMBRÍA**

conocido y se fija a la superficie de las hojas, comenzando a continuación a medir la presión de vapor entre dos puntos de esta trayectoria, para calcular el flujo y el gradiente con las medidas de presión de vapor y conductancia de difusión conocida. Está formado por dos partes que son la cámara de medida y el controlador. Necesita calibración para cada sesión de medidas.



*Figura 2: Porómetro de marca (Meter group) y modelo (METER; SC01) utilizado en el ensayo*



*Figura 2: Cabezal Porómetro de marca (Meter group) y modelo (METER; SC01) utilizado en el ensayo*



Como principales características del aparato podemos destacar las siguientes:

Precisión	10% de la medida
<b>Intervalo de medida de Conductancia</b>	0 a 1000 mmol m <sup>2</sup> s <sup>-1</sup>
<b>Condiciones ambientales para su funcionamiento</b>	5 a 40°C, 0 a 100% RH, con cámara de desecante
<b>Unidades de medida</b>	μmol m <sup>2</sup> s <sup>-1</sup>
<b>Desecante</b>	DrieRite, tamaño partícula 10-20mm

*Figura 3: Características del Porómetro (METER; SC01) utilizado en el ensayo*

### 3.6.2. SPAD

El índice de clorofila se midió usando un medidor de clorofila SPAD (SPAD-502 Plus, Konica Minolta, Osaka, Japón), siguiendo el protocolo recomendado por el fabricante es un dispositivo de medición no destructivo del contenido de clorofila en las hojas, utilizado para optimizar el tiempo: ya que el contenido de clorofila es un indicador de la salud de las plantas. El SPAD evalúa cuantitativamente la intensidad del verde de la hoja midiendo las transmisiones de luz a 650 nm, donde ocurre absorción de luz por la molécula de clorofila, y a 940 nm, donde no ocurre absorción. La medida que se obtiene es adimensional y correlacionada con el contenido de clorofila.



**MÁSTER INGENIERÍA AGRONÓMICA**  
**JESÚS HOMBRÍA**



*Figura 4: SPAD (marca MINOLTA 502-Plus) utilizado en el ensayo*

### 3.6.3. Grosor

Las mediciones de grosor se realizaron con un calibrador digital ABS de 150 mm (Horex, Alemania). El calibrador o vernier, es usado para mediciones de alta precisión, usado para medir el grosor de los tallos en crecimiento a 5 cm de altura del brote.

El pie de rey digital tiene escala absoluta, sin necesidad de puesta a cero y la presión de medición se transmite directamente a las patas de medición



*Figura 4: Pie de rey utilizado en el ensayo (marca FACOM)*



### *3.6.4 Fluorímetro*

Los parámetros de fluorescencia de la clorofila se midieron utilizando un fluorímetro portátil (Handy PEA, Hansatech Instruments Ltd., Norfolk, Reino Unido), siguiendo las instrucciones y recomendaciones del fabricante, Mide los parámetros de fluorescencia, o intensidad y distribución de las longitudes de onda del espectro de emisión, después de la excitación con un espectro de luz específico. Estos parámetros se miden y se utilizan para determinar la presencia y la cantidad de moléculas específicas en promedio (Hernández y González, 2002). Está formado por un sensor con 3 LED rojos que se encargan de filtrar longitudes de onda de 650 nm, estos provocan una iluminación uniforme sobre el área de la hoja, posteriormente el diseño óptico garantiza que la respuesta es a la máxima de la señal de fluorescencia con una longitud de onda larga y bloquee la luz LED que es de onda más corta.

El análisis de la fluorimetría se centra en tres grupos clave de parámetros de fluorescencia de la clorofila que son :

#### **1. Absorción de Energía y Desactivación No Fotoquímica.**

- Para ello se toman como referencia los parámetros  $F_0$  (Fluorescencia Mínima) y  $ABS/RC$  (Absorción por Centro de Reacción). Generalmente, estos parámetros disminuyen con el aumento de la salinidad, indicando una reducción en la capacidad de las plantas para absorber energía lumínica. Esta tendencia es consistente en la mayoría de las variedades, sugiriendo un mecanismo común de respuesta al estrés.

#### **2. Transporte y Transferencia de Electrones.**

- Se utilizan  $TR_0/RC$  (Captura por Centro de Reacción) y  $ET_0/RC$  (Transporte de Electrones por Centro de Reacción). Se observa una disminución en estos parámetros con el incremento de la salinidad, reflejando una eficiencia comprometida en los procesos de transferencia de electrones dentro del fotosistema II. Esta reducción es más pronunciada en ciertas variedades, indicando diferentes grados de sensibilidad al estrés salino (Murchie, E. H., & Lawson, T., 2013).

### 3. Eficiencia Fotosintética y Desempeño del Fotosistema II.

- Se seleccionan  $F_v/F_m$  (Eficiencia Cuántica Máxima del PSII) y PI abs (Índice de Desempeño en Base a la Absorción). Ambos parámetros muestran una tendencia descendente bajo niveles más altos de salinidad, lo que significa una disminución en la eficiencia fotosintética y en la salud general del fotosistema II. La magnitud de esta disminución varía entre los portainjertos, destacando diferencias en su resistencia a condiciones salinas.



*Figura 5: Pinza utilizada en el ensayo*





*Figura 6: Porómetro (METER; SC01) utilizado en el ensayo y sus componentes.*

#### 3.6.4 Regla métrica

La regla metálica se utiliza para medir las longitudes de los tallos en crecimiento (figura 7).



*Figura 7: Regla metálicaTAJIMA acero INOXIDABLE 1000 mm*



### ***3.7. Análisis Estadísticos***

En el presente estudio, se ha utilizado el software XLSTAT Statistical Software (Versión 2019). Inicialmente, se realizaron análisis de estadística descriptiva y pruebas de normalidad sobre los datos. En los casos en que se cumplió el supuesto de normalidad, se aplicó un análisis de varianza multifactorial (ANOVA) para evaluar las diferencias entre factores con la comparación de Tukey. Por el contrario, cuando los datos no cumplieron con el supuesto de normalidad, se optó por el análisis no paramétrico de Kruskal-Wallis con la comparación de Conover-Iman.

Además, en el análisis de fluorimetría consistió en una comparativa de las medidas realizadas al inicio del experimento sobre las plantas de control (S1\*) cuando todavía no se había aplicado la concentración de salinidad, comparando las referencias para cada especie con el conjunto de variedades de todos los tratamientos después de haber aplicado las diferentes concentraciones de salinidad durante el experimento (S1,S2,S3,S4), es decir, medidas de las variedades en junio.

La medida es el porcentaje de la diferencia y la media de las mediciones correspondientes a la última fecha del ensayo, con el objetivo de evaluar los cambios en las variables de interés a lo largo del tiempo.

Esta metodología permitió obtener resultados robustos tanto para los análisis paramétricos como no paramétricos, así como para la evaluación de cambios a través de las mediciones fluorimétricas.



#### **4. Resultados y Discusión**

La salinidad, es uno de los estreses abióticos más común que afecta la fisiología de las plantas al provocar varios trastornos que incluyen el desequilibrio de los iones de nutrientes, la disminución de la conductancia estomática, una baja actividad fotosintética, la reducción del número de hojas, la longitud de las raíces, producción de frutos, y el crecimiento (Petretto *et al.*, 2019). En el crecimiento, el estrés inducido por la salinidad influye a través de diversos cambios fisiológicos, bioquímicos y moleculares ejercidos en los mecanismos internos de las plantas ((Küçükyumuk y Suarez *et al.*, 2023); aumentando la concentración de  $\text{Na}^+$  y  $\text{Cl}^-$ , e incrementando la proporción de  $\text{Na}^+/\text{K}^+$ , que afectan las actividades iónicas regulares en las plantas (Kumar *et al.*, 2021).

En las especies *Olea. europaea*, *Prunus* sp., *Vitis. vinífera*, *Corylus. avellana* y el almendro autorradicado

El almendro autorradicado se obtiene a partir de una porción vegetal de una variedad que se multiplica directamente, sin realizar la técnica del injerto (esta planta es generada a partir de una planta cuyos vástagos son cultivados in vitro donde se multiplica y genera un crecimiento posterior que tras un periodo de aclimatación termina con un radicación exvitro).



**MÁSTER INGENIERÍA AGRONÓMICA**  
**JESÚS HOMBRÍA**

**4.1. Olivo (*Olea europaea*)**

**4.1.1. Spad**

Variable	Observaciones	Mínimo	Máximo	Media	Desv. típica
<b>Arberquina</b>	64	23,5	96,4	65,2	21,8
<b>Arbosana</b>	64	10,8	95,4	65,2	19,9
<b>Koriana</b>	64	9,4	98,3	66,1	24,7
<b>Lecciana</b>	64	9,2	92,3	65	24,4
<b>Sikitita</b>	64	10,3	98	62,5	26

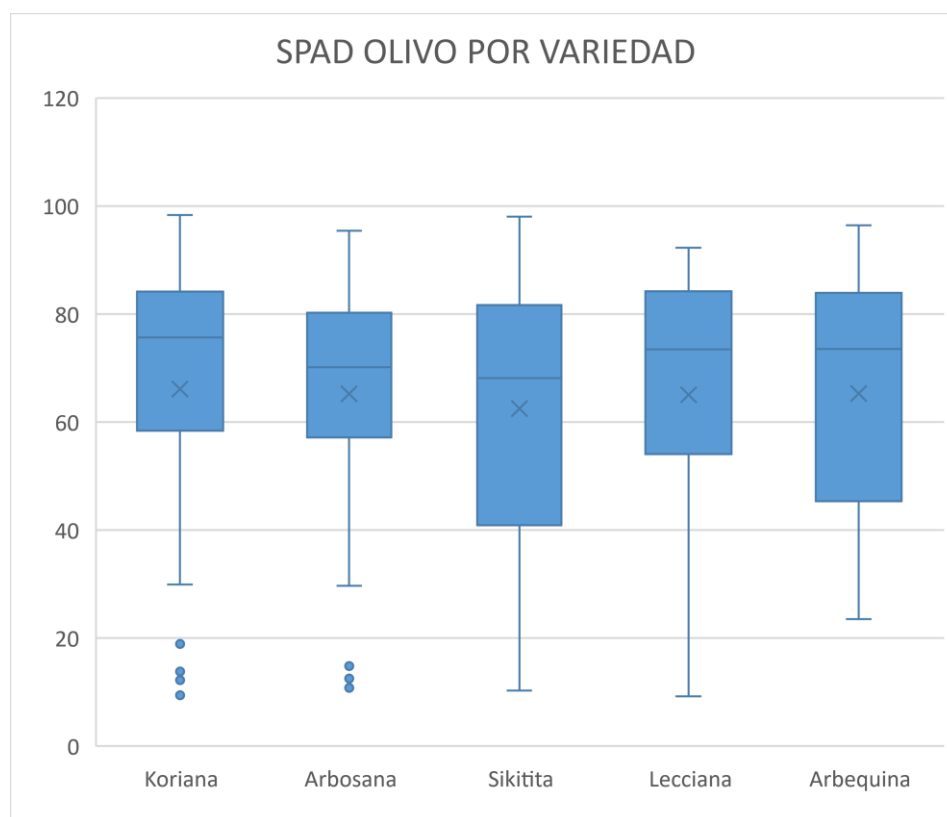
*Tabla 7: Estadística descriptiva de los valores de SPAD en olivo*

Muestra	Frecuencia	Suma de rangos	Media de rangos	Grupos
<b>Arbosana</b>	64	9714	151,7	a
<b>Sikitita</b>	64	9938	155,2	a
<b>Arberquina</b>	64	10336	161,5	a
<b>Lecciana</b>	64	10518	164,3	a
<b>Koriana</b>	64	10853	169,5	a

*Tabla 8: Análisis de Kruskal-wallis comparando las medidas descriptivas de SPAD en cada una de las variedades.*



**MÁSTER INGENIERÍA AGRONÓMICA**  
**JESÚS HOMBRÍA**



*Figura 7: Representación gráfica comparando las medidas descriptivas de SPAD en cada una de las variedades. (X valor medio y o valores atípicos)*

Muestra	Frecuencia	Suma de rangos	Media de rangos	Grupos	
S1	80	10469	130,8	a	
S4	80	11108	138,8	a	
S3	80	13025	162,8	a	
S2	80	16758	209,4		b

*Tabla 9: Kruskal-wallis comparando las medidas descriptivas de SPAD en cada una de los tratamientos.*

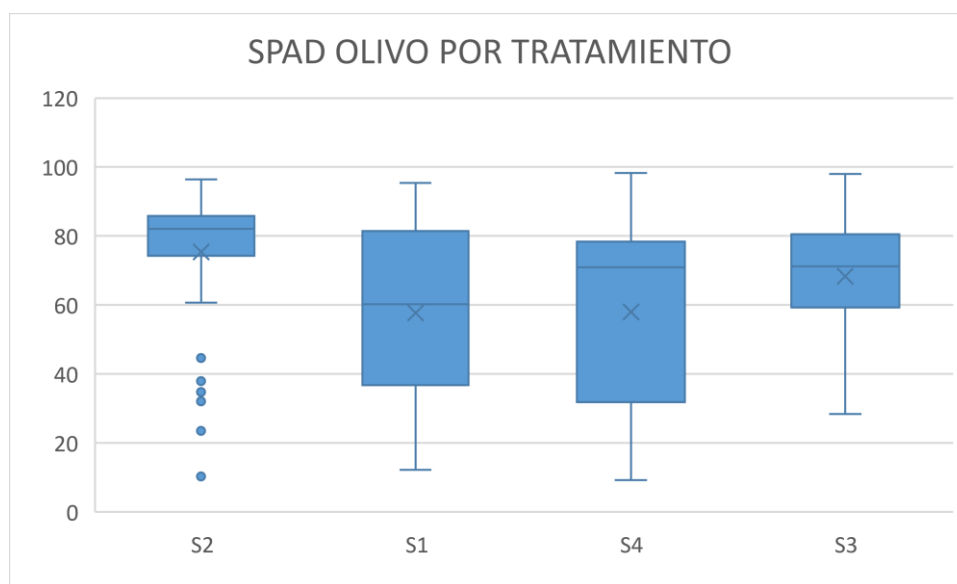


Figura 8: Representación gráfica comparando las medidas descriptivas de SPAD en cada una de los tratamientos. (X valor medio y o valores atípicos).

En lo que respecta a las muestras de olivo (Figura 7), se ha comprobado que la variedad Koriana presenta los valores SPAD más altos (66,1), lo cual indica un mejor estado fotosintético en comparación con las demás variedades estudiadas. Estos valores sugieren una mayor eficiencia en el uso de la luz para la fotosíntesis, lo que podría traducirse en un crecimiento más vigoroso y mejor rendimiento en la producción. En contraste, la variedad Sikitita presenta el valor SPAD más bajo (62,5), lo que pone de manifiesto la necesidad de realizar ajustes agronómicos específicos, como señalan Rallo *et al.* (2008) en su caracterización de esta variedad.

Dentro de este escenario (Tabla 7), las variedades Arbequina (65,2), Arbosana (65,2 y Lecciana (65) exhiben valores similares, lo que indica una condición homogénea en términos de salud foliar y nutrición. Estos resultados reflejan una estabilidad en el estado fotosintético de estas variedades, aspectos que también han sido respaldados por (Larbi *et al.*, 2015) en sus estudios sobre el comportamiento de estas variedades en diversas condiciones agronómicas.



En cuanto a los tratamientos aplicados (Tabla 9), el tratamiento S2 destaca con la mayor media de rangos, siendo el más eficaz para mejorar los niveles de clorofila y, por ende, la capacidad fotosintética de las plantas. Le sigue el tratamiento S3, que mostró un rendimiento intermedio. Por su parte, los tratamientos S1 y S4 registraron los valores más bajos, sugiriendo una menor efectividad en la mejora del estado fotosintético y, posiblemente, una menor incidencia en el rendimiento agronómico de los olivos.

#### 4.1.2 Altura

Las plantas producen osmolitos, como la prolina, que junto a los azúcares solubles protegen las células vegetales contra los efectos adversos del estrés salino; ayudando en el ajuste osmótico, y su mayor producción puede aumentar la tolerancia a la salinidad (Rahnesan *et al.*, 2018).

Variable	Observaciones	Mínimo	Máximo	Media	Desv. típica
<b>Arbequina</b>	64	19	65	41,9	13,5
<b>Arbosana</b>	64	24	88	56,8	16,4
<b>Koriana</b>	64	18	85	52,2	16,6
<b>Lecciana</b>	64	15	73	45,1	14,9
<b>Sikitita</b>	64	17	84	50,7	15,3

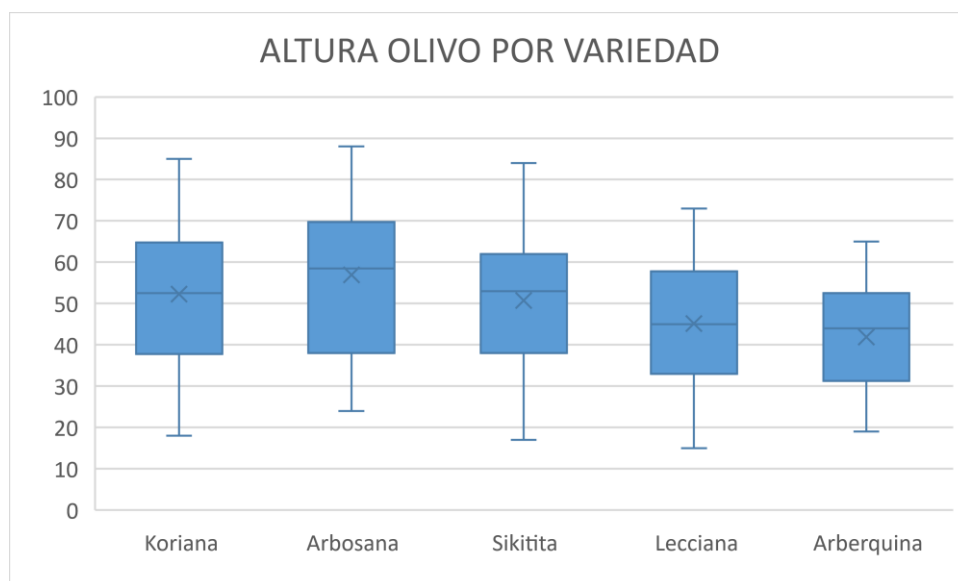
*Tabla 10: Estadística descriptiva de los valores de altura en olivo*

Muestra	Frecuencia	Suma de rangos	Media de rangos	Grupos		
<b>Arberquina</b>	64	7589,5	118,5	a		
<b>Lecciana</b>	64	8810	137,6	a	b	
<b>Sikitita</b>	64	10762,5	168,1		b	c
<b>Koriana</b>	64	11304	176,6		b	c
<b>Arbosana</b>	64	12894	201,4			c

*Tabla 11: Kruskal-wallis comparando las medidas descriptivas de altura en cada una de las variedades.*



**MÁSTER INGENIERÍA AGRONÓMICA**  
**JESÚS HOMBRÍA**



*Figura 9: Representación gráfica comparando las medidas descriptivas de altura en cada una de las variedades. (X valor medio y o valores atípicos)*

Muestra	Frecuencia	Suma de rangos	Media de rangos	Grupos
S3	80	11872	148,4	a
S1	80	13013	162,6	a
S4	80	13182	164,7	a
S2	08	13292	166,1	a

*Tabla 12: Kruskal-wallis comparando las medidas descriptivas de altura en cada una de los tratamientos*



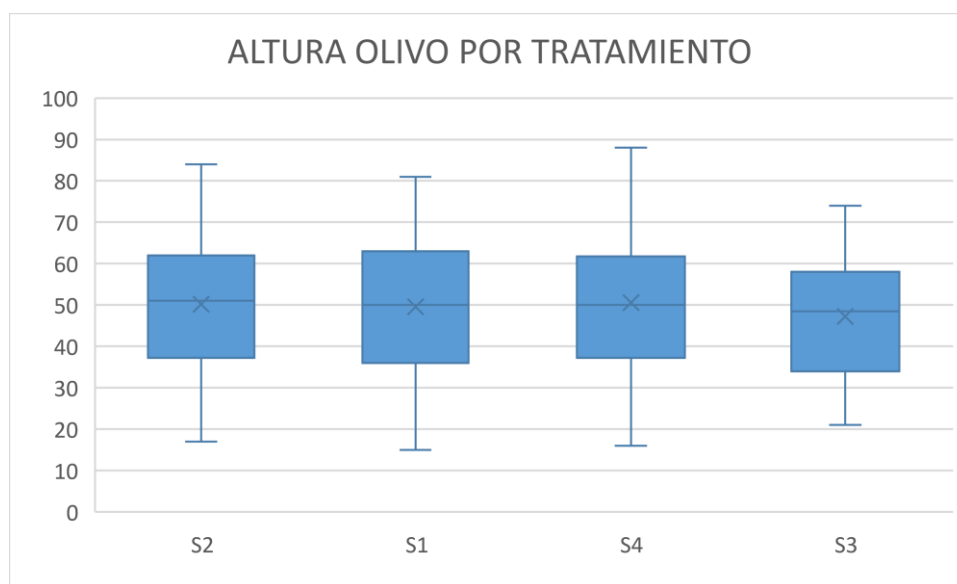


Figura 10: Representación gráfica comparando las medidas descriptivas de altura en cada una de los tratamientos. (X valor medio )

En *O. europaea*, además, el efecto de la salinidad sobre la altura y el grosor se manifestó en la concentración S3, pero para la concentración mayor S4 tuvo tendencia a aumentar nuevamente (Tabla 12); por lo que *O. europaea* se encuentra entre aquellas plantas que desarrollan diferentes estrategias para superar el estrés salino, como el mantenimiento de la homeostasis por el ajuste osmótico que lleva el exceso de iones  $\text{Na}^+$  a la vacuola, junto con la síntesis de osmolito, así como el desarrollo de una proporción alta de  $\text{K}^+/\text{Na}^+$ , la activación de enzimas, y los tropismos (Rahneshan *et al.*, 2018).

Respecto a la altura de las muestras seleccionadas de olivo (Tabla 10), se ha observado que la variedad Arbosana es la más alta (56,8), lo que probablemente esté relacionado con una mayor producción de biomasa. Sin embargo, esta mayor altura puede estar acompañada de mayores necesidades de manejo agronómico, como señalan (Camposeo y Vivaldi *et al.*, 2018), lo que sugiere que el cultivo de esta variedad requiere un equilibrio entre productividad y cuidados adicionales.

Por otro lado, las variedades Koriana (52,2) y Sikitita (50,7) presentan alturas intermedias, lo que indica un balance entre el crecimiento vertical y la facilidad de



**MÁSTER INGENIERÍA AGRONÓMICA**  
**JESÚS HOMBRÍA**

manejo, haciéndolas atractivas desde el punto de vista de la producción sin comprometer tanto las prácticas de cultivo. En contraste, Arbequina (41,9) y Lecciana (45,1) son más compactas, lo que puede facilitar su manejo, aunque con menor biomasa, lo que podría impactar en su rendimiento en comparación con las variedades más altas.

En lo referente a los tratamientos aplicados, el tratamiento S2 ha demostrado ser el más efectivo para promover el crecimiento en altura, con un valor promedio de 166,1. Le siguen el tratamiento S4 (164,7) y S1 (162,6), ambos con resultados positivos aunque ligeramente inferiores. Por otro lado, el tratamiento S3 resultó ser el menos efectivo, con un crecimiento promedio de 148,40, lo que sugiere que su aplicación tiene menor impacto en el crecimiento vertical de las plantas en comparación con los otros tratamientos.

#### 4.1.3 Grosor

Variable	Observaciones	Mínimo	Máximo	Media	Desv. típica
<b>Arberquina</b>	64	2,1	2,1	3,1	0,4
<b>Arbosana</b>	64	2,4	2,4	2,7	0,2
<b>Koriana</b>	64	2,2	2,2	2,9	0,4
<b>Lecciana</b>	64	2,4	2,4	2,8	0,2
<b>Sikitita</b>	64	2,1	2,1	2,5	0,3

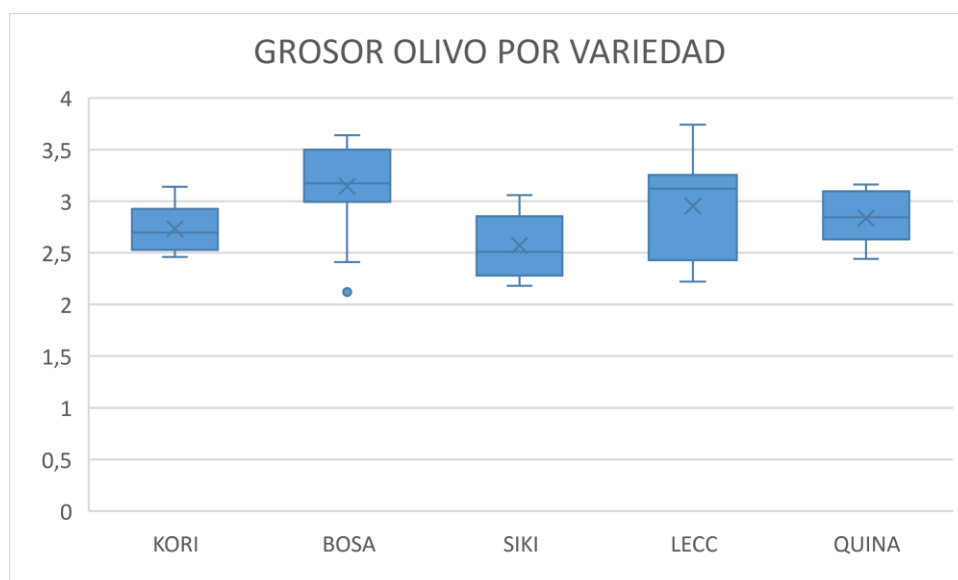
*Tabla 13: Estadística descriptiva de los valores de grosor en olivo*

Categoría	Medida	Grupos		
<b>Arbosana</b>	3,1	a		
<b>Lecciana</b>	2,9	a	b	
<b>Arberquina</b>	2,8	a	b	c
<b>Koriana</b>	2,7		b	c
<b>Sikitita</b>	2,5			c



**MÁSTER INGENIERÍA AGRONÓMICA**  
**JESÚS HOMBRÍA**

*Tabla 14: Kruskal-wallis comparando las medidas descriptivas de grosor en cada una de las variedades.*



*Figura 11: Representación gráfica comparando las medidas descriptivas de grosor en cada una de las variedades. (X valor medio y o valores atípicos)*

Categoría	Medida	Grupos
S2	2,9	a
S4	2,8	a
S1	2,8	a
S3	2,7	a

*Tabla 15: Kruskal-wallis comparando las medidas descriptivas de grosor en cada una de los tratamientos.*

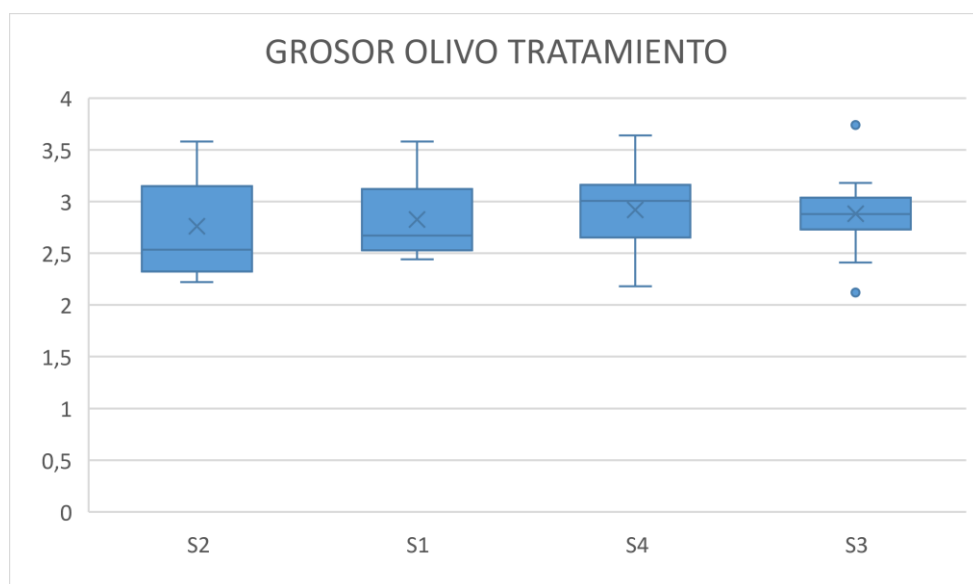


Figura 12: Representación gráfica comparando las medidas descriptivas de grosor en cada una de los tratamientos. (X valor medio y o valores atípicos)

En el análisis del grosor de las variedades de olivo (Tabla 13), se observaron diferencias significativas. Arbequina se destacó como la más robusta, con un grosor promedio de 3,1, resultados que coinciden con lo reportado por (Orestes *et al.*,2024), quienes también describen esta variedad como altamente resistente y capaz de soportar condiciones diversas. Las variedades Koriana (2,9) y Lecciana (2,8) presentaron grosores intermedios, lo que sugiere un equilibrio entre resistencia estructural y manejo agronómico. En contraste, Arbosana (2,7) y Sikitita (2,5) mostraron un desarrollo más ligero, lo que podría implicar una menor capacidad de soporte frente a condiciones adversas, pero también una mayor facilidad de manejo debido a su menor volumen.

En cuanto a los tratamientos aplicados (Tabla 15), el tratamiento S2 demostró ser el más eficaz en estimular el crecimiento en grosor, lo que indica que promueve un mayor desarrollo estructural en las plantas. Le siguieron el tratamiento S4, con resultados también positivos, y el tratamiento S1, que mostró una efectividad moderada. Por último, el tratamiento S3 fue el menos efectivo, con un impacto reducido en el crecimiento del grosor del tronco, lo que sugiere que su aplicación no es tan favorable para mejorar esta característica en comparación con el resto de tratamientos analizados.



#### 4.1.4 Porómetro

En esta especie se ha demostrado que, bajo estrés salino, la conductancia estomática junto con la fotosíntesis se ven afectadas negativamente (Boussadia *et al.*, 2023). El tratamiento de estrés salino afecta la capacidad fotosintética de las hojas de las plantas de algunas variedades de olivo, con un impacto considerable en la capacidad fotosintética de las hojas; aunque cierto tiempo después de la exposición al estrés salino se estabiliza.

La conductancia estomática disminuye como resultado del tratamiento de estrés salino, y demuestra la evolución semanal de la conductividad una disminución progresiva significativa después de cierto tiempo, aunque después se mantiene constante (Boussadia *et al.*, 2023). El potencial osmótico es un indicador importante que se utiliza para expresar el estado hídrico de las plantas, y se puede utilizar como una primera indicación sobre la respuesta de los árboles al estrés salino; demostrando algunas variedades de olivo una disminución gradual en su potencial durante el transcurso del estrés salino. La reducción del potencial osmótico induce el cierre de los estomas y como consecuencia, la tasa de intercambio de gases se hace cada vez más limitada; disminuyendo significativamente la fotosíntesis como consecuencia del estrés salino (Boussadia *et al.*, 2023).

Variable	Observaciones	Mínimo	Máximo	Media	Desv. típica
<b>Arberquina</b>	64	131	617,5	381,8	126,9
<b>Arbosana</b>	64	161,5	607	368,6	127,9
<b>Koriana</b>	64	218,5	575,4	414,8	95,7
<b>Lecciana</b>	64	36,9	612,9	395,7	178,6
<b>Sikitita</b>	64	91	713,5	430,4	184,5

*Tabla 16: Estadística descriptiva de los valores de porómetro en olivo*



Variedad	Medias	Grupos
<b>Sikitita</b>	430,4	a
<b>Koriana</b>	414,8	a
<b>Lecciana</b>	395,7	a
<b>Arbequina</b>	381,8	a
<b>Arbosana</b>	368,6	a

*Tabla 17: Kruskal-wallis comparando las medidas descriptivas del porómetro en cada una de las variedades.*

Variedad	Medias	Grupos
<b>S4</b>	442,4	a
<b>S3</b>	410,6	a
<b>S1</b>	390,7	a
<b>S2</b>	372,4	a

*Tabla 18: Kruskal-wallis comparando las medidas descriptivas del porómetro en cada uno de los tratamientos*

Finalmente, en lo referente a los resultados obtenidos con el porómetro, se observaron diferencias significativas en la porosidad entre las variedades de olivo (Tabla 17). Sikitita (430,4) y Koriana (414,8) mostraron los niveles más altos de conductividad, lo que favorece un mayor intercambio gaseoso. Acorde con (Luo *et al.*,2016) y (Nanasa *et al.*,2022). Esta alta capacidad de transpiración puede ser beneficiosa en entornos donde se requiere una rápida absorción de CO<sub>2</sub> para la fotosíntesis, pero también conlleva un mayor riesgo de pérdida de agua, especialmente en condiciones de estrés hídrico.

Por su parte, Lecciana (395,7) y Arbequina (381,8) ofrecen un buen equilibrio entre el intercambio gaseoso y la retención de agua, lo que las convierte en opciones más versátiles en una gama más amplia de condiciones climáticas, como menciona Molina-Montenegro (2008) al respecto. Este balance permite mantener una eficiencia adecuada



**MÁSTER INGENIERÍA AGRONÓMICA**  
**JESÚS HOMBRÍA**

en el uso de recursos sin comprometer demasiado la capacidad de crecimiento. Arbosana (368,6) se destacó como la variedad más eficiente en la conservación del agua, lo que la hace especialmente adecuada para regiones con limitaciones hídricas, como también lo señalan Kchaou *et al.* (2010) en su descripción.

En cuanto a los tratamientos (Tabla 18), el S4 fue el más efectivo en promover la conductividad (442,4), seguido de cerca por el tratamiento S3 (410,6), lo que sugiere una mayor capacidad de intercambio gaseoso en las plantas tratadas con estos procedimientos. Por otro lado, los tratamientos S1 (390,7) y S2 (372,4) presentaron niveles más bajos, lo que favorece la conservación de agua en las plantas, pero podría limitar su capacidad de crecimiento en entornos con abundancia de recursos hídricos. Esto indica que el tratamiento S2 es más adecuado para condiciones en las que la retención de agua es crítica, mientras que S4 y S3 podrían ser más beneficiosos en contextos donde se priorice el crecimiento rápido y el intercambio gaseoso.

## 4.2. Vid

### 4.2.1. Spad

Variable	Observaciones	Mínimo	Máximo	Media	Desv. típica
<b>M2</b>	64	19,8	59,9	31,6	5,6
<b>M4</b>	64	15,6	60,0	26,4	6,8
<b>Paulsen</b>	64	19,7	53,2	30,6	8,3
<b>R110</b>	64	15,6	44,9	28,2	4,6

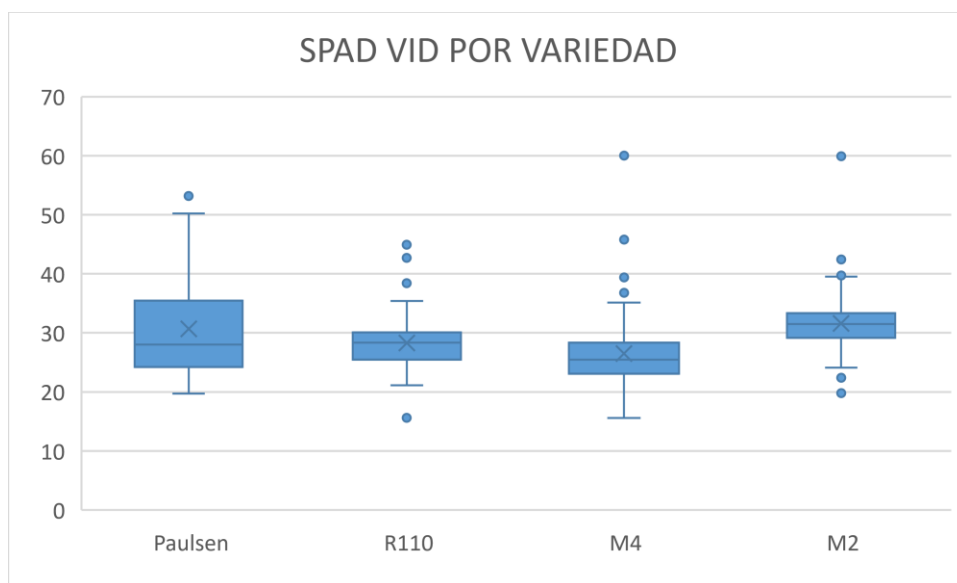
*Tabla19: Estadística descriptiva de los valores de SPAD en vid*



**MÁSTER INGENIERÍA AGRONÓMICA**  
**JESÚS HOMBRÍA**

Muestra	Frecuencia	Suma de rangos	Media de rangos	Grupos		
<b>M4</b>	64	5674	88,6	a		
<b>R110</b>	64	7824,5	122,2		b	
<b>PAULSEN</b>	64	8600	134,3		b	
<b>M2</b>	64	10797,5	168,7			c

*Tabla 20: Kruskal-Wallis comparando las medidas descriptivas de SPAD en cada una de las variedades*



*Figura 13: Representación gráfica comparando las medidas descriptivas de SPAD en cada una de las variedades. (X valor medio y o valores atípicos).*

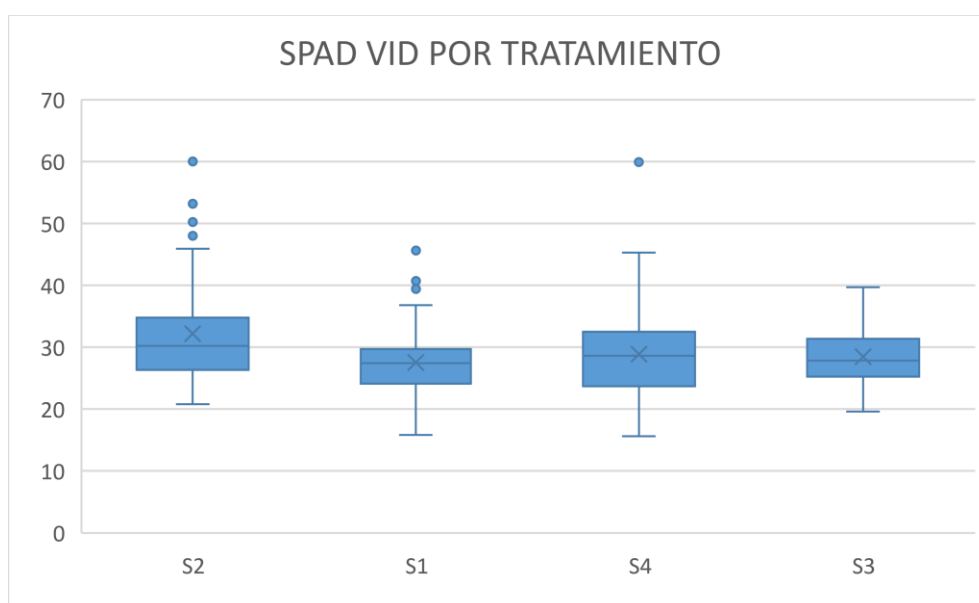




**MÁSTER INGENIERÍA AGRONÓMICA**  
**JESÚS HOMBRÍA**

Muestra	Frecuencia	Suma de rangos	Media de rangos	Grupos	
S1	64	7012	109,5	a	
S2	64	7972,5	124,5	a	b
S3	64	8074,5	126,1	a	b
S4	64	9837	153,7		b

*Tabla 21: Kruskal-wallis comparando las medidas descriptivas de SPAD en cada una de los tratamientos*



*Figura 14: Representación gráfica comparando las medidas descriptivas de SPAD en cada una de los tratamientos. (X valor medio y o valores atípicos).*

En lo que respecta a la vid, los resultados del índice SPAD muestran diferencias claras en el contenido de clorofila entre las variedades evaluadas (Tabla 20). La variedad M4 presenta la media de rangos más baja (88,6), lo que indica un menor contenido de clorofila y, por tanto, un vigor fotosintético reducido. Esto sugiere que M4 podría tener una capacidad limitada para la producción de biomasa, lo que influiría en su rendimiento general. Por otro lado, las variedades R110 (122,2) y PAULSEN (134,3) exhiben medias intermedias, lo que indica un contenido de clorofila moderado en comparación con M4, aunque no tan elevado como otras variedades.



**MÁSTER INGENIERÍA AGRONÓMICA**  
**JESÚS HOMBRÍA**

---

Destaca la variedad M2, que con la media más alta (168,7) muestra una capacidad fotosintética superior, lo que sugiere un mayor potencial de productividad y un mejor rendimiento agronómico en condiciones favorables. Aunque estos resultados coinciden en parte con la literatura académica, es importante señalar que algunos estudios, como los de (Laz *et al.*,2005) y (Hamed *et al.*,2023), destacan a Paulsen como la variedad con la mayor capacidad fotosintética, lo que podría implicar que su desempeño depende también de las condiciones específicas de cultivo.

En cuanto a los tratamientos aplicados (Tabla 21), los resultados siguen una tendencia similar. La variedad M4 vuelve a tener el contenido de clorofila más bajo (109,5), reafirmando su menor rendimiento fotosintético. R110 (127,5) y PAULSEN (126,1) muestran valores intermedios, lo que confirma que estas variedades presentan una capacidad fotosintética moderada. Por el contrario, M2 se mantiene como la variedad con mayor contenido de clorofila (153,7), lo que sugiere un mejor rendimiento fotosintético bajo las condiciones experimentales.

Estos hallazgos están en línea con los estudios previos, como los de (Baiz *et al.* 2022), quienes también reportan que la variedad M4 es la que presenta los niveles más bajos de clorofila, lo que refuerza la consistencia de los datos observados en este análisis. Esto subraya la importancia de seleccionar cuidadosamente las variedades de vid en función de su capacidad fotosintética para maximizar la productividad en diferentes entornos de cultivo.



**MÁSTER INGENIERÍA AGRONÓMICA**  
**JESÚS HOMBRÍA**

*4.2.2 Altura*

Por otro lado, en lo que se refiere a *V. vinífera*, la presencia de sal en el suelo es un factor ambiental importante que reduce su productividad, y un aumento en la concentración puede provocar estrés osmótico y toxicidad en el sistema radicular, además de un retraso en el crecimiento, una disminución de las cosechas, y una calidad inferior de la fruta (Al-Taey *et al*; 2023). Numerosos factores influyen en la gravedad del impacto de la salinidad en las vides, y entre ellos la edad, el portainjerto, y la variedad de uva, varían en cuanto a los efectos de la salinidad sobre el desarrollo y la producción de la vid. En estas plantas, la salinidad del ambiente puede tener un mayor efecto en la etapa de crecimiento vegetativo, en comparación con la etapa de crecimiento reproductivo, la cual es breve y relativamente inmune al estrés salino. (Al- Ameer *et al*; 2023)

Variedad	Observaciones	Mínimo	Máximo	Media	Desv. típica
<b>M2</b>	64	155	320	219,6	40,6
<b>M4</b>	64	124,7	233	154,1	42,5
<b>Paulsen</b>	64	138	265	181,1	30
<b>R110</b>	64	123	240	171	27,2

*Tabla 22: Estadística descriptiva de los valores de altura en vid*

Muestra	Frecuencia	Suma de rangos	Media de rangos	Grupos		
<b>M4</b>	64	5447	85,1	a		
<b>R110</b>	64	6901	107,8	a	b	
<b>PAULSEN</b>	64	8030,5	125,4		b	
<b>M2</b>	64	12517,5	195,5			c

*Tabla 23: Kruskal-Wallis comparando las medidas descriptivas de altura en cada una de las variedades*



**MÁSTER INGENIERÍA AGRONÓMICA**  
**JESÚS HOMBRÍA**

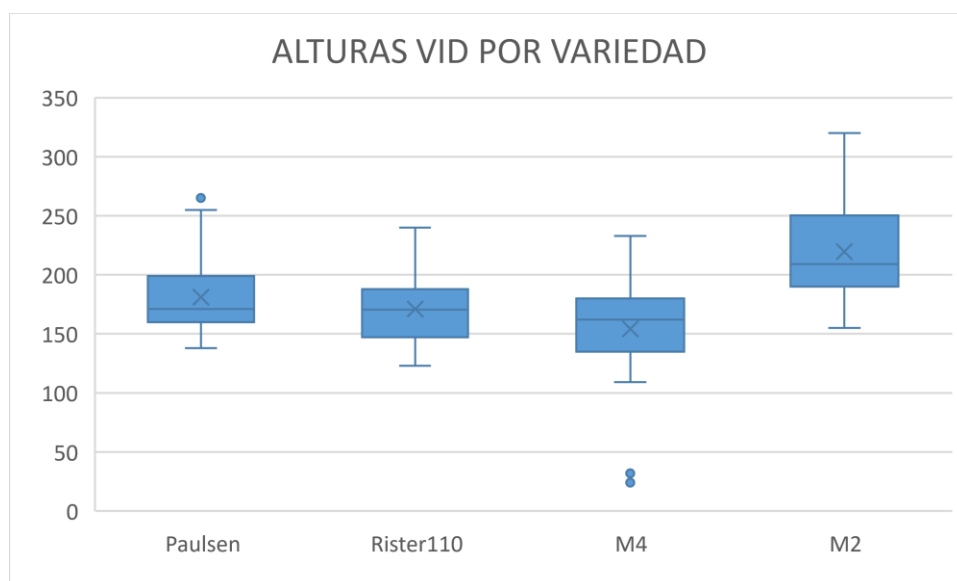
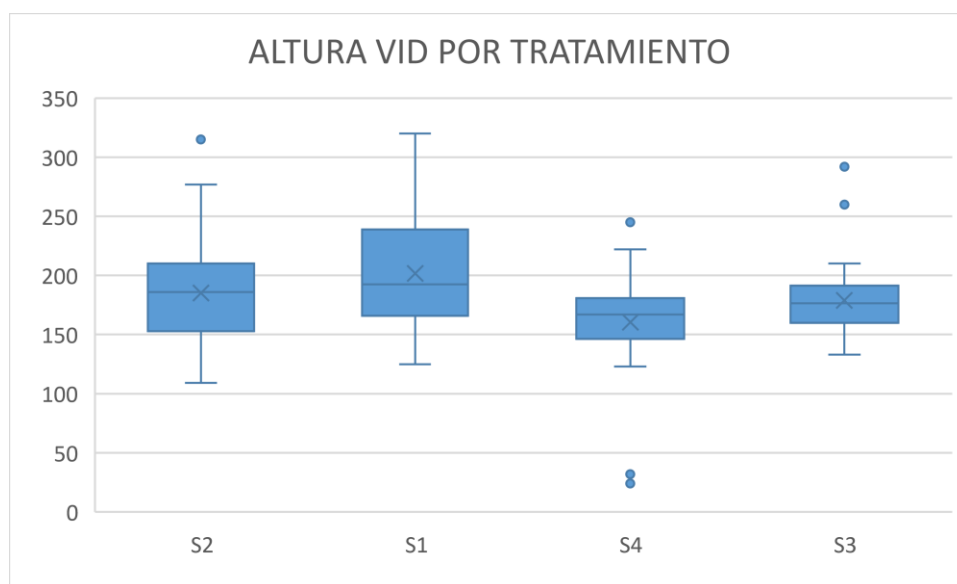


Figura 15: Representación gráfica comparando las medidas descriptivas de altura en cada una de las variedades. (X valor medio y o valores atípicos)

Muestra	Frecuencia	Suma de rangos	Media de rangos	Grupos		
S4	64	6233	97,3	a		
S3	64	7925	123,8	a	b	
S2	64	8625,5	134,7		b	c
S1	64	10112,5	158			c

Tabla 24: Kruskal-Wallis comparando las medidas descriptivas de altura en cada uno de los tratamientos



*Figura 16: Representación gráfica comparando las medidas descriptivas de altura en cada una de los tratamientos. (X valor medio y o valores atípicos)*

En relación con la altura (Tabla 22), la variedad M4 presenta el menor crecimiento estructural (85,109), lo que sugiere una limitada capacidad de desarrollo en comparación con otras variedades. Esta tendencia de bajo crecimiento está alineada con lo observado por López-Lozano y Casterad (2013), quienes también reportan un desempeño similar para M4. Por otro lado, las variedades R110 (107,8) y PAULSEN (125,4) presentan alturas intermedias, lo que sugiere un crecimiento moderado y una estabilidad estructural aceptable. Destaca la variedad M2, con el mayor crecimiento (195,5), lo que refleja un desarrollo más robusto y vigoroso, indicando su potencial para alcanzar una mayor biomasa y, posiblemente, una mayor capacidad productiva en condiciones óptimas.



**MÁSTER INGENIERÍA AGRONÓMICA**  
**JESÚS HOMBRÍA**

*4.2.3 Grosor*

Variable	Observaciones	Mínimo	Máximo	Media	Desv. Típica
<b>M2</b>	64	3,3	6,6	5,2	0,5
<b>M4</b>	64	3,6	5,8	4,5	0,5
<b>Paulsen</b>	64	4	6,5	5,1	0,6
<b>R110</b>	64	4,4	6	5,2	0,4

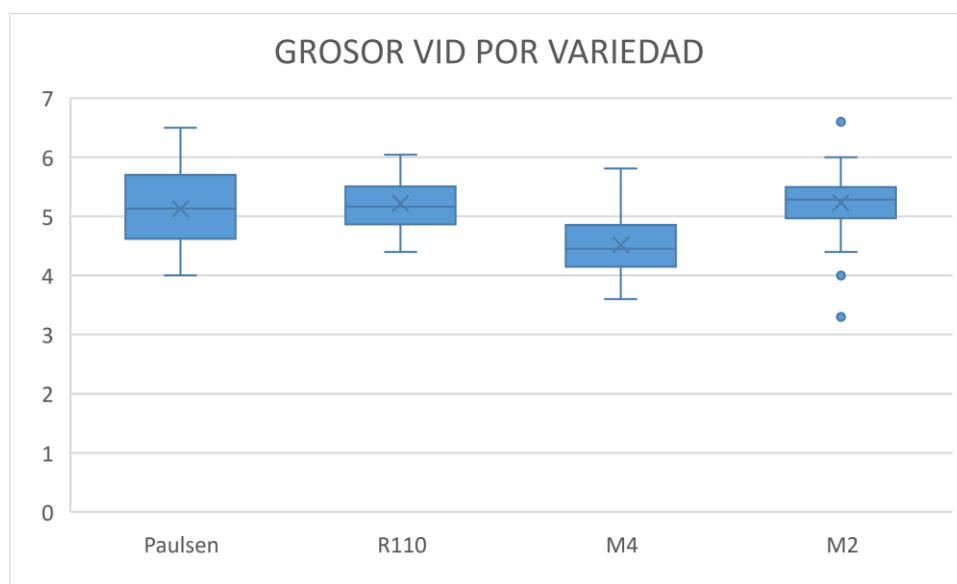
*Tabla 25: Estadística descriptiva de los valores de grosor en vid*

Muestra	Frecuencia	Suma de rangos	Media de rangos	Grupos	
<b>M4</b>	64	3246,5	59,9	a	
<b>R110</b>	64	6749,5	120,5		b
<b>PAULSEN</b>	64	7509,5	134		b
<b>M2</b>	64	7694,5	137,4		b

*Tabla 26: Kruskal-Wallis comparando las medidas descriptivas de grosor en cada una de las variedades*



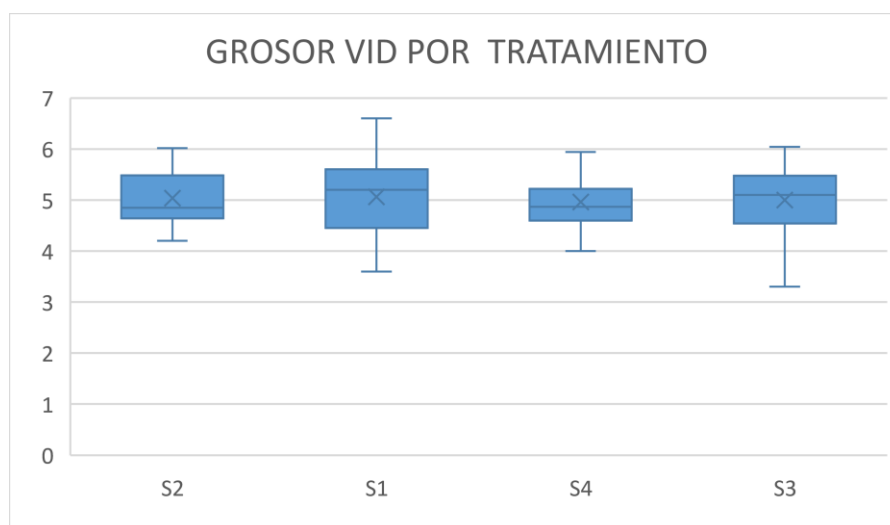
**MÁSTER INGENIERÍA AGRONÓMICA**  
**JESÚS HOMBRÍA**



*Figura 17: Representación gráfica comparando las medidas descriptivas de grosor en cada una de las variedades. (X valor medio y o valores atípicos)*

Muestra	Frecuencia	Suma de rangos	Media de rangos	Grupos
S4	64	4993	104	a
S3	64	7171,5	112	a
S2	64	5419,5	112,9	a
S1	64	7616	119	a

*Tabla 27: Boxplot comparando las medidas descriptivas de grosor en cada una de los tratamientos*



*Figura 19: Representación gráfica comparando las medidas descriptivas de grosor en cada una de los tratamientos. (X valor medio y o valores atípicos)*

En lo referente al grosor de los troncos (Tabla 26), la variedad M4 también mostró un desempeño inferior, con la media más baja (59,9), lo que indica troncos más delgados y, posiblemente, una menor resistencia estructural. La variedad R110, con un grosor intermedio (120,5), ofrece un equilibrio en términos de desarrollo, mientras que Paulsen (137) y M2 (137,4) sobresalen por tener los troncos más gruesos, lo que sugiere una mayor capacidad para soportar estrés mecánico y un crecimiento más robusto en general. Estos resultados coinciden con lo reportado por Lo'ay *et al.* (2021), quienes también identificaron a Paulsen como una de las variedades con mayor grosor de tronco, lo que refuerza la consistencia de los datos observados en este estudio. Asimismo, los tratamientos (Tabla 27) sobre el grosor de la muestra, indican que S4 es el menos efectivo (104,), seguido de S2 (112,9), que presenta un grosor moderado. S3 (118) y S1 (119) son los más efectivos, promoviendo un mayor grosor en los troncos.





**MÁSTER INGENIERÍA AGRONÓMICA**  
**JESÚS HOMBRÍA**

#### 4.2.4 Porómetro

En cuanto a la Vid *V. vinífera*, entre las respuestas fisiológicas al riego salino de vides jóvenes injertadas en diferentes portainjertos, las tasas de intercambio de gas a nivel de las hojas se redujeron en los portainjertos, y algunos de ellos indujeron tasas de fotosíntesis netas significativamente más bajas que otros (Buesa *et al.*, 2022). Con relación a esto, entre las características de los diferentes portainjertos que contribuyen a potenciar la tolerancia de la vid a la salinidad, se encuentra su capacidad de excluir y no transportar sal a los sarmientos, y además, el portainjerto puede tener una gran influencia en la regulación estomática, en respuesta al estrés hídrico y salino (Buesa *et al.*, 2022)

Variable	Observaciones	Mínimo	Máximo	Media	Desv. Típica
<b>M2</b>	40	76,8	736,5	367,6	184,7
<b>M4</b>	40	170,5	726	482,2	180,6
<b>Paulsen</b>	40	114,4	579,4	319,8	144,3
<b>R110</b>	40	264,2	683,4	445,9	162,8

Tabla 28: Estadística descriptiva de los valores del porómetro en olivo

Muestra	Frecuencia	Suma de rangos	Media de rangos	Grupos	
<b>M4</b>	40	1077	39,8		b
<b>R110</b>	40	1282	47,4	a	b
<b>PAULSEN</b>	40	563	56,3	a	
<b>M2</b>	40	1799	69,1	a	b

Tabla 29: Kruskal-Wallis comparando las medidas descriptivas del porómetro en cada una de las variedades



Muestra	Frecuencia	Suma de rangos	Media de rangos	Grupos	
<b>S4</b>	64	565	37,6	a	
<b>S3</b>	64	1304	40,7	a	
<b>S2</b>	64	1756	54,8	a	
<b>S1</b>	64	2153	76,8		b

*Tabla 30: Kruskal-Wallis comparando las medidas descriptivas del porómetro en cada uno de los tratamientos*

Sobre los resultados obtenidos con el porómetro, se observan diferencias significativas en la porosidad entre las variedades de vid evaluadas (Tabla 29). La variedad M4 mostró la menor conductividad (39,8), lo que refleja una baja capacidad de intercambio gaseoso, limitando así el potencial fotosintético de esta variedad. Este bajo nivel de conductividad sugiere una menor apertura estomática, lo que puede ser beneficioso para conservar agua en entornos secos, pero podría restringir el crecimiento en condiciones más favorables (Condon, 2020).

Por otro lado, la variedad R110 presentó una conductividad ligeramente superior (47,4), lo que indica una mejor capacidad de intercambio gaseoso sin comprometer demasiado la retención de agua. La variedad Paulsen, con un valor intermedio de porosidad (56,3), equilibra el intercambio gaseoso y la retención hídrica, lo que la hace adecuada para una amplia gama de condiciones ambientales. En contraste, M2, con el mayor valor de conductividad (69,1), se destacó por facilitar un intercambio gaseoso elevado, lo que es ventajoso para maximizar la fotosíntesis. Sin embargo, esta alta porosidad también implica un mayor riesgo de pérdida de agua, especialmente en condiciones de sequía o estrés hídrico, una preocupación creciente en el contexto de las



modificaciones ambientales derivadas del cambio climático, como señalan Santos *et al.* (2020).

Respecto a los tratamientos aplicados (Tabla 30), se encontraron diferencias notables en su efectividad para promover la conductividad. El tratamiento S4 presentó la media más baja de porosidad (37,6), siendo el menos efectivo en promover la apertura estomática y, por lo tanto, limitando el intercambio gaseoso. Los tratamientos S3 (40,7) y S2 (54,8) mostraron mejores resultados, con niveles superiores de porosidad que indican una mayor capacidad para el intercambio gaseoso. Sin embargo, el tratamiento S1 se destacó como el más eficaz, con una porosidad de 76,8, lo que sugiere que este tratamiento promueve una mayor apertura estomática, facilitando un intercambio gaseoso elevado y una mejora en la fotosíntesis. No obstante, este incremento en la porosidad también conlleva un mayor riesgo de pérdida de agua, lo que puede ser una consideración crítica en condiciones de estrés hídrico (Mariani y Ferrante, 2017).



### 4.3 Autorradicado

#### 4.3.1 Spad

Variable	Observaciones	Mínimo	Máximo	Media	Desv. Típica
<b>Avijor</b>	64	27,8	45,4	36,5	4,3
<b>Guara</b>	64	25,3	59,1	37,9	6,7
<b>Penta</b>	64	26,2	50,5	37,4	5,7
<b>Vialfas</b>	64	30,7	54,4	40,3	6

*Tabla 31: Estadística descriptiva de los valores de SPAD en autorradicado*

Muestra	Frecuencia	Suma de rangos	Media de rangos	Grupo
<b>S1</b>	64	7473,5	116,7	a
<b>S3</b>	64	8122	126,9	a
<b>S4</b>	64	8165	127,5	a
<b>S2</b>	64	9135,5	142,7	a

*Tabla 32: Kruskal-Wallis comparando las medidas descriptivas de SPAD en cada una de Los tratamientos*



**MÁSTER INGENIERÍA AGRONÓMICA**  
**JESÚS HOMBRÍA**

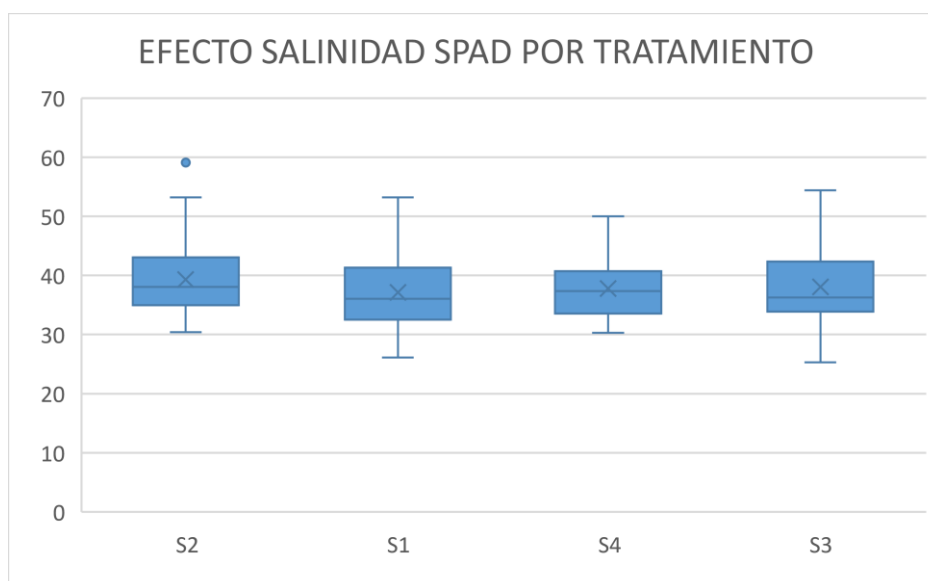
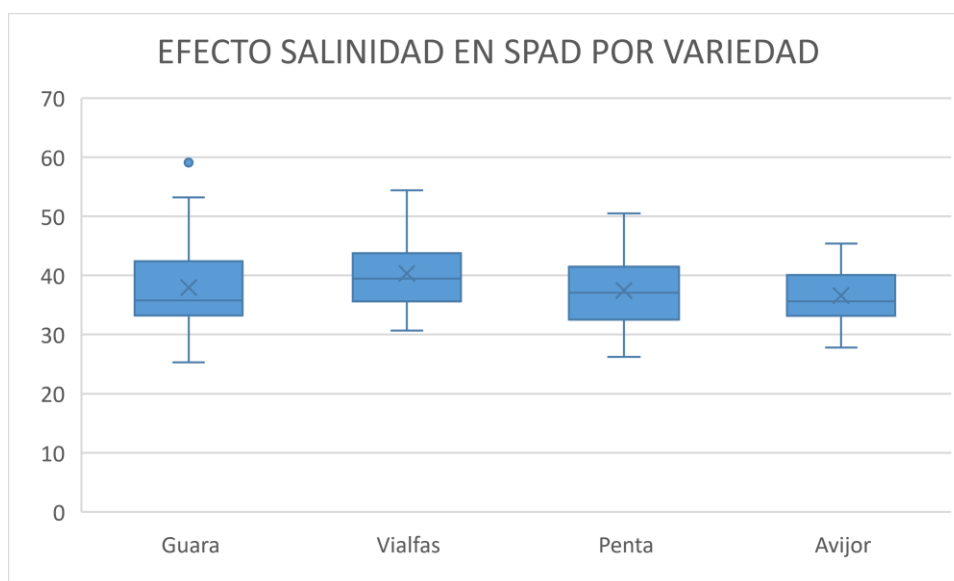


Figura 20: Representación gráfica comparando las medidas descriptivas de SPAD en cada una de las variedades. (X valor medio y o valores atípicos)

Muestra	Frecuencia	Suma de rangos	Media de rangos	Grupos	
Avijor	64	7129,5	111,3	a	
Penta	64	7864,5	122,8	a	b
Guara	64	7921,5	123,7	a	b
Vialfás	64	9980,5	155,9		b

Tabla 32: Kruskal-Wallis comparando las medidas descriptivas de SPAD en cada una de las variedades



*Figura 21: Representación gráfica comparando las medidas descriptivas de SPAD en cada una de las variedades. (X valor medio y o valores atípicos)*

En cuanto a los resultados del índice Spad por variedad (Tabla 32), que reflejan el contenido de clorofila, la variedad Vialfás se destaca con la media más alta (155,9), lo que indica un vigor fotosintético superior en comparación con las demás variedades. Este mayor contenido de clorofila sugiere que Vialfás posee una mayor capacidad para realizar la fotosíntesis, lo que podría traducirse en un mejor rendimiento en términos de crecimiento y producción. Las variedades Guara (123,7) y Penta (122,8) muestran niveles intermedios de clorofila, lo que indica un potencial fotosintético moderado, mientras que Avijor, con la media más baja (111,3), presenta un menor contenido de clorofila. Este resultado sugiere que Avijor tiene un vigor fotosintético reducido, en línea con lo que describen Gogoi y Basumatary (2018), quienes mencionan que variedades con un menor contenido de clorofila tienden a tener un potencial fotosintético más limitado.

En lo que respecta a las diferencias en los resultados del índice spad por tratamiento (Tabla 33), el tratamiento S2 nuevamente se posiciona como el más efectivo, con una media de 142,7, lo que indica que este tratamiento promueve de manera notable el incremento del contenido de clorofila en las plantas, favoreciendo así un mayor rendimiento fotosintético. Le siguen los tratamientos S4 (127,5) y S3 (126,9), que también contribuyen al aumento de la clorofila, aunque en menor medida. Por otro lado,



el tratamiento S1 fue el menos efectivo (116,7) en promover el contenido de clorofila, lo que sugiere que su impacto sobre la fotosíntesis es más limitado en comparación con los otros tratamientos.

#### *4.3.2 Altura*

En esta planta se ha investigado el estrés hídrico y salino, así como el estrés combinado agua-sal, en variedades de almendros jóvenes (1 año de edad), y en términos del crecimiento, más que de supervivencia, la almendra fue sensible al estrés hídrico y salino; con una mayor sensibilidad a la sequía y al estrés salino en ciertos portainjertos, en comparación con el estrés combinado (Küçükyumuk y Suarez, 2023). Estos autores demostraron que la almendra se considera sensible al estrés salino, y su productividad se reduce rápidamente a concentraciones relativamente altas de sal; demostrando otros investigadores que la respuesta de las almendras al estrés salino varía considerablemente en relación con el portainjerto (Sandhu *et al.* 2020), así como con el genotipo del vástago (Momenpour *et al.* 2018). Evaluando el grosor del autorradicado, Küçükyumuk y Suarez (2023) encontraron que, combinando el mayor déficit hídrico y ciertos niveles de salinidad, se obtuvieron los diámetros del tronco más bajos, y que el tronco de los almendros continuó creciendo incluso en condiciones de estrés por sequía y salinidad durante el primer año del estudio; disminuyendo la sequía y el estrés por salinidad el crecimiento del diámetro del tronco en algunas variedades de almendros. Las menores tasas de incremento se obtuvieron en algunas concentraciones de salinidad relativamente altas, para todos los almendros, y el tronco se contrajo en los tratamientos de estrés por sequía y salinidad en el segundo año, estos planteamientos coinciden con nuestro ensayo en el cuál a medida del aumento de la concentración de salinidad se produce una disminución de los parámetros vegetativos.



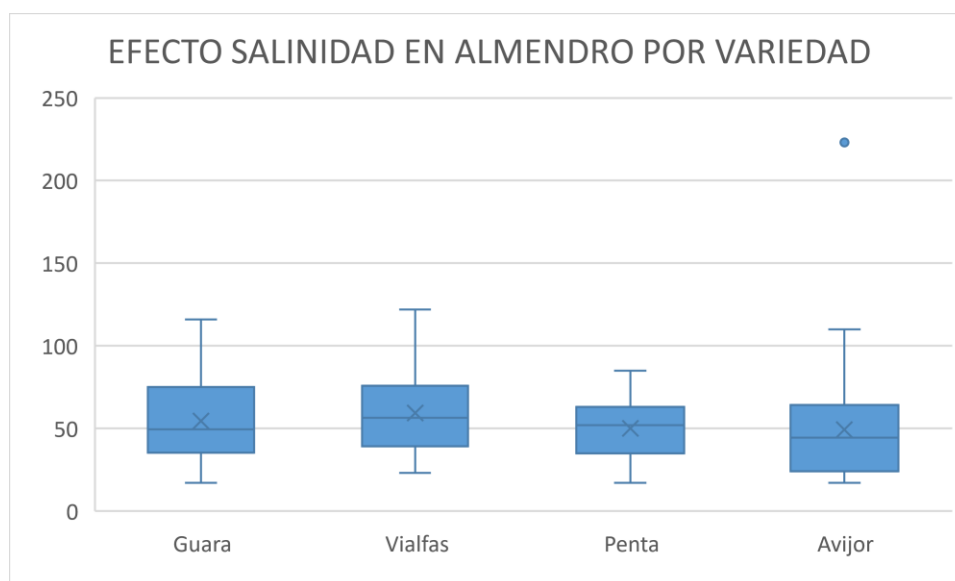
**MÁSTER INGENIERÍA AGRONÓMICA**  
**JESÚS HOMBRÍA**

Variable	Observaciones	Mínimo	Máximo	Media	Desv. Típica
<b>Avijor</b>	64	17	223	49,1	32,2
<b>Guara</b>	64	17	116	54,5	24
<b>Penta</b>	64	17	85	49,9	16,9
<b>Vialfas</b>	64	23	122	59,3	23,4

*Tabla 33: Estadística descriptiva de los valores de altura en autorradicado*

Muestra	Frecuencia	Suma de rangos	Media de rangos	Grupos	
<b>Avijor</b>	64	6949,5	108,5	a	
<b>Guara</b>	64	7970	124,5	a	b
<b>Penta</b>	64	8417,5	131,5	a	b
<b>Vialfás</b>	64	9559	149,3		b

*Tabla 34: Kruskal-Wallis comparando las medidas descriptivas de altura en cada una de las variedades*



*Figura 22: Representación gráfica comparando las medidas descriptivas de altura en cada una de las variedades. (X valor medio y o valores atípicos)*





Muestra	Frecuencia	Suma de rangos	Media de rangos	Grupos
S1	64	7597	118,7	a
S4	64	7789	121,7	a
S3	64	8444,5	131,9	a
S2	64	9065,5	141,6	a

Tabla 35: *Kruskal-Wallis* comparando las medidas descriptivas de altura en cada uno de los tratamientos

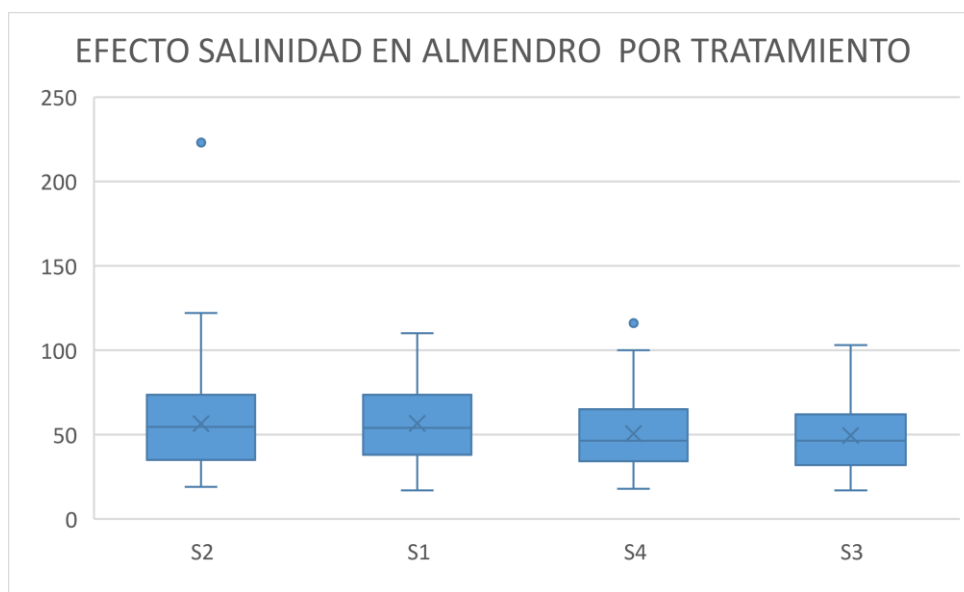


Figura 23: Representación gráfica comparando las medidas descriptivas de altura en cada uno de los tratamientos. (X valor medio y o valores atípicos)

Respecto al crecimiento en altura entre las variedades (Tabla 34), Vialfás nuevamente sobresale con la media de rangos más alta (149,3), lo que sugiere que es la variedad con mayor crecimiento en altura. Este resultado refuerza la idea de que Vialfás no solo se destaca por su robustez estructural, sino también por su capacidad para desarrollar un mayor crecimiento vertical. Las variedades Penta (131,5) y Guara (124,5) muestran un crecimiento en altura intermedio, mientras que Avijor (108,5) exhibe el



**MÁSTER INGENIERÍA AGRONÓMICA**  
**JESÚS HOMBRÍA**

menor crecimiento estructural. Estos resultados también están en línea con los hallazgos de Malagón *et al.* (2017), quienes describen a Avijor como una variedad con un desarrollo más modesto tanto en grosor como en altura. Además, en lo que respecta a las diferencias de altura por tratamiento (Tabla 35), el S2 se posiciona nuevamente como el tratamiento más efectivo (141,6), seguido de S3 (131,9) y S4 (121,7), mientras que S1 (118,7) es el menos eficaz para promover el crecimiento en altura.

**4.3.3 Grosor**

Variable	Observaciones	Mínimo	Máximo	Media	Desv. Típica
<b>Avijor</b>	64	1,9	4,2	3,2	0,6
<b>Guara</b>	64	2,7	4,6	3,6	0,5
<b>Penta</b>	64	2,4	4,4	3,5	0,5
<b>Vialfas</b>	64	2,4	4,8	3,6	0,6

*Tabla 36: Estadística descriptiva de los valores de grosor en autorradicado*

Muestra	Frecuencia	Suma de rangos	Media de rangos	Grupos	
<b>Avijor</b>	64	6027	94,1	a	
<b>Penta</b>	64	8404	131,3		b
<b>Guara</b>	64	9140,5	142,8		b
<b>Vialfás</b>	64	9324,5	145,6		b

*Tabla 37: Kruskal-Wallis comparando las medidas descriptivas de grosor en cada una de las variedades*

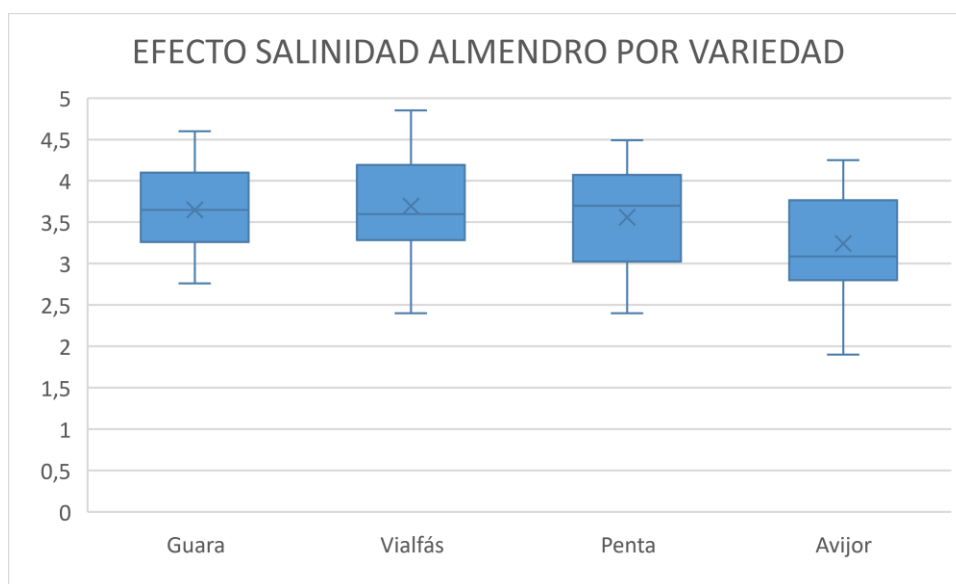
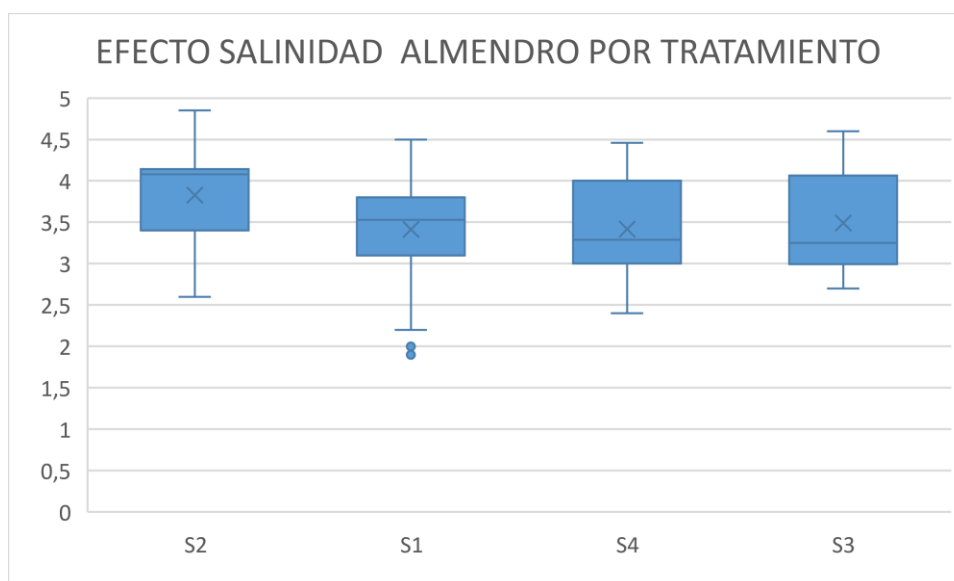


Figura 24: Representación gráfica comparando las medidas descriptivas de grosor en cada una de las variedades. (X valor medio y o valores atípicos)

Muestra	Frecuencia	Suma de rangos	Media de rangos	Grupos	
S1	64	7290	113,9	a	
S4	64	7346	114,7	a	
S3	64	7813,5	122	a	
S2	64	10446,5	163,227		b

Tabla 38: Kruskal-Wallis comparando las medidas descriptivas de grosor en cada una de los tratamientos



*Figura 25: Representación gráfica comparando las medidas descriptivas de grosor en cada una de los tratamientos. (X valor medio y o valores atípicos)*

En lo que respecta al almendro y las diferencias en el grosor de tronco entre las variedades (Tabla 37), la variedad Vialfás se destaca con la media de rangos más alta (145,6), lo que sugiere un desarrollo estructural más robusto en comparación con las demás variedades. Este mayor grosor de tronco indica una estructura más fuerte y posiblemente una mayor capacidad de soporte, lo que podría traducirse en una mejor resistencia a factores ambientales adversos. Le siguen de cerca las variedades Guara (142,8) y Penta (131,3), que también presentan grosores considerables, aunque ligeramente inferiores a Vialfás. Por otro lado, Avijor, con la media más baja (94,1), muestra un grosor de tronco significativamente menor, lo que indica un desarrollo estructural más ligero. Estos resultados coinciden con lo señalado por Malagón *et al.* (2017), quienes describen a Avijor como una variedad con menor capacidad estructural.

En cuanto a las diferencias de grosor por tratamiento (Tabla 38), el tratamiento S2 se destacó como el más efectivo, con una media de rangos de 163,2, lo que indica que promueve un mayor grosor de troncos y, por lo tanto, un desarrollo estructural más fuerte. En contraste, los tratamientos S3 (122), S4 (114,7) y S1 (113,9) mostraron una efectividad más reducida, siendo S1 el menos eficaz en la promoción del grosor de tronco.



#### 4.3.4 Porómetro

Variable	Observaciones	Mínimo	Máximo	Media	Desv. Típica
<b>Avijor</b>	32	271,8	694,5	493,8	137,9
<b>Guara</b>	32	98,8	701,1	461,3	161,6
<b>Penta</b>	32	187,6	743,9	549,3	160,5
<b>Vialfas</b>	32	430,3	786,6	577,2	106,8

*Tabla 39: Estadística descriptiva de los valores del porómetro en almendro*

Muestra	Frecuencia	Suma de rangos	Media de rangos	Grupos
<b>Guara</b>	32	874	39,7	a
<b>Avijor</b>	32	1235	45,7	a
<b>Penta</b>	32	1587	58,7	a
<b>Vialfás</b>	32	1660	61,4	a

*Tabla 40: Kruskal-Wallis comparando las medidas descriptivas del porómetro en cada una de las variedades*



**MÁSTER INGENIERÍA AGRONÓMICA**  
**JESÚS HOMBRÍA**

Muestra	Frecuencia	Suma de rangos	Media de rangos	Grupos	
S4	32	655	43,6	a	
S3	32	1478	46,1	a	
S2	32	1532	47,8	a	
S1	32	1691	70,4		b

*Tabla 41: Kruskal-Wallis comparando las medidas descriptivas del porómetro en cada una de los tratamientos*

En cuanto a las diferencias de conductividad entre las variedades de almendro (Tabla 40), Vialfás se destaca con la mayor porosidad (61,4), lo que sugiere una mayor capacidad de intercambio gaseoso. Esta alta porosidad permite un intercambio eficiente de gases, facilitando procesos como la fotosíntesis y la transpiración, aunque también podría conllevar un mayor riesgo de pérdida de agua en condiciones de estrés hídrico. Penta (58,7) obtiene resultados muy similares a Vialfás, también con un nivel elevado de porosidad, lo que sugiere que ambas variedades tienen un buen potencial para mantener un intercambio gaseoso activo. Avijor, con una conductividad de (45,7), muestra un desempeño moderado en este aspecto. En contraste, Guara presenta la menor porosidad (37,7), lo que indica una capacidad más limitada para el intercambio gaseoso.

Respecto a los tratamientos aplicados (Tabla 41), el tratamiento S1 se destacó como el más efectivo para promover la porosidad, con una media de rangos de 70,4. Este resultado indica que S1 es particularmente eficaz en facilitar un mayor intercambio gaseoso, lo que podría traducirse en una mejora de la fotosíntesis y el crecimiento bajo condiciones favorables. Sin embargo, los tratamientos S2 (47,8), S3 (46,1) y S4 (43,6) mostraron niveles más bajos de conductividad, siendo S4 el menos efectivo en este aspecto.



**MÁSTER INGENIERÍA AGRONÓMICA**  
**JESÚS HOMBRÍA**

**4.4 Prunus**

**4.4.1 Spad**

Variable	Observaciones	Mínimo	Máximo	Media	Desv. típica
<b>GF_677</b>	64	36,8	51,3	42,4	3,6
<b>Garnem</b>	64	25,6	50,2	39,7	4,5
<b>Rootopac20</b>	64	27,7	56,8	40,3	5,2
<b>Rootopac40</b>	64	26,1	52,2	37,6	5,2
<b>RootopacR</b>	64	15,9	54,9	36,4	8,3

*Tabla 42: Estadística descriptiva de los valores de SPAD en prunus*

Variable	Shapiro- Wilk
<b>GF-677</b>	0,054
<b>Garnem</b>	0,092
<b>Rootopac20</b>	0,530
<b>Rootopac40</b>	0,358
<b>RootopacR</b>	0,075

*Tabla 43: Análisis de la normalidad de los datos*



Muestra	Medias	Grupos			
Rootopac40	37,6	a			
Rootopac20	40,3	a	b		
GF-677	42,9		b	c	
Garnem	39,7			c	d
RootopacR	36,4				d

Tabla 44: Medidas descriptivas de SPAD en cada una de las variedades

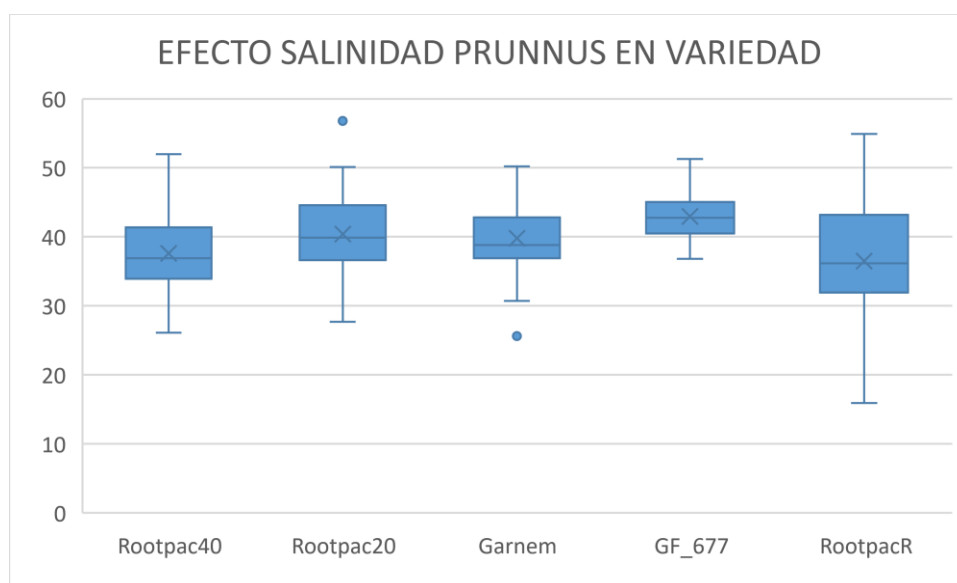


Figura 26: Representación gráfica comparando las medidas descriptivas de SPAD en cada una de las variedades. (X valor medio y o valores atípicos)





**MÁSTER INGENIERÍA AGRONÓMICA**  
**JESÚS HOMBRÍA**

Muestra	Medias	Grupos	
S3	41,2	a	
S2	40,1	a	
S4	39,8	a	
S1	36,8		b

Tabla 45: Boxplot comparando las medidas descriptivas de SPAD en cada una de los tratamientos

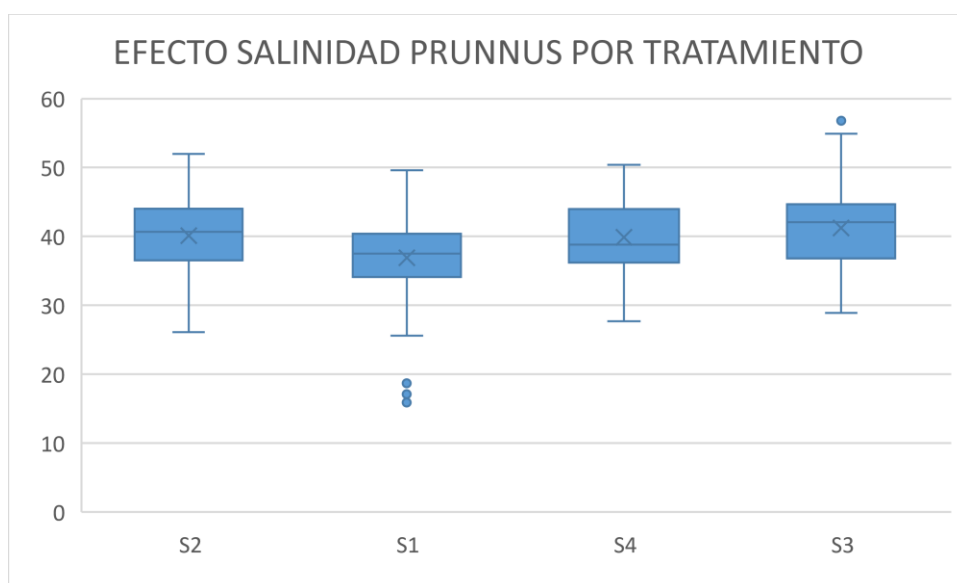


Figura 27: Representación gráfica comparando las medidas descriptivas de SPAD en cada una de los tratamientos. (X valor medio y o valores atípicos)

El SPAD, que tal como hemos mencionado previamente, mide el contenido relativo de clorofila, que está directamente relacionado con la eficiencia fotosintética (Tabla 44). GF\_677 presenta el valor más alto de SPAD (42,9), lo que indica un mayor contenido de clorofila y, por tanto, una capacidad fotosintética más eficiente en esta variedad, tal como mencionan también Momenpour *et al.* (2018). Rootopac20 y Garnem tienen valores más moderados (40,3 y 39,7, respectivamente), mientras que Rootopac40



**MÁSTER INGENIERÍA AGRONÓMICA**  
**JESÚS HOMBRÍA**

y RootopacR presentan los valores más bajos, lo que podría sugerir una menor capacidad fotosintética en estas variedades.

En términos de tratamiento (Tabla 45), S3 muestra el mayor contenido de clorofila (41,2), seguido de S2 (40,1), lo que sugiere que estos tratamientos son más favorables para la fotosíntesis. S4 tiene un valor intermedio, mientras que S1 presenta el valor más bajo (36,7), lo que podría indicar que este tratamiento es menos efectivo en términos de promover la producción de clorofila.

#### 4.4.2 *Altura*

Variable	Observaciones	Mínimo	Máximo	Media	Desv. Típica
<b>GF_677</b>	64	58	185	122,8	30,4
<b>Garnem</b>	64	55	172	125	30,7
<b>Rootopac20</b>	64	71	160	121,3	28
<b>Rootopac40</b>	64	22	954	68	114,5
<b>RootopacR</b>	64	77	200	149,4	29

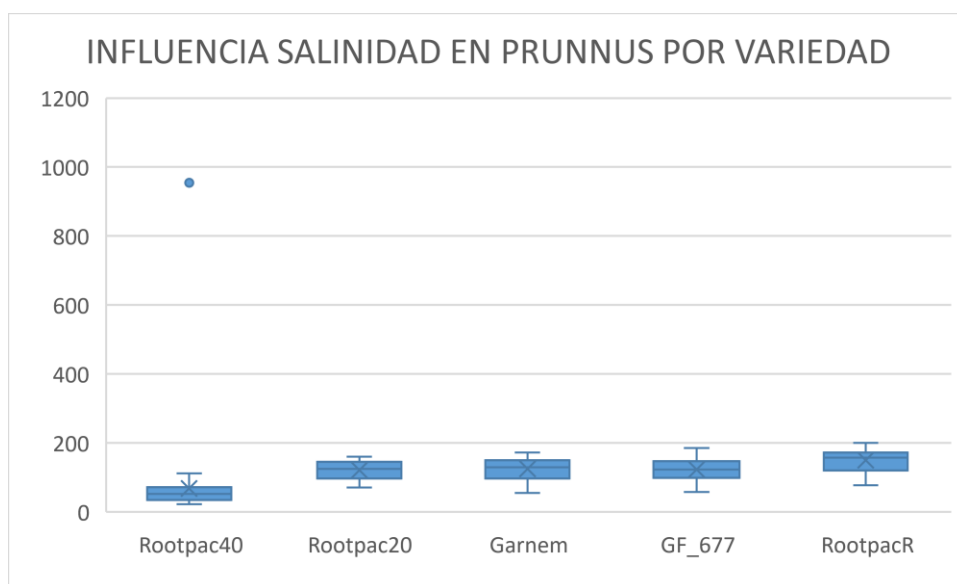
*Tabla 46: Estadística descriptiva de los valores de altura en prunus*

Muestra	Frecuencia	Suma de rangos	Media de rangos	Grupos		
<b>Rootopac40</b>	64	2763,5	43,1	a		
<b>Rootopac20</b>	64	10815,5	168,9		b	
<b>GF-677</b>	64	11050,5	172,6		b	
<b>Garnem</b>	64	11473,5	179,2		b	
<b>RootopacR</b>	64	15257	238,3			c

*Tabla 47: Kruskal-Wallis comparando las medidas descriptivas de altura en cada una de las variedades*



**MÁSTER INGENIERÍA AGRONÓMICA**  
**JESÚS HOMBRÍA**



*Figura 28: Representación gráfica comparando las medidas descriptivas de altura en cada una de las variedades. (X valor medio y o valores atípicos)*

Muestra	Frecuencia	Suma de rangos	Media de rangos	Grupos	
S4	64	10745	134,3	a	
S3	64	12630	157,8	a	b
S1	64	13554	169,4	a	b
S2	64	14431	180,3		b

*Tabla 48: Boxplot comparando las medidas descriptivas de altura en cada una de las variedades*

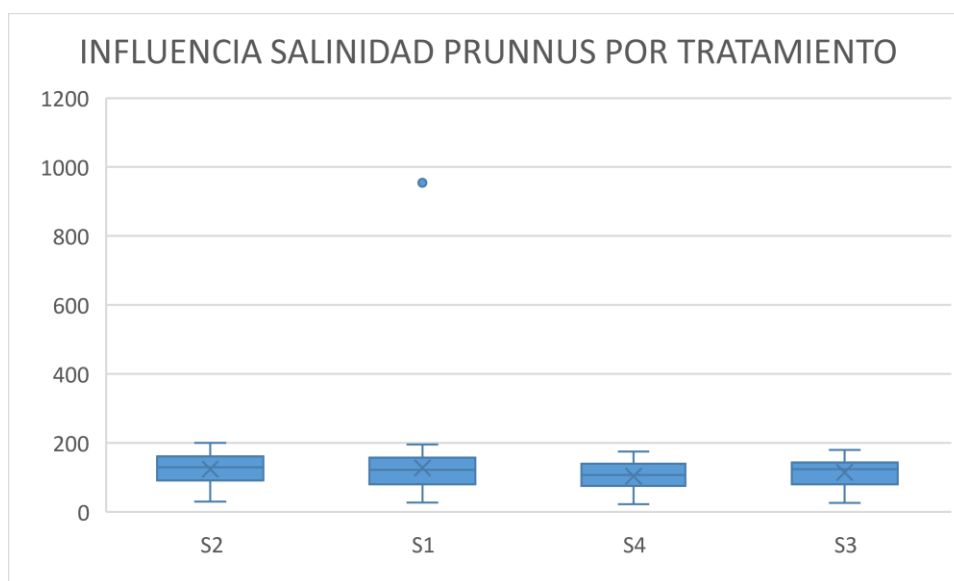


Figura 29: Representación gráfica comparando las medidas descriptivas de altura en cada una de las variedades. (X valor medio y o valores atípicos)

Los resultados muestran diferencias significativas en la altura media entre las variedades estudiadas (Tabla 47). La variedad RootopacR, con una altura promedio de 149,9 cm, se destacó por su crecimiento más vigoroso, lo que sugiere una mayor capacidad para aprovechar los recursos disponibles, tales como nutrientes y agua, bajo las condiciones experimentales. Este crecimiento superior puede estar relacionado con una mejor adaptación de la variedad a las condiciones ambientales específicas del experimento, posiblemente relacionadas con factores como la estructura radicular o la capacidad fotosintética, lo que concuerda con estudios previos, como los de Yahmed *et al.* (2016), que señalaron diferencias en la respuesta al estrés entre distintas variedades de Prunus.

Le siguen en crecimiento Garnem (125 cm) y GF\_677 (122,8 cm), que muestran alturas relativamente similares. Esto sugiere que estas dos variedades, aunque no tan vigorosas como RootopacR, mantienen un crecimiento estable y favorable. Rootopac20, con 121,3 cm, exhibe un crecimiento ligeramente inferior, pero aún dentro de un rango aceptable de desarrollo. En contraste, Rootopac40 presenta el crecimiento más limitado, con una altura media de solo 68 cm, lo que podría indicar limitaciones específicas en esta variedad, posiblemente debido a una menor eficiencia en la absorción de nutrientes o una



sensibilidad mayor a las condiciones de estrés, como lo sugiere la literatura en relación a variedades con menor capacidad de adaptación (Yahmed *et al.*, 2016).

Respecto a los tratamientos aplicados (Tabla 48), se observa que el tratamiento S2 favorece claramente el crecimiento en altura, con un promedio de 180,3 cm, lo que indica que las plantas bajo este régimen tienen una mayor respuesta positiva en términos de elongación y biomasa. Esto podría estar relacionado con un mejor equilibrio entre la disponibilidad de agua y nutrientes, factores que han sido identificados en estudios previos como críticos para maximizar el crecimiento vegetativo en *Prunus* (Aras *et al.*, 2022).

El tratamiento S1 también muestra un impacto positivo significativo, con una altura promedio de 169,4 cm, lo que sugiere que, aunque ligeramente menos efectivo que S2, sigue siendo una opción favorable para promover el crecimiento. S3 presenta un crecimiento más moderado (157,8 cm), lo que indica que, si bien es menos efectivo que los tratamientos anteriores, aún promueve un desarrollo considerable. Finalmente, el tratamiento S4, con una altura media de 134,3 cm, es el que menos favorece el crecimiento, lo que podría sugerir que este tratamiento no proporciona las condiciones óptimas necesarias para maximizar el potencial de crecimiento de las variedades estudiadas. No obstante, a pesar de ser el menos efectivo, sigue mostrando un desarrollo considerable, lo que indica que las plantas pueden adaptarse, aunque con ciertas limitaciones.



#### 4.4.3 Grosor

Variable	Observaciones	Mínimo	Máximo	Media	Desv. Típica
<b>GF_677</b>	64	4,2	5,9	5	0,4
<b>Garnem</b>	64	4,3	6,2	5,2	0,5
<b>Rootopac20</b>	64	4	5,7	4,7	0,4
<b>Rootopac40</b>	64	3,3	5	4	0,4
<b>RootopacR</b>	64	3,3	5	4,1	0,5

Tabla 49: Estadística descriptiva de los valores de grosor en prunus

Muestra	Frecuencia	Suma de rangos	Media de rangos	Grupos		
<b>Rootopac40</b>	64	3185	61,2	a		
<b>Rootopac20</b>	64	4320,5	83	a		
<b>GF-677</b>	64	7563	145,4		b	
<b>Garnem</b>	64	11112	185,2			c
<b>RootopacR</b>	64	12045,5	200,7			c

Tabla 50: Kruskal-Wallis comparando las medidas descriptivas de grosor en cada una de las variedades

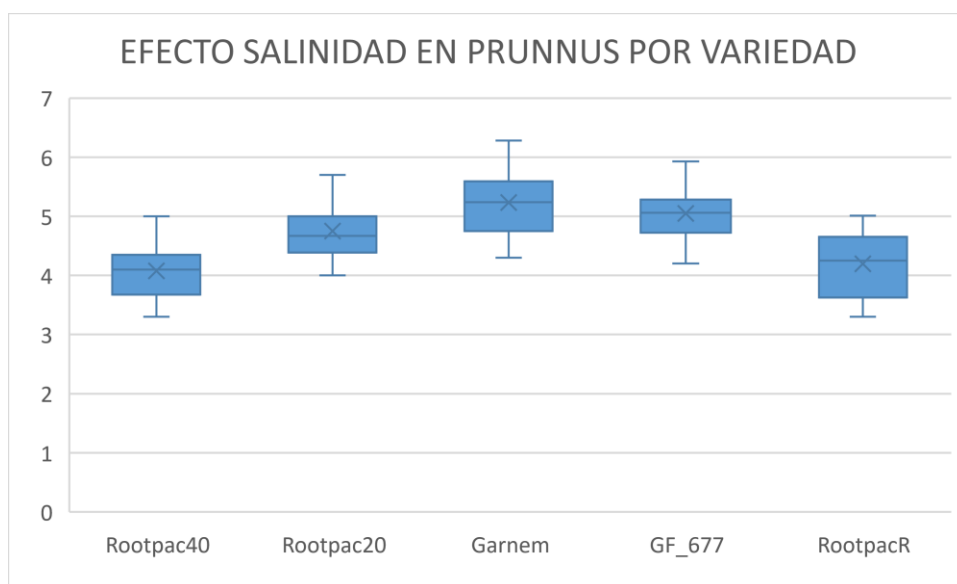


Figura 30: Representación gráfica comparando las medidas descriptivas de grosor en cada una de las variedades. (X valor medio y o valores atípicos)

Muestra	Frecuencia	Suma de rangos	Media de rangos	Grupos
S1	64	10314	128,9	a
S4	64	8122,5	135,3	a
S2	64	10309,5	143,1	a
S3	64	9480	148,1	a

Tabla 51: Kruskal-Wallis comparando las medidas descriptivas de grosor en cada una de los tratamientos

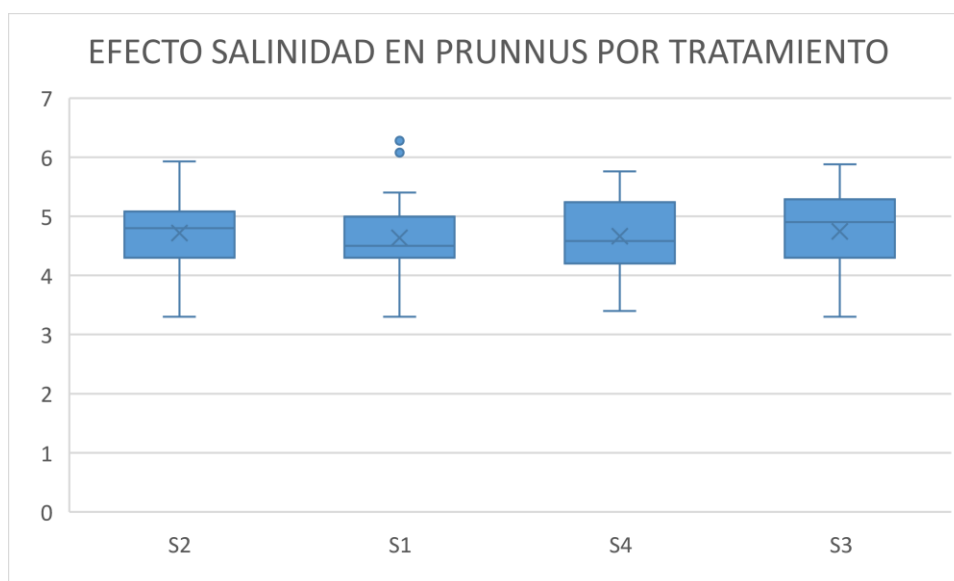


Figura 31: Representación gráfica comparando las medidas descriptivas de grosor en cada una de los tratamientos. (X valor medio y o valores atípicos)

En cuanto al grosor del tronco (Tabla 50), la variedad Garnem presenta el mayor grosor (5,2 mm), seguida de GF\_677 (5 mm), muy similares a las medidas que obtuvieron Aras *et al.* (2022) en su estudio al respecto. Estas dos variedades muestran un crecimiento más robusto en comparación con Rootopac20 (4,7 mm). Por otro lado, Rootopac40 y RootopacR presentan los grosores más bajos, con valores de 4 mm y 4,1 mm, respectivamente, lo que sugiere un menor desarrollo en términos de grosor en estas variedades.

Por tratamiento (Tabla 51), el S3 es el que presenta el mayor grosor promedio (148,1), seguido de S2 (143,1). Estos tratamientos parecen favorecer un desarrollo más robusto del tronco en comparación con S4 y S1, que presentan valores más bajos, pero aún significativos.





#### 4.4.4 Porómetro

En lo que se refiere a *Prunus* sp., se han realizado estudios para determinar cómo el estrés salino afecta los parámetros de intercambio de gases en algunos portainjertos; evaluando entre otros parámetros la tasa fotosintética neta y la conductancia estomática de las hojas como ocurre en nuestro estudio. Los datos de conductancia estomática revelaron que la salinidad redujo la conductancia estomática en los portainjertos utilizados, (Acharya *et al.*, 2022). En una investigación, se caracterizó la respuesta de genotipos de *Prunus* al estrés salino impuesto por el riego con soluciones de NaCl, específicamente en el intercambio de gases, entre otros parámetros (Toro *et al.*, 2021). Las plantas en condiciones de control mostraron valores estables de tasa fotosintética dentro de los genotipos en las mediciones realizadas durante el experimento, y como consecuencia del estrés salino, la tasa fotosintética se vio afectada negativamente en todos los genotipos de portainjertos, aunque algunos presentaron la caída más rápida y dramática, mientras que en otros la caída fue menor en sus valores de tasa fotosintética, queda demostrada la capacidad de tolerancia salina del portainjerto RR. De manera similar al parámetro de la tasa fotosintética, la conductancia estomática tuvo valores similares para el mismo genotipo en condiciones de control durante todo el experimento, con una mayor reducción en los valores de la conductancia en algunos portainjertos; mostrando algunos de ellos el cierre estomático más fuerte y drástico, alcanzando sus valores mínimos de conductancia a los pocos días de condición salina, y manteniéndolos hasta el final del ensayo (Toro *et al.*, 2021).



Variable	Observaciones	Mínimo	Máximo	Media	Desv. Típica
<b>GF_677</b>	32	237,4	658,5	510,8	123,6
<b>Garnem</b>	32	248,6	657,6	513	127
<b>Rootopac20</b>	32	289,1	802,7	550,3	144,4
<b>Rootopac40</b>	32	185,5	716,1	455,3	159,6
<b>RootopacR</b>	32	388	777,7	599,4	102,5

*Tabla 52: Estadística descriptiva de los valores del porómetro en prunus*

Variable	Shapiro-Wilk
<b>GF-677</b>	0,04
<b>Garnem</b>	0,061
<b>Rootopac20</b>	0,279
<b>Rootopac40</b>	0,190
<b>RootopacR</b>	0,243

*Tabla 53: Análisis de normalidad de los datos del porómetro*



**MÁSTER INGENIERÍA AGRONÓMICA**  
**JESÚS HOMBRÍA**

Muestra	Medias	Grupos	
S3	41,2	a	
S2	40,1	a	
S4	39,8	a	
S1	36,8		b

*Tabla 54: Boxplot comparando las medidas descriptivas del porómetro en cada una de los tratamientos*

Muestra	Medias	Grupos	
Rootopac40	455,3	a	
Rootopac20	550,6	a	b
GF-677	510,8	a	b
Garnem	513	a	b
RootopacR	599,4		b

*Tabla 55: Boxplot comparando las medidas descriptivas del porómetro en cada una de las variedades*

Referente a los resultados del porómetro (Tabla 53), la variedad RootopacR presenta la mayor conductancia (599,4), lo que sugiere una mayor capacidad de intercambio de gases y, potencialmente, una mejor capacidad para regular el agua. Rootopac20 y Garnem también muestran valores altos (550,3 y 513, respectivamente), como mencionan también Amador *et al.* (2012). Rootopac40 tiene la menor conductancia estomática (455,3), lo que podría indicar una menor eficiencia en el intercambio gaseoso.



**MÁSTER INGENIERÍA AGRONÓMICA**  
**JESÚS HOMBRÍA**

Por tratamiento (Tabla 54), se observa la misma tendencia que en los valores de SPAD, donde S3 muestra el mayor valor (41,2) y S1 el menor (36,8), lo que sugiere una correlación entre los tratamientos que favorecen tanto el contenido de clorofila como la conductancia estomática.

## 4.5 Avellano

### 4.5.1 Spad

Variable	Observaciones	Mínimo	Máximo	Media	Desv, típica
<b>BARCELONA</b>	64	13,2	57,3	29,7	9
<b>GIFFONI</b>	64	19,8	48,9	29,9	6,3
<b>ROMANA</b>	64	12,4	54,8	28	6,6
<b>YAMHILL</b>	64	20,4	48,6	29,7	5,8

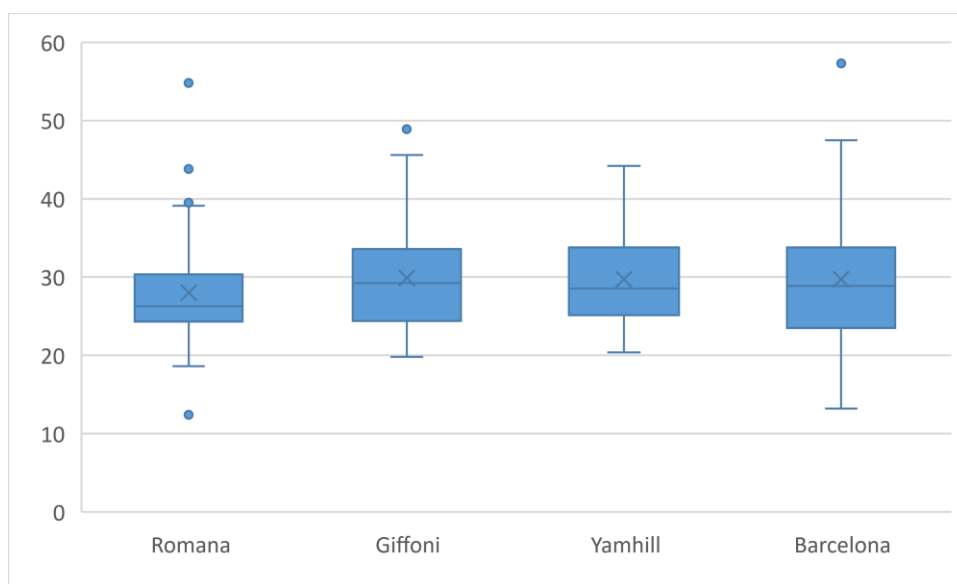
*Tabla 56: Estadística descriptiva de los valores de SPAD en avellano*

Muestra	Frecuencia	Suma de rangos	Media de rangos	Grupos
<b>ROMANA</b>	48	7459,5	113	a
<b>BARCELONA</b>	48	8339,5	130,3	a
<b>YAMHILL</b>	48	8802	137,5	a
<b>GIFFONI</b>	48	8810	137,6	a

*Tabla 57: Kruskal-Wallis comparando las medidas descriptivas de SPAD en cada una de las variedades*



**MÁSTER INGENIERÍA AGRONÓMICA**  
**JESÚS HOMBRÍA**



*Figura 32: Representación gráfica comparando las medidas descriptivas de SPAD en cada una de las variedades. (X valor medio y o valores atípicos)*

Muestra	Frecuencia	Suma de rangos	Media de rangos	Grupos
S4	48	7039,5	109,9	a
S2	48	8388,5	131	a
S1	48	8809	133,4	a
S3	48	9174	143,3	a

*Tabla 58: Kruskal-Wallis comparando las medidas descriptivas de SPAD en cada una de los tratamientos*

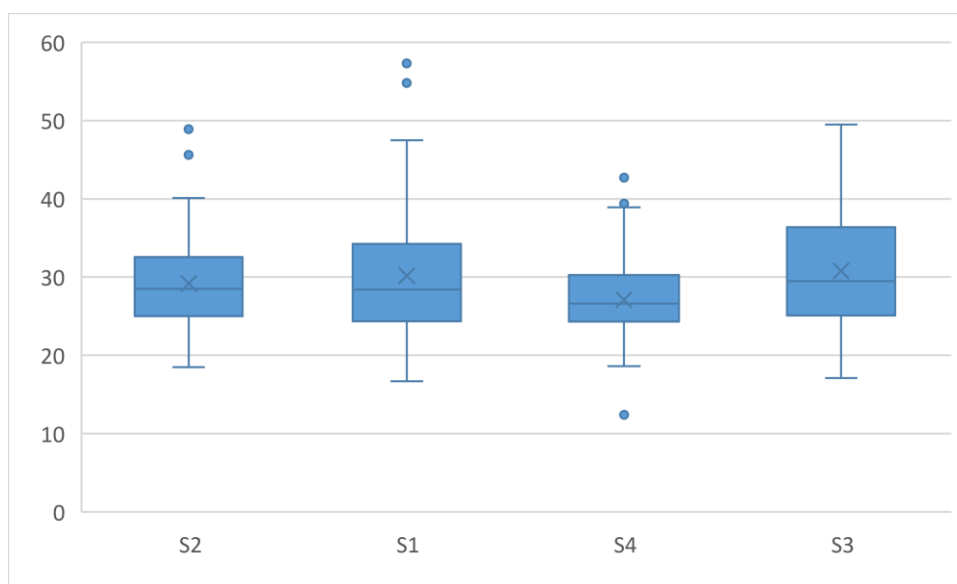


Figura 33: Representación gráfica comparando las medidas descriptivas de SPAD en cada una de los tratamientos. (X valor medio y o valores atípicos)

Referente al SPAD (Tabla 57), hemos apreciado que las variedades Giffoni y yamhill tienen los valores más altos (137,6 y 137,5, respectivamente), lo que sugiere una mayor capacidad fotosintética en estas variedades acorde con lo recogido en el trabajo de Luciani *et al.* (2019). Por su parte, la variedad barcelona tiene un valor intermedio (130,305), mientras que romana presenta el valor más bajo (113), lo que indica una menor eficiencia fotosintética en comparación con las otras variedades.

Por tratamiento (Tabla 58), S3 muestra el valor más alto (143,3), lo que sugiere que es el tratamiento que promueve una mayor producción de clorofila y una mayor eficiencia fotosintética. S1 y S2 también muestran buenos resultados, mientras que S4 tiene el valor más bajo (109,9), lo que indica una menor promoción de la fotosíntesis en comparación con los otros tratamientos.



#### 4.5.2 *Altura*

En lo que se refiere al avellano *C. avellana*, en esta planta la salinidad del suelo genera efectos adversos para casi todas las etapas de crecimiento y procesos metabólicos, comenzando por la inhibición de la germinación de las semillas, el retraso en el crecimiento y en el desarrollo de las plantas, y en la reducción del rendimiento productivo y de la calidad del cultivo (Botis *et al.*, 2023). En un híbrido de avellano, Li *et al.* (2015) ensayaron condiciones de estrés salino-alcalino con NaCl y Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> para estudiar los cambios de los índices de crecimiento, y en los contenidos de hormonas endógenas en las hojas. Estos autores demostraron que el crecimiento neto de la altura de la planta, la longitud de los nuevos brotes y el número de hojas, la biomasa de los brotes, y la biomasa total del avellano híbrido, fueron inhibidos por los estreses salino-alcalino en el orden estrés NaCl > estrés mixto > estrés Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>.

Variable	Observaciones	Mínimo	Máximo	Media	Desv. Típica
<b>BARCELONA</b>	64	31	48	38,7	4,9
<b>GIFFONI</b>	64	32	48	38,2	4,6
<b>ROMANA</b>	64	30	49	38	5,1
<b>YAMHILL</b>	64	31	49	38,6	5,1

*Tabla 59: Estadística descriptiva de los valores de altura en avellano*



**MÁSTER INGENIERÍA AGRONÓMICA**  
**JESÚS HOMBRÍA**

Muestra	Frecuencia	Suma de rangos	Media de rangos	Grupos
<b>ROMANA</b>	48	4721,5	92,4	a
<b>GIFFONI</b>	48	4640,5	96,6	a
<b>YAMHILL</b>	48	4827	100,5	a
<b>BARCELONA</b>	48	4930	102,7	a

Tabla 60: Kruskal-Wallis comparando las medidas descriptivas de altura en cada una de las variedades

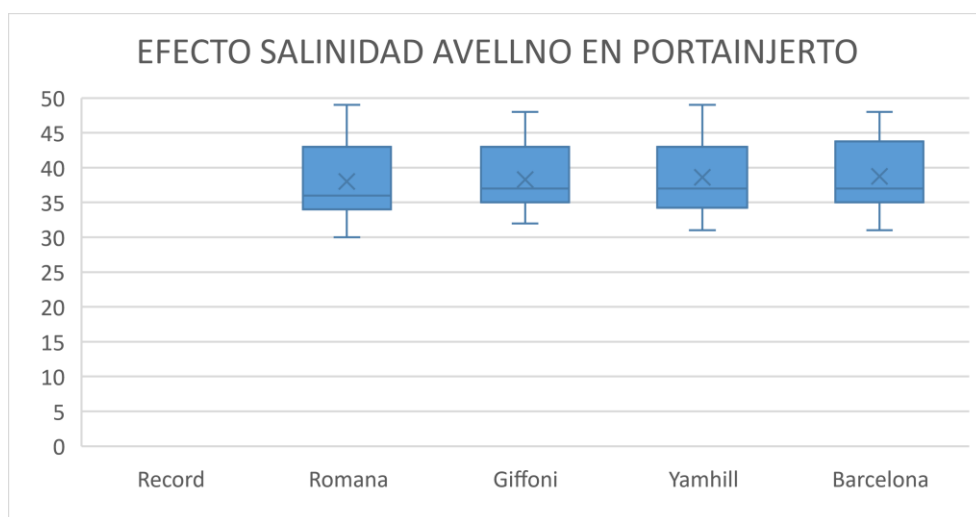
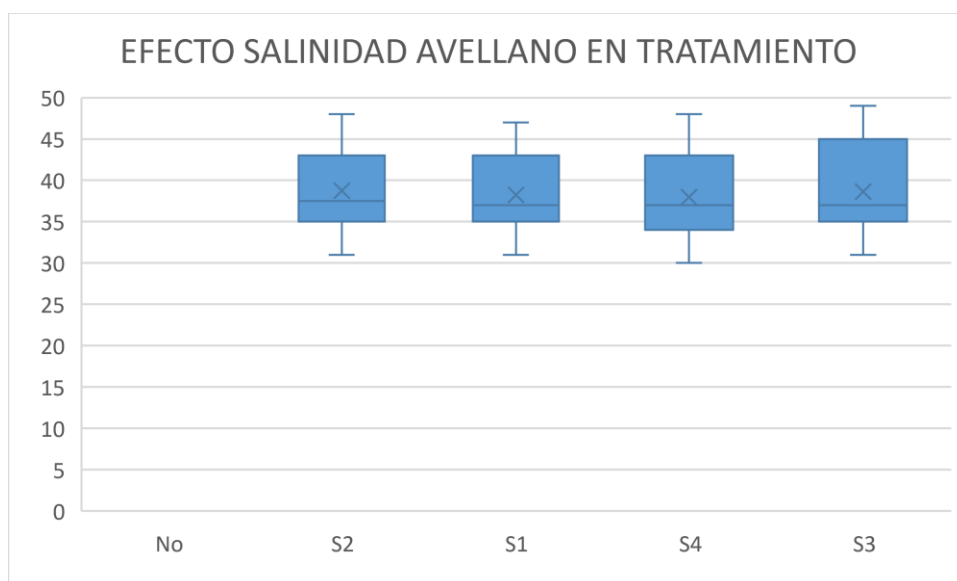


Figura 34: Representación gráfica comparando las medidas descriptivas de altura en cada una de las variedades. (X valor medio y o valores atípicos)

Muestra	Frecuencia	Suma de rangos	Media de rangos	Grupos
<b>S4</b>	48	4432	92,3	a
<b>S1</b>	48	4916	96,3	a
<b>S3</b>	48	4777,5	99,5	a
<b>S2</b>	48	4984,5	103,8	a

Tabla 61: Kruskal-Wallis comparando las medidas descriptivas de altura en cada una de los tratamientos





*Figura 35: Representación gráfica comparando las medidas descriptivas de altura en cada una de los tratamientos. (X valor medio y o valores atípicos)*

En términos de altura (Tabla 60), hemos detectado que la variedad barcelona muestra el mayor crecimiento (102,7), seguida de yamhill (100,5). Romanaes la que presenta el valor más bajo (92,4), lo que sugiere un crecimiento más limitado en comparación con las otras variedades. Giffoni también tiene un valor intermedio (96,6), lo que la coloca en una posición similar a romana en cuanto a crecimiento. Estos resultados son particularmente similares a los dispuestos por Mehlenbacher y Molnar (2021) en relación con la altura de sus muestras.

En cuanto a los tratamientos (Tabla 61), S2 destaca como el más favorable para el crecimiento en altura (103,8), lo que sugiere que las plantas tratadas con este régimen han mostrado un desarrollo superior. S3 y S1 también promueven un crecimiento razonable, mientras que S4 parece ser el menos efectivo para la altura (92,3), similar al comportamiento de la variedad romana.



**MÁSTER INGENIERÍA AGRONÓMICA**  
**JESÚS HOMBRÍA**

*4.5.3 Grosor*

Variable	Observaciones	Mínimo	Máximo	Media	Desv. Típica
<b>BARCELONA</b>	64	2,1	4,5	2,9	0,5
<b>GIFFONI</b>	64	2,1	3,7	2,7	0,5
<b>ROMANA</b>	64	2	3,8	2,8	0,5
<b>YAMHILL</b>	64	2,5	3,8	3,2	0,3

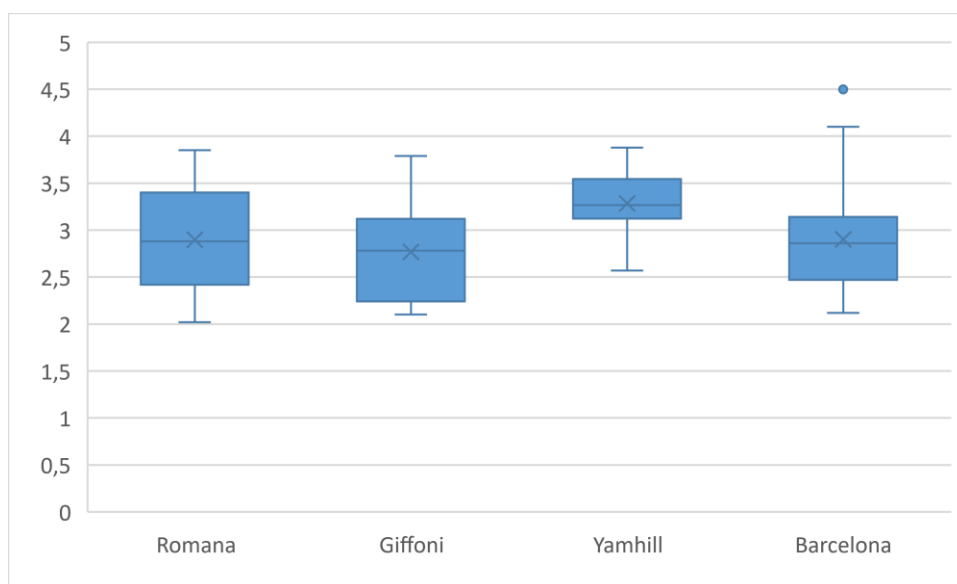
*Tabla 62: Estadística descriptiva de los valores de grosor en avellano*

Muestra	Frecuencia	Suma de rangos	Media de rangos	Grupos	
<b>GIFFONI</b>	48	1981,5	56,6	a	
<b>BARCELONA</b>	48	2304	65,8	a	
<b>ROMANA</b>	48	2573,5	65,9	a	
<b>YAMHILL</b>	48	3152	98,5	a	b

*Tabla 63: Kruskal-Wallis comparando las medidas descriptivas de grosor en cada una de las variedades*



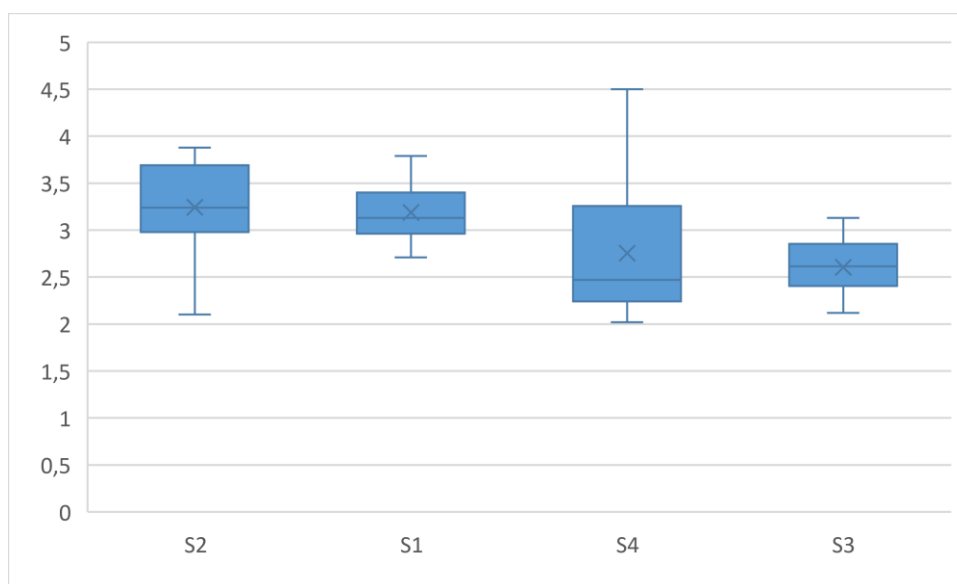
**MÁSTER INGENIERÍA AGRONÓMICA**  
**JESÚS HOMBRÍA**



*Figura 36: Representación gráfica comparando las medidas descriptivas de grosor en cada una de las variedades. (X valor medio y o valores atípicos)*

Muestra	Frecuencia	Suma de rangos	Media de rangos	Grupos
S3	48	1386	43,3	a
S4	48	2111,5	55,5	a
S1	48	2878	89,5	a
S2	48	3635,5	93,2	a

*Tabla 64: Kruskal-Wallis comparando las medidas descriptivas de grosor en cada una de los tratamientos*



*Figura 37: Representación gráfica comparando las medidas descriptivas de grosor en cada una de los tratamientos. (X valor medio )*

En cuanto al grosor (Tabla 63), la variedad yamhill sobresale significativamente con un valor de 98,5, lo que sugiere un crecimiento más robusto del tronco en comparación con las otras variedades, encontrándose en línea con lo dispuesto por Król y Gantner (2020) al respecto. Asimismo, la variedad romana y barcelona tienen valores similares en grosor (65,9 y 65,8, respectivamente), mientras que giffoni muestra el menor desarrollo en términos de grosor (56,614), lo que podría indicar un crecimiento más limitado en términos de robustez del tronco.

Por tratamiento (Tabla 64), S2 es el que muestra el mayor grosor (93,2), lo que indica que es el más favorable para el desarrollo robusto de los troncos, seguido de S1 (89,9). S3 presenta el valor más bajo (43,3), lo que sugiere un menor impacto en el grosor del tronco comparado con los otros tratamientos.



**MÁSTER INGENIERÍA AGRONÓMICA**  
**JESÚS HOMBRÍA**

*4.5.4 Porómetro*

Variable	Observaciones	Mínimo	Máximo	Media	Desv. Típica
<b>BARCELONA</b>	64	78,5	546,4	229	144,5
<b>GIFFONI</b>	64	51	509,7	240	156,4
<b>ROMANA</b>	64	82	634,9	251	194,5
<b>YAMHILL</b>	64	95,	787,1	411,6	225,1

*Tabla 65: Estadística descriptiva de los valores del porómetro en avellano*

Muestra	Frecuencia	Suma de rangos	Media de rangos	Grupos	
<b>BARCELONA</b>	48	1242	46	a	
<b>GIFFONI</b>	48	1248	48	a	
<b>ROMANA</b>	48	1334	49,4	a	
<b>YAMHILL</b>	48	1954	72,3		b

*Tabla 66: Kruskal-Wallis comparando las medidas descriptivas del porómetro en cada una de las variedades*

Muestra	Frecuencia	Suma de rangos	Media de rangos	Grupos	
<b>S4</b>	48	534	35,6	a	
<b>S3</b>	48	1176	36,7	a	
<b>S2</b>	48	1733	54,1	a	
<b>S1</b>	48	2335	83,3		b

*Tabla 67: Kruskal-Wallis comparando las medidas descriptivas del porómetro en cada una de los tratamientos*



**MÁSTER INGENIERÍA AGRONÓMICA**  
**JESÚS HOMBRÍA**

---

En cuanto a los resultados del porómetro (Tabla 66), hemos detectado que la variedad yamhill tiene el valor más alto (72,3), lo que Altieri (2024) afirma que sugiere una mayor capacidad de intercambio de gases y, potencialmente, una mejor eficiencia hídrica. romana, giffoni, y barcelona tienen valores más bajos y similares, con barcelona presentando el menor valor (46,000), lo que indica una menor capacidad estomática en comparación con yamhill.

En términos de tratamiento (Tabla 67), S1 destaca con el mayor valor de conductancia estomática (83,3), lo que sugiere que es el tratamiento que favorece el intercambio gaseoso y la eficiencia en el uso del agua. S2 también tiene un valor considerablemente alto (54,1), mientras que S4 y S3 muestran los valores más bajos, lo que podría indicar una menor eficiencia estomática.



#### 4.6 Fluorímetro

El análisis de fluorescencia de clorofila es una de las técnicas más poderosas y ampliamente utilizadas para estudiar el efecto del estrés en el proceso fotosintético, debido a que se pueden obtener diferentes parámetros basándose en el cálculo efectivo de la reducción de la eficiencia del fotosistema PSII. Entre estos parámetros están la fluorescencia mínima ( $F_o$ ), que se da cuando los centros de reacción del PSII están abiertos, la fluorescencia máxima ( $F_m$ ), que se produce cuando los centros de reacción están cerrados, y la fluorescencia Variable ( $F_v$ ), que es la diferencia entre  $F_o$  y  $F_m$  (Solarte *et al.*, 2010). Las mediciones de la fluorescencia de la clorofila en condiciones adaptadas a la oscuridad permiten determinar la eficiencia cuántica potencial del fotosistema PSII mediante la relación entre la fluorescencia Variable y la fluorescencia máxima ( $F_v/F_m$ ), considerada como una medida potencial de la eficiencia fotosintética del PSII, y útil porque el PSII es muy sensible al estrés; por lo que una disminución de la relación  $F_v/F_m$  indica un posible estrés en el organismo fotosintético (Delgadillo *et al.*, 2017). En este sentido, la relación  $F_v/F_m$  es ampliamente usada como un indicador sensible del rendimiento fotosintético de las plantas (Zhao *et al.*, 2019), y las disminuciones de este índice son indicativas de la reducción de la eficiencia del fotosistema PSII, es decir, la fotoinhibición; la cual es un fenómeno que conduce a una reducción de la actividad fotosintética, debido principalmente a la disminución de la asimilación de  $\text{CO}_2$  inducida por la luz. Aunque la reducción de la fotoasimilación puede depender de daños a muchos componentes de la maquinaria fotosintética, con frecuencia se utiliza el término fotoinhibición para definir la inhibición inducida por la luz de la actividad del fotosistema PSII (Guide *et al.*, 2019).

Los parámetros de fluorescencia se pueden utilizar para monitorear el crecimiento, la respuesta fisiológica, y los cambios de rendimientos cuánticos de la fotoquímica del fotosistema (PSII) en plantas bajo estrés (Zhao *et al.*, 2019); analizándose en este estudio a las respuestas de las especies *O. europaea*, *Prunus* sp., *V. vinífera*, *C. avallana*, y el autorradicado al estrés salino, mediante la determinación de algunos parámetros de la fluorescencia de la Clorofila, incluyendo el parámetro



**MÁSTER INGENIERÍA AGRONÓMICA**  
**JESÚS HOMBRÍA**

*Fv/Fm*. En las especies *O. europaea*, *V. vinífera*, y el autocorregido, la salinidad no tuvo un efecto estadísticamente significativo sobre la relación *Fv/Fm*; sin embargo, en todas las especies estudiadas, la tendencia fue a disminuir esta relación con el tiempo, después de aplicar el estrés salino.

4.6.1 *Prunus*

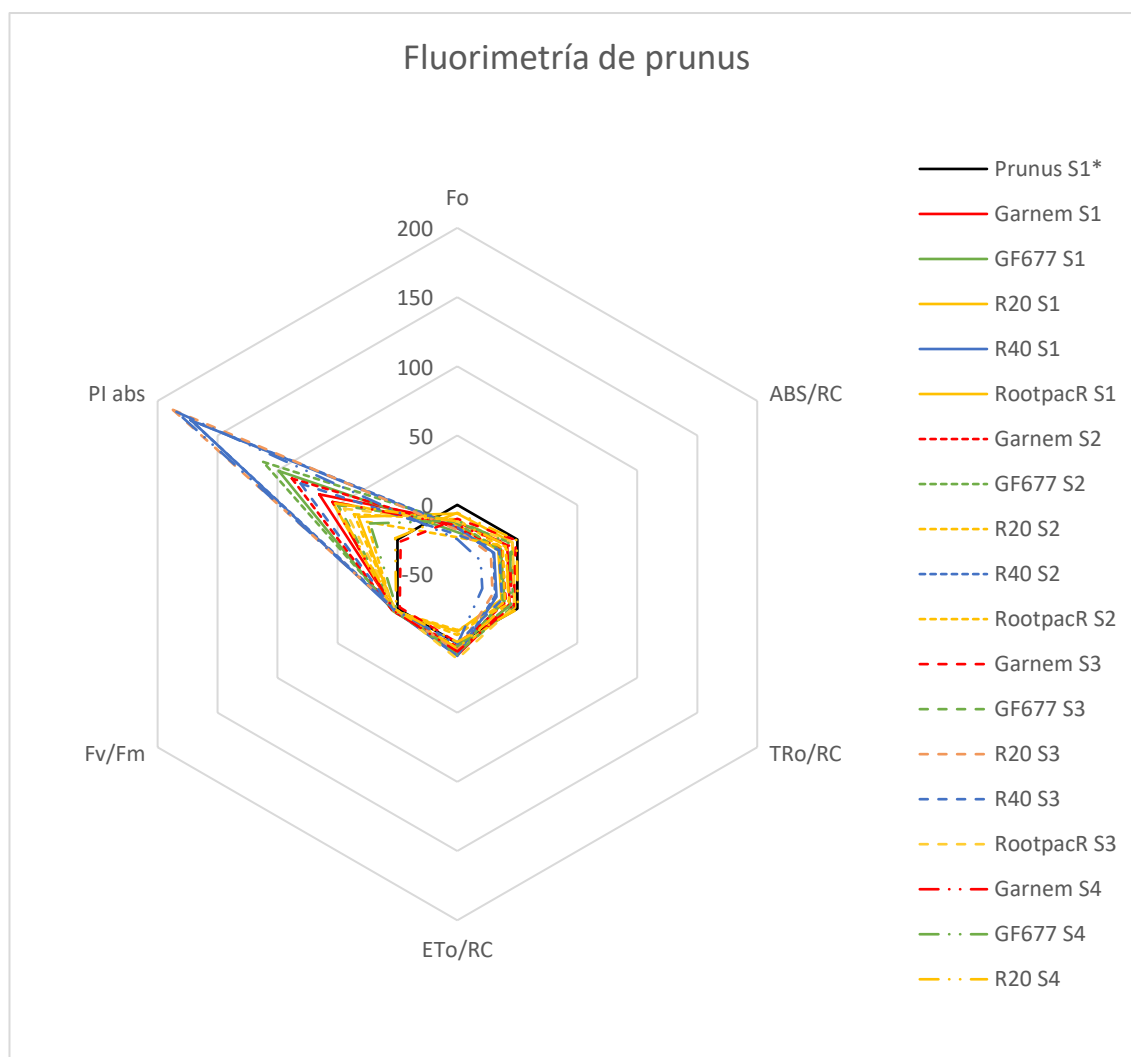


Figura 38: Fluorimetría de prunus. Absorción de Energía y Desactivación No Fotoquímica (*Fo* y *ABS/RC*); Transporte y Transferencia de Electrones (*TRo/RC* y *ETo/RC*); Eficiencia Fotosintética y Desempeño del Fotosistema II (*Fv/Fm* y *PI abs*). Representación de los diferentes tratamientos (S1 a S4) de todos los patrones estudiados.





### **Comparación entre Variedades.**

- **Garnem.** Muestra una sensibilidad moderada a la salinidad, con disminuciones notables en todos los grupos de parámetros (Toro, G, *et al.*, 2002). Muestra una tolerancia moderada a la salinidad. En S1 y S2, mantiene una buena eficiencia fotosintética y desempeño del PSII, lo que indica una adaptación inicial. Sin embargo, en S3 y S4, hay una disminución notable en los parámetros ABS/RC y TRo/RC, lo que evidencia un efecto negativo sobre el transporte de electrones bajo estrés salino más severo (Kalaji *et al.*, 2014).
- **GF677.** Esta variedad presenta una alta sensibilidad al estrés salino. La disminución progresiva en ABS/RC y en la eficiencia fotosintética ( $F_v/F_m$ ) desde S2 hasta S4 indica dificultades en la adaptación a la salinidad elevada. A pesar de una ligera recuperación en S2, la tolerancia de GF677 es limitada en condiciones de salinidad alta (Ranjbarfordoei *et al.*, 2006).
- **R20.** R20 tiene una adaptación moderada en S1 y S2, pero presenta un descenso en TRo/RC y PI abs en S3 y S4. Aunque esta variedad exhibe una buena absorción de energía en condiciones iniciales, su eficiencia en el transporte de electrones se reduce a medida que aumenta la salinidad (Goltsev *et al.*, 2009). Este patrón sugiere una menor tolerancia a la salinidad en comparación con Garnem, pero similar a GF677.
- **R40.** Muestra una alta sensibilidad al estrés salino, con caídas significativas en todos los parámetros medidos. En particular, su capacidad de transferencia de electrones (ETo/RC) y su eficiencia fotosintética se ven afectadas en S3 y S4, indicando limitaciones en su adaptabilidad a ambientes con alto contenido de sal (Strasser *et al.*, 2000).
- **RootpacR.** Destaca por su tolerancia moderada a la salinidad, con una buena estabilidad en los parámetros de absorción y disipación energética ( $F_o$  y ABS/RC) en S1 y S2. Aunque se observa una disminución en PI abs en S4, esta variedad se



posiciona como una opción viable en condiciones de salinidad baja a moderada (Jiménez *et al.*, 2013).

### **Conclusión.**

El análisis comparativo indica que los portainjertos **Garnem** y **RootpacR** exhiben una tolerancia relativamente mejor al estrés salino, manteniendo niveles más altos de eficiencia fotosintética y transporte de electrones bajo condiciones salinas. En contraste, **R40** y **GF677** se ven más afectados negativamente, mostrando disminuciones significativas en todos los parámetros medidos. Estos hallazgos son consistentes con estudios previos que destacan la variabilidad en la tolerancia a la salinidad entre los portainjertos de *Prunus*



#### 4.6.2 *Vitis vinifera*

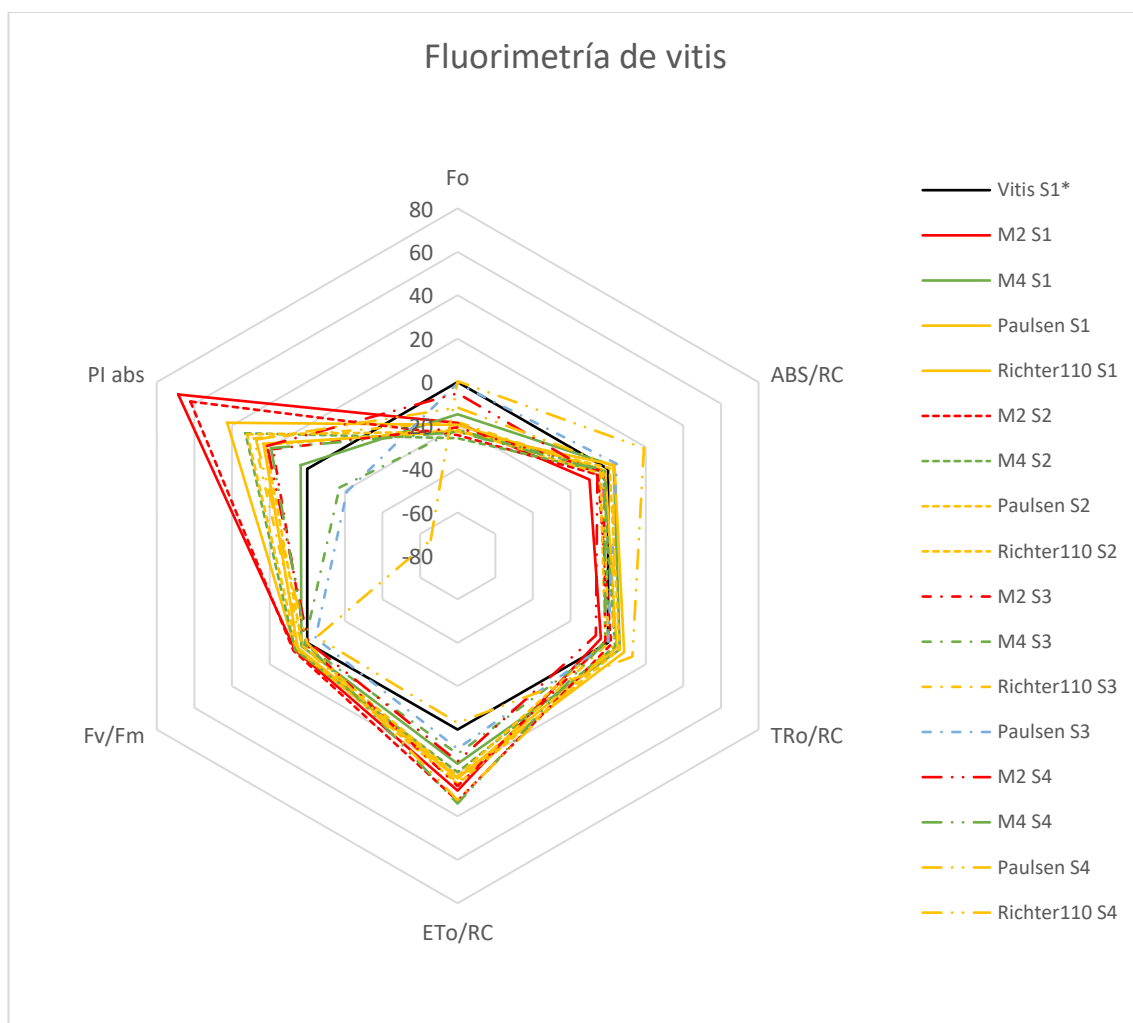


Figura 39: Fluorimetría de vid. Absorción de Energía y Desactivación No Fotoquímica (Fo y ABS/RC); Transporte y Transferencia de Electrones (TRo/RC y ETo/RC); Eficiencia Fotosintética y Desempeño del Fotosistema II (Fv/Fm y PI abs). Representación de los diferentes tratamientos (S1 a S4) de todos los patrones de vid estudiados.



### **Comparación entre variedades**

- **M2.** En S1 y S2, M2 mantiene una absorción de energía constante y una transferencia de electrones estable (TRo/RC). Sin embargo, en S3 y S4, los valores de Fv/Fm y PI abs disminuyen, lo que indica una caída en la eficiencia fotosintética bajo condiciones de salinidad más alta (Kalaji *et al.*, 2017).
- **M4.** Esta variedad es especialmente sensible a niveles altos de salinidad. Su capacidad de captación de energía (ABS/RC) y transferencia de electrones (ETo/RC) se ven afectadas drásticamente en S3 y S4, lo que refleja un declive en la eficiencia fotosintética y un alto grado de estrés (Baker, 2008).
- **Paulsen.** Paulsen muestra buena tolerancia en condiciones iniciales de salinidad (S1 y S2). Sin embargo, en S4, hay un incremento en ABS/RC junto con una disminución de Fv/Fm, lo que sugiere un mecanismo de sobrecompensación o adaptación limitada bajo condiciones extremas (Genty *et al.*, 1989).
- **Richter110.** En condiciones iniciales y moderadas de salinidad, Richter110 presenta una gran estabilidad en Fo y ABS/RC. A medida que la salinidad aumenta, especialmente en S4, se observa una caída en PI abs y Fv/Fm, reflejando un agotamiento en su adaptabilidad al estrés prolongado (Goltsev *et al.*, 2016).

### **Conclusión.**

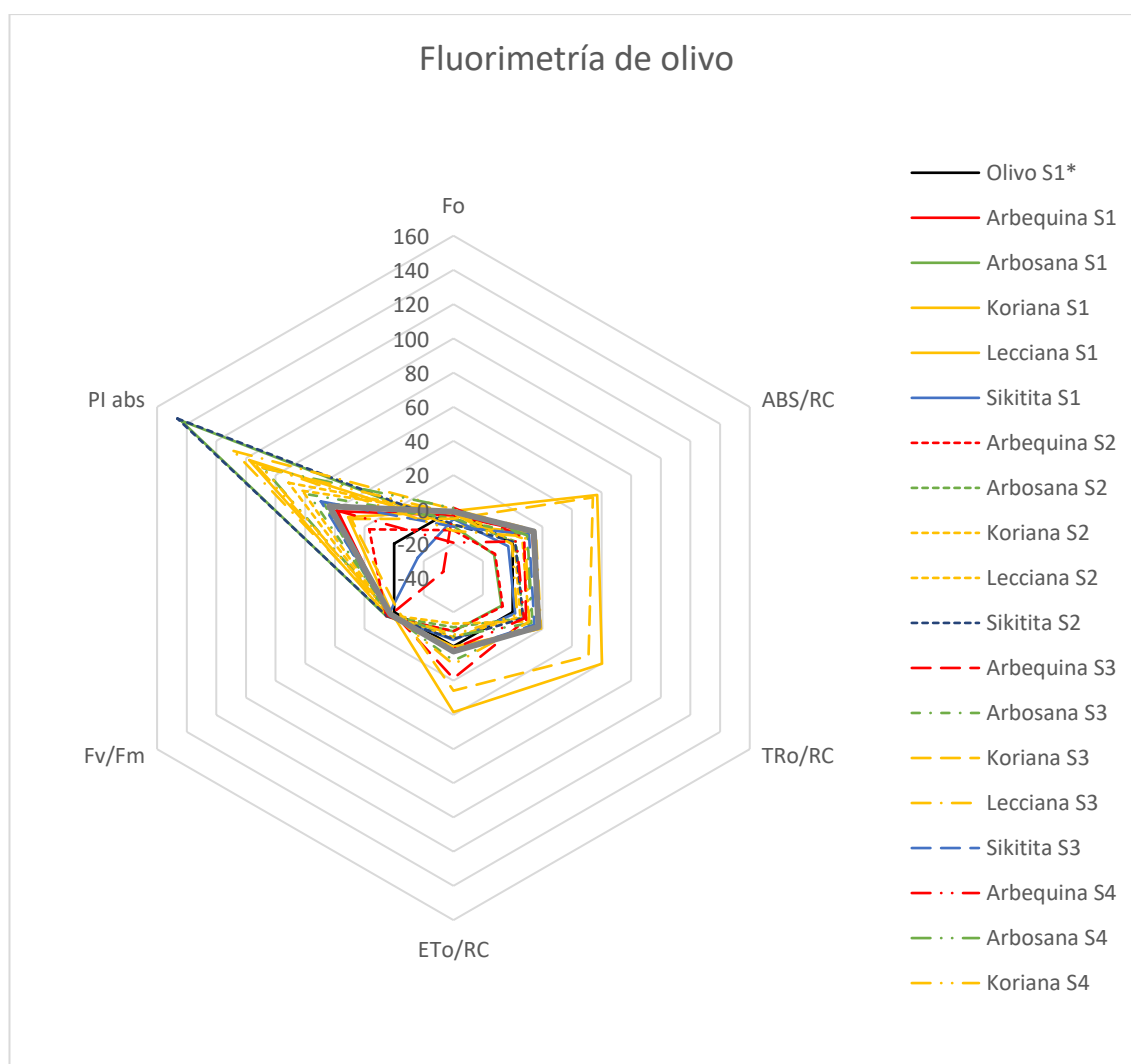
- **Richter110** y **Paulsen** muestran comportamientos más estables y adaptaciones a los niveles iniciales de salinidad, pero ambos presentan dificultades en concentraciones más altas.
- **M2** es más eficiente en condiciones de salinidad baja a moderada, pero se ve afectada significativamente en alta salinidad.
- **M4** parece ser la más vulnerable a la salinidad alta, con caídas en todos los parámetros en S3 y S4.



**MÁSTER INGENIERÍA AGRONÓMICA**  
**JESÚS HOMBRÍA**

Estos resultados sugieren que para condiciones de salinidad baja a moderada, **Richter110** y **Paulsen** podrían ser más resistentes, mientras que **M2** y **M4** requieren más atención y posibles medidas de manejo para mejorar su tolerancia al estrés salino elevado.

*4.6.3 Olea europaea*



*Figura 40: Fluorimetría de olivo. Absorción de Energía y Desactivación No Fotoquímica (Fo y ABS/RC); Transporte y Transferencia de Electrones (TRo/RC y ETo/RC); Eficiencia Fotosintética y Desempeño del Fotosistema II (Fv/Fm y PI abs). Representación de los diferentes tratamientos (S1 a S4) de todos los patrones de vid estudiados.*



### **Comparación entre variedades**

- **Arbequina.** Demuestra una buena adaptación en S1 y S3, pero en S4 su capacidad de absorción disminuye, lo que compromete su eficiencia fotosintética en condiciones extremas. Los parámetros  $F_o$  y  $PI_{abs}$  reflejan su respuesta Variable frente a la salinidad (Goltsev *et al.*, 2016).
  - **Arbosana.** Muestra una adaptación moderada en S2 y S3. Sin embargo, en S4 se observa una reducción en la eficiencia del PSII ( $F_v/F_m$ ), lo que indica una limitación en su respuesta a altas concentraciones salinas (Kalaji *et al.*, 2017).
- Koriana.** Presenta estabilidad en la captación de energía ( $ABS/RC$ ) en S1 y S3, y mantiene una buena eficiencia fotosintética en S4. Estos resultados sugieren un potencial adaptativo superior en ambientes salinos (Chen *et al.*, 2017).
- **Lecciana.** Se adapta bien a salinidad baja y moderada, reflejado en la estabilidad de sus parámetros de transferencia de electrones ( $TR_o/RC$  y  $ET_o/RC$ ) y en la eficiencia fotosintética en S1 y S3 (Kalaji *et al.*, 2017).

### **Conclusión.**

**Lecciana** y **Koriana** demuestran ser más resistentes en condiciones de salinidad baja a moderada, lo cual se sustenta en la literatura que resalta la importancia de  $TR_o/RC$ ,  $ET_o/RC$  y  $PI_{abs}$  en la evaluación de la respuesta al estrés salino (Yu, S., Zhang, N., *et al.* 2021). **Arbequina** y **Arbosana** responden bien a concentraciones intermedias, pero muestran limitaciones en S4. **Sikitita** destaca en niveles intermedios de salinidad, respaldado por la relevancia de los parámetros mencionados por Goltsev *et al.* (2016).



#### 4.6.4 *Corylus avellano*

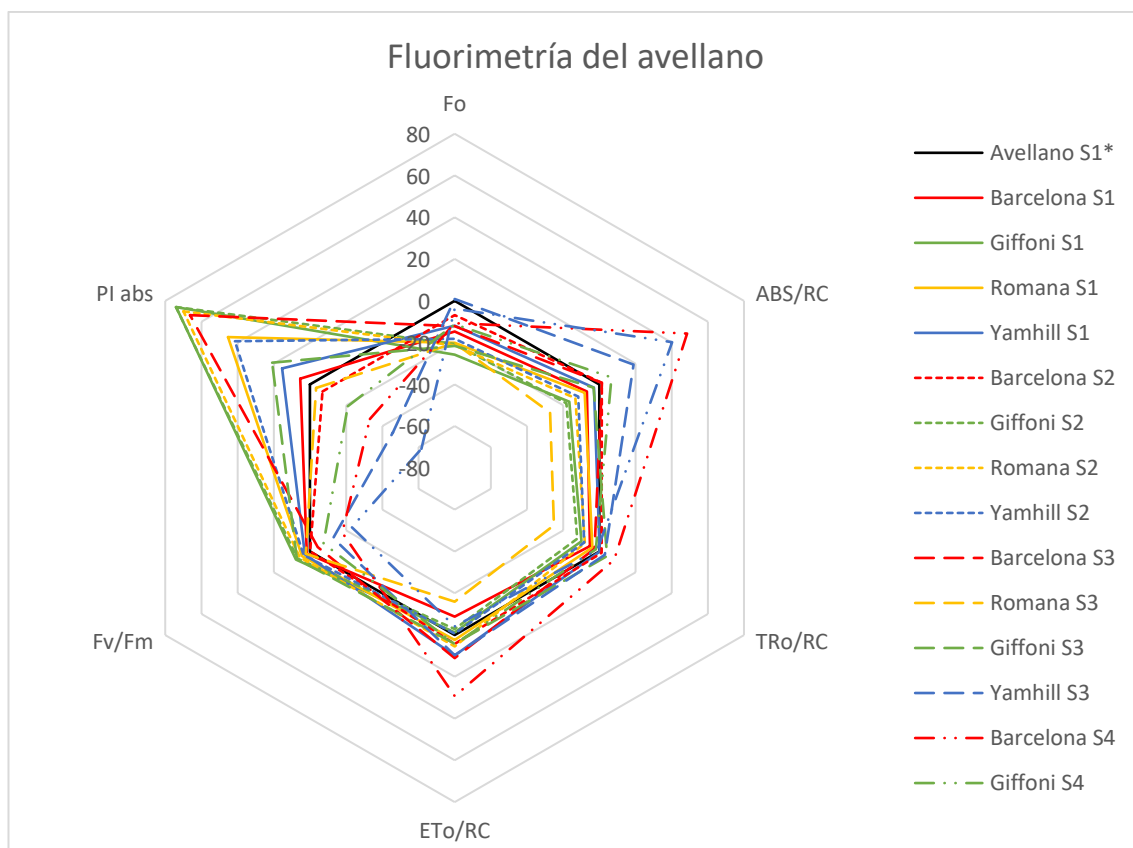


Figura 11: Fluorimetría de avellano. Absorción de Energía y Desactivación No Fotoquímica ( $F_o$  y  $ABS/RC$ ); Transporte y Transferencia de Electrones ( $TRo/RC$  y  $ETo/RC$ ); Eficiencia Fotosintética y Desempeño del Fotosistema II ( $Fv/Fm$  y  $PI_{abs}$ ). Representación de los diferentes tratamientos (S1 a S4) de todas las variedades de avellanos estudiados.

#### Comparación entre variedades

- **Barcelona.** Presenta estabilidad en  $ABS/RC$  en S2, pero en S4 disminuye  $PI_{abs}$ , lo que indica menor eficiencia fotosintética y adaptabilidad a condiciones de alta salinidad (Mihaljević & Viljevac Vuletić, 2023).
- **Yamhill.** Mantiene la transferencia de electrones en niveles bajos y moderados de salinidad, pero en S4 su eficiencia fotosintética cae notablemente, evidenciando sensibilidad al estrés prolongado (Chen *et al.*, 2021).



- **Romana.** En S3, Romana muestra una disminución en TRo/RC, lo que sugiere una menor capacidad de gestión del transporte de electrones bajo estrés salino avanzado (Kalaji *et al.*, 2014).
- **Giffoni.** Presenta una alta sensibilidad al estrés salino, evidenciada por una disminución en ABS/RC y un aumento en Fo en S2 y S3. Sin embargo, mantiene valores estables de Fv/Fm en estas fases, lo cual indica adaptabilidad en condiciones intermedias de salinidad (Goltsev *et al.*, 2016).

### **Conclusión.**

Las variedades **Giffoni** y **Yamhill** muestran una mejor adaptación a condiciones de salinidad moderada, mientras que **Barcelona** y **Romana** son más vulnerables a concentraciones salinas elevadas. La evaluación de parámetros como Fo, ABS/RC y PI\_abs. es esencial para comprender la respuesta al estrés salino en estas variedades, respaldando la importancia de estos indicadores en estudios de fisiología vegetal bajo condiciones de estrés (Mihaljević, I., & Viljevac Vuletić, M., 2023; Kalaji *et al.*, 2014).





#### 4.6.5 Almendro autorradicado

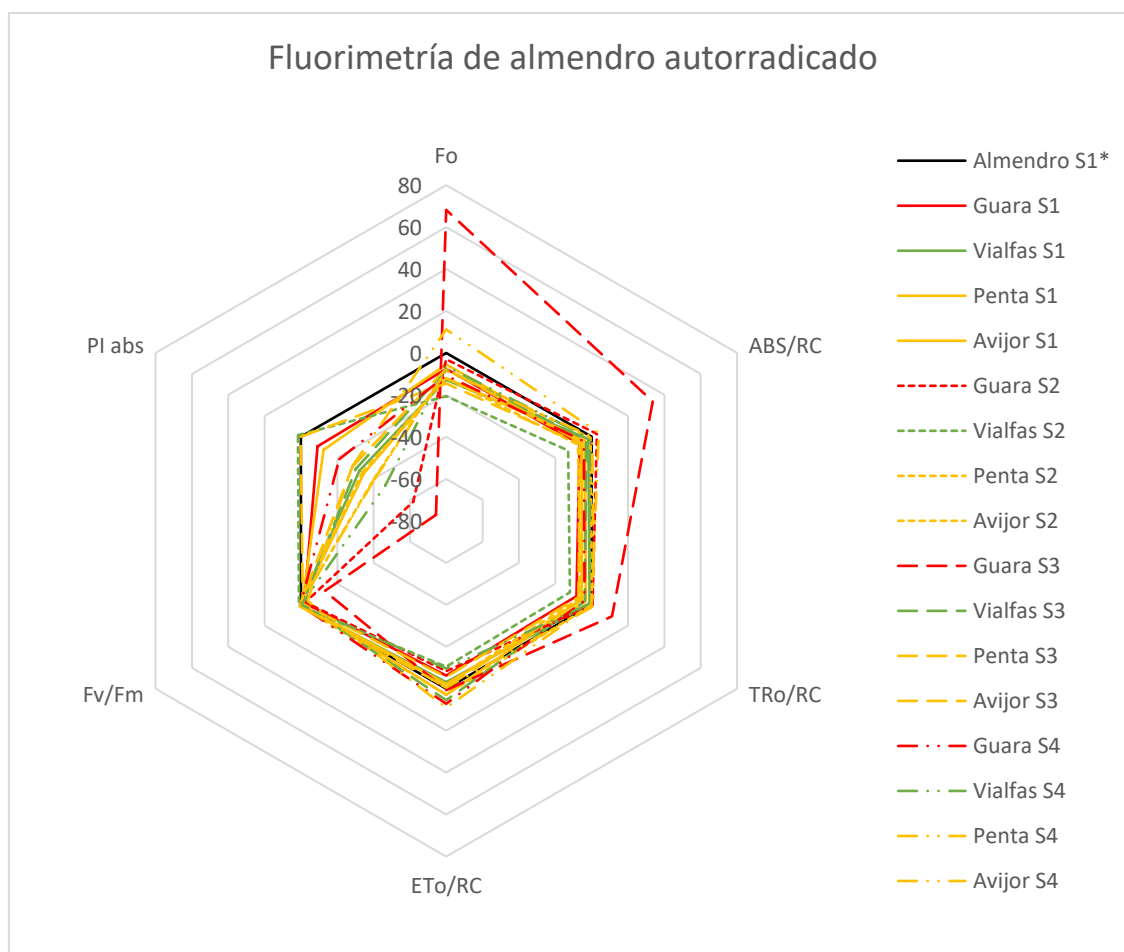


Figura 42: : Fluorimetría de almendro autorradicado. Absorción de Energía y Desactivación No Fotoquímica (Fo y ABS/RC); Transporte y Transferencia de Electrones (TRo/RC y ETo/RC); Eficiencia Fotosintética y Desempeño del Fotosistema II (Fv/Fm y PI abs). Representación de los diferentes tratamientos (S1 a S4) de todas las variedades de almendro autorradicado estudiados.

#### Comparación de variedades

- **Penta.** Demuestra una notable capacidad de adaptación al estrés salino, manteniendo valores positivos en PI abs y ETo/RC en S4, lo que indica una alta eficiencia fotosintética y transporte de electrones, incluso bajo salinidad elevada. Además, gestiona adecuadamente la disipación de energía, con valores moderados en Dio/RC y Dio/CSO, evitando daños en sus sistemas fotosintéticos. Estos



**MÁSTER INGENIERÍA AGRONÓMICA**  
**JESÚS HOMBRÍA**

---

resultados sugieren que su respuesta no fotoquímica protege su aparato fotosintético frente a condiciones salinas.

- **Avijor.** Aunque muestra una leve disminución en RF en condiciones de alta salinidad, mantiene su rendimiento fotosintético con PI abs en valores aceptables y FE moderado en S3, denotando adaptabilidad en salinidades bajas a moderadas. También maneja bien la disipación de energía, mostrando una estrategia de adaptación que le permite un desempeño satisfactorio bajo salinidad moderada.
- **Guara.** Evidencia mayor sensibilidad al estrés salino, con caídas significativas en PI abs y Fv/Fm en S4, señalando un colapso en su rendimiento fotosintético. Asimismo, FE muestra una interrupción significativa, reflejando una incapacidad de mantener un flujo de electrones efectivo en salinidad elevada. Este deterioro sugiere que no cuenta con los mecanismos fisiológicos necesarios para proteger su fotosistema en condiciones extremas de salinidad.
- **Vialfas.** Aunque muestra una ligera mejora en PI abs en S4, experimenta reducciones drásticas en FE y una alta disipación de energía en condiciones salinas extremas, indicando un esfuerzo fallido por evitar el daño fotosintético. Este comportamiento sugiere limitaciones en su capacidad de adaptación al estrés salino acumulado.

**Conclusión.**

**Penta** y **Avijor** demuestran una alta adaptabilidad al estrés salino, siendo las variedades más tolerantes con una mejor gestión de la disipación de energía y el transporte de electrones, lo que las hace adecuadas para condiciones de cultivo con riesgo de salinidad.

**Guara** y **Vialfas** son las variedades menos tolerantes, mostrando un rendimiento fotosintético severamente afectado y altos valores de disipación de energía en condiciones de salinidad alta, lo que limita su viabilidad en entornos salinos extremos.



**MÁSTER INGENIERÍA AGRONÓMICA**  
**JESÚS HOMBRÍA**

A continuación, vamos a realizar unas tablas a modo resumen

En primer lugar, podemos observar los valores en los portainjertos de las diferentes variedades ordenados de mayor a menor valor de medida

	SPAD	ALTURA	GROSOR	PORÓMETRO
<i>Olivo</i>	Koriana Arbequina Arbosana Lecciana Sikitita	Arbosana Koriana Sikitita Lecciana Arbequina	Arbequina Koriana Lecciana Arbosana Sikitita	Sikitita Lecciana Arbosana Arbequina Koriana
<i>Vid</i>	M2 Paulsen R110 M4	M2 Paulsen M4 R110	M2 R110 Paulsen M4	M2 M4 R110 Paulsen
<i>Autorradicado</i>	Vialfas Guara Penta Avijor	Vialfas Guara Penta Avijor	Vialfas Guara Penta Avijor	Vialfas Penta Avijor Guara
<i>Prunus</i>	GF_677 R20 Garnem R40 RR	RR Garnem GF_677 R20 R40	Garnem GF_677 R20 RR R40	RR R20 Garnem GF_677 R40
<i>Avellano</i>	Giffoni Yamhill Barcelona Romana	Barcelona Yamhill Giffoni Romana	Yamhill Barcelona Romana Giffoni	Yamhill Romana Giffoni Barcelona

*Tabla 69: Valores en los portainjertos de las diferentes variedades ordenados de mayor a menor valor de medida*



**MÁSTER INGENIERÍA AGRONÓMICA**  
**JESÚS HOMBRÍA**

En segundo lugar, podemos observar un resumen de valores en los diferentes tratamientos ordenados de mayor a menor valor de medida

	SPAD	ALTURA	GROSOR	PORÓMETRO
<i>olivo</i>	S2	S2	S2	S4
	S3	S4	S4	S3
	S4	S1	S1	S1
	S1	S3	S3	S2
<i>vid</i>	S4	S1	S1	S1
	S3	S2	S2	S2
	S2	S3	S3	S3
	S1	S4	S4	S4
<i>Autorradicado</i>	S2	S2	S2	S1
	S4	S3	S3	S2
	S3	S4	S4	S3
	S1	S1	S1	S4
<i>Prunus</i>	S3	S2	S3	S3
	S2	S1	S2	S2
	S4	S3	S4	S4
	S1	S4	S1	S1
<i>Avellano</i>	S3	S2	S2	S1
	S1	S3	S1	S2
	S2	S1	S4	S3
	S1	S4	S3	S4

*Tabla 70: Valores en los portainjertos de las diferentes tratamientos ordenados de mayor a menor valor de medida*



## **5 Conclusiones**

Los resultados muestran que la salinidad tiene un impacto significativo en el crecimiento y desarrollo fotosintético de todas las especies estudiadas. Los diferentes tratamientos de salinidad aplicados reflejan variaciones claras en parámetros vegetativos como la altura, grosor del tronco, contenido de clorofila (SPAD), y conductancia estomática, así como en la eficiencia fotosintética. Las respuestas a la salinidad son específicas para cada especie y varían dependiendo de la variedad dentro de cada una.

También se ha podido medir la influencia de la salinidad sobre los parámetros vegetativos del Olivo, Prunus, Vid, Avellano y Almendro. De esta forma, los resultados muestran que la salinidad afecta de manera diferenciada a las especies en cuanto a parámetros vegetativos como la altura y el grosor del tronco.

En el caso del olivo, hemos observado que algunas variedades respondieron de manera variable a los tratamientos de salinidad. En términos de altura, Arbosana presentó el mayor crecimiento bajo condiciones de salinidad, mientras que Koriana y Sikitita mostraron alturas intermedias. El tratamiento S2 fue el más efectivo para mejorar el crecimiento en altura. En cuanto al grosor, Arbequina fue la variedad más robusta, con S2 nuevamente mostrando el mejor desempeño.

En el caso de Prunus, la variedad RootopacR destacó por su mayor altura, mientras que Garnem y GF\_677 también tuvieron buen crecimiento. El tratamiento S2 fue el más eficaz en términos de altura, mientras que S3 favoreció el mayor grosor del tronco.

Mientras que en la vid, la variedad M2 sobresalió en crecimiento en altura y grosor del tronco, lo que sugiere una mayor resistencia a la salinidad. El tratamiento S1 mostró ser el más efectivo para promover el crecimiento estructural.

Respecto al avellano, hemos observado que la variedad Barcelona tuvo el mayor crecimiento en altura, mientras que Yamhill mostró un mayor grosor de tronco. S2 fue el tratamiento más favorable para ambos parámetros.

A la vez que en almendro, Vialfás mostró el mejor crecimiento tanto en altura como en grosor. En cuanto a los tratamientos, S2 también fue el más eficaz para el almendro.



**MÁSTER INGENIERÍA AGRONÓMICA**  
**JESÚS HOMBRÍA**

---

Por otra parte, también hemos estimado la influencia de la salinidad sobre parámetros fotosintéticos del Olivo, Prunus, Vid, Avellano y Almendro.

Acorde con esta premisa, en el Olivo, la variedad Koriana mostró los valores de SPAD más altos, lo que indica una mayor capacidad fotosintética. El tratamiento S2 fue el más efectivo para mejorar la eficiencia fotosintética, mientras que S3 mostró un rendimiento intermedio.

Al mismo tiempo, en el prunus, la variedad GF\_677 tuvo el mejor contenido de clorofila (SPAD), con el tratamiento S3 siendo el más favorable para la eficiencia fotosintética en términos de SPAD y conductancia estomática.

En lo referente a la vid, hemos comprobado que la variedad M2 se destacó como la variedad con el mayor contenido de clorofila y mayor capacidad fotosintética, con S1 siendo el tratamiento que mejoró la eficiencia fotosintética.

A su vez, en la muestra de avellanos, hemos observado como las variedades Giffoni y Yamhill mostraron la mejor eficiencia fotosintética, con valores altos de SPAD y buena capacidad de intercambio gaseoso. S3 fue el tratamiento más favorable para el SPAD.

En el caso del almendro, la variedad Vialfás destacó en cuanto a la eficiencia fotosintética, con un contenido de clorofila muy elevado. El tratamiento S2 fue el más eficaz para mejorar el rendimiento fotosintético general.

A tenor de los resultados disponibles, es posible afirmar que la salinidad afecta de manera diferenciada tanto los parámetros vegetativos como fotosintéticos de las especies estudiadas. Cada especie y variedad responde de manera única a los niveles de salinidad, destacando la importancia de ajustar los tratamientos agronómicos a las características particulares de cada una. No obstante, es importante tener en cuenta que los tratamientos S2 y S3 fueron los más efectivos en términos generales, mostrando mejoras significativas en el crecimiento, grosor, y eficiencia fotosintética, mientras que el tratamiento S4 resultó ser el menos efectivo en muchas de las especies.



## **6 Referencias Bibliográficas**

- Acharya, B. R., Sandhu, D., Dueñas, C., Dueñas, M., Pudussery, M., Kaundal, A., Ferreira, J. F. S., Suarez, D. L. y Skaggs, T. H. (2022). Morphological, physiological, biochemical, and transcriptome studies reveal the importance of transporters and stress signaling pathways during salinity stress in *Prunus*. *Sci Rep.*, 12(1), 1274. doi: 10.1038/s41598-022-05202-1. PMID: 35075204; PMCID: PMC8786923.
- Acosta-Motos, J. R., Ortuño, M. F., Bernal-Vicente, A., Diaz-Vivancos, P., Sanchez-Blanco, M. J. y Hernandez, J. A. (2017). Plant Responses to Salt Stress: Adaptive Mechanisms. *Agronomy*, 7 (1), 18 pp. <https://www.mdpi.com/2073-4395/7/1/18>
- Al-Taey, D. K. A. y Al-Ameer, Ali abd. (2023). Effect of Salinity on the Growth and Yield of Grapes: A review. *IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci.*, Bibcode: 2023E&ES.1262d2038A. DOI 10.1088/1755-1315/1262/4/042038
- Altieri, G. (2024). Hazelnut (*Corylus avellana* L.) response to water management. Tesis Doctoral, Università degli Studi della Basilicata, Potenza. <https://iris.unibas.it/bitstream/11563/178535/1/PhD%20thesis%20Altieri%20Gessica.pdf>
- Amador, M. L., Sancho, S., Bielsa, B., Gomez-Aparisi, J., & Rubio-Cabetas, M. J. (2012). Physiological and biochemical parameters controlling waterlogging stress tolerance in *Prunus* before and after drainage. *Physiologia Plantarum*, 144(4), 357-368. <https://doi.org/10.1111/j.1399-3054.2012.01568.x>
- Aras, S., Keles, H., & Bozkurt, E. (2022). Iron deficiency impacts chlorophyll biosynthesis, leaf cell expansion, xylem development and physiology of *Prunus persica* grafted onto rootstocks Garnem and GF 677. *Zemdirbyste-Agriculture*, 109(1) 55-62, DOI 10.13080/z-a.2022.109.008
- Baker, N. R. (2008). Chlorophyll fluorescence: a probe of photosynthesis in vivo. *Annu. Rev. Plant Biol.*, 59(1), 89-113. <https://doi.org/10.1146/annurev.arplant.59.032607.092759>
- Baggaley, N., Lilly, A., Blackstock, K., Dobbie, K., Carson, A. y Leith, F. (2020). Soil risk maps - Interpreting soils data for policy makers, agencies and industry. *Soil Use and Management*, 36, 19–26. <https://doi.org/10.1111/sum.12541>
- Baiz, Z., Azim, K., Hamza, A., Dahmani, J., & Elguilli, M. (2022). Effect of Solid Phosphate Sludge Amendments on the Growth of Fruit and Forest Trees in the Nursery. *Sustainability*, 14(24), 16819. <https://www.mdpi.com/2071-1050/14/24/16819>
- Beta Solutions. (2019). ¿Por qué mis datos no se ajustan a una distribución Normal? *Statistics for Biological and Environmental Studies*. <https://www.bs-stats.com/post/datos-biol%C3%B3gicos-y-la-distribuci%C3%B3n-normal>
- Botis, D., Beinsan, C., Şumălan, R., Scedei, D. y Şumălan, R. (2023). Research of soil salinity impact on some productivity indices in hazelnut (*Corylus avellana*). *Multidisciplinary Conference on Sustainable Development 2023*.



**MÁSTER INGENIERÍA AGRONÓMICA**  
**JESÚS HOMBRÍA**

- Boussadia, O., Zgallai, H., Mzid, N., Zaabar, R., Braham, M., Doupis, G. y Koubouris, G. (2023). Physiological Responses of Two Olive Cultivars to Salt Stress. *Plants*, 12 (10), 1926. <https://doi.org/10.3390/plants12101926>
- Buesa, I., Pérez-Pérez, J. G., Visconti, F., Strah, R., Intrigliolo, D. S., Bonet L., Gruden, K., Pompe-Novak, M. y de Paz, J. M. (2022). Physiological and Transcriptional Responses to Saline Irrigation of Young ‘Tempranillo’ Vines Grafted Onto Different Rootstocks. *Front. Plant Sci., Sec. Plant Abiotic Stress*, 13 (1). <https://doi.org/10.3389/fpls.2022.866053>
- Buthlezi-Dube, N. N., Hughes, J. C., Muchaonyerwa, P., Caister, K. F. y Modi, A. T. (2020). Soil fertility assessment and management from the perspective of farmers in four villages of eastern South Africa. *Soil Use and Management*, 36, 250–260. <https://bsssjournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/sum.12551>
- Brevik, E., Cerdà, A., Mataix-Solera, J., Pereg, L., Quinton, J., Six, J., y Van Oost, K. (2015). The Interdisciplinary. *Nature of Soil*, 1, 117–129. <https://doi.org/10.5194/soil-1-117-2015>
- Camposeo, S., & Vivaldi, G. A. (2018). Yield, harvesting efficiency and oil chemical quality of cultivars Arbequina and Arbosana harvested by straddle machine in two Apulian growing areas. *ACTA HORTICULTURAE*, 1199, 397-402. [https://www.actahort.org/books/1199/1199\\_63.htm](https://www.actahort.org/books/1199/1199_63.htm)
- Condon, A. G. (2020). Drying times: plant traits to improve crop water use efficiency and yield. *Journal of Experimental Botany*, 71(7), 2239-2252. <https://doi.org/10.1093/jxb/eraa002>
- Corwin, D. L. (2021). Climate change impacts on soil salinity in agricultural areas. *European Journal of Soil Science*, 72, 842–862. <https://doi.org/10.1111/ejss.13010>
- Delgadillo, R. I. P., Montenegro, R. L. C., Pinilla, A.G. A. y Melgarejo, L. M. (2017). Medición de la fluorescencia de la clorofila a en algas encapsuladas en alginato de calcio. *Acta Biol. Colomb.*, 22 (2), 199-208.  
DOI: <http://dx.doi.org/10.15446/abc.v22n2.56166>
- Díaz, F. J., Sanchez-Hernandez, J. C. y Notario, J. S. (2021). Effects of irrigation management on arid soils enzyme activities. *Journal of Arid Environments*, 185, 104330. <https://doi.org/10.1016/j>
- El-Motaïum, R., Hu, H. y Brown, O. H. 1994. The Relative Tolerance of Six Prunus Rootstocks t Boron and Salinity. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.*, 119(6), 1169–1175. [https://www.researchgate.net/publication/235324945\\_The\\_Relative\\_Tolerance\\_of\\_Six\\_Prunus\\_Rootstocks\\_to\\_Boron\\_and\\_Salinity](https://www.researchgate.net/publication/235324945_The_Relative_Tolerance_of_Six_Prunus_Rootstocks_to_Boron_and_Salinity)
- Flexas, J., & Medrano, H. (2002). Drought-inhibition of photosynthesis in C3 plants: stomatal and non-stomatal limitations revisited. *Annals of botany*, 89(2), 183-189. <https://academic.oup.com/aob/article/89/2/183/193337?login=false>





**MÁSTER INGENIERÍA AGRONÓMICA**  
**JESÚS HOMBRÍA**

- Fu, Z., Wang, P., Sun, J., Lu, Z., Yang, H., Liu, J., Xia, J. y Li, T. (2020). Composition, seasonal variation, and salinization characteristics of soil salinity in the Chenier Island of the Yellow River Delta. *Global Ecology and Conservation*, 24, e01318. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2351989420308593>
- Gogoi, M., & Basumatary, M. (2018). Estimation of the chlorophyll concentration in seven Citrus species of Kokrajhar district, BTAD, Assam, India. *Tropical Plant Research*, 5(1), 83-87.
- Guidi, L., Lo Piccolo, E. y Landi, M. (2019). Chlorophyll Fluorescence, Photoinhibition and Abiotic Stress: Does it Make Any Difference the Fact to Be a C3 or C4 Species?. *Front. Plant Sci., Sec. Plant Abiotic Stress*, 10 (1).  
<https://doi.org/10.3389/fpls.2019.00174>
- Hammam, A. A. y Mohamed, E. S. (2020). Mapping soil salinity in the East Nile Delta using several methodological approaches of salinity assessment. *The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Science*, 23, 125–131. <https://doi.org/10.1016/j.j.>
- Hameed, A., Ahmed, M. Z., Hussain, T., Aziz, I., Ahmad, N., Gul, B. y Nielsen, B. L. (2021). Effects of Salinity Stress on Chloroplast Structure and Function. *Cells*, 10(8). doi: 10.3390/cells10082023.  
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC8395010/>
- Hassani, A., Azapagic, A. y Shokri, N. (2023). Global predictions of primary soil salinization under changing climate in the 21st century. *Nat Commun.*, 12, 6663. <https://doi.org/10.1038/s41467-021-26907-3>
- Hasanuzzaman, M., Oku, H., Nahar, K., Bhuyan, M. H. M. B., Al, J., Baluska, F. (2018). Nitric oxide-induced salt stress tolerance in plants: ROS metabolism, signaling, and molecular interactions. *Plant Biotechnol. Rep.* 12, 77–92. doi: 10.1007/s11816-018-0480-0.
- He, M., He, C. Q. y Ding, N. Z. (2018). Abiotic stresses: general defenses of land plants and chances for engineering multi-stress tolerance. *Front. Plant Sci.* 9, 1771. doi: 10.3389/fpls.2018.01771
- Hernández, H. L. y González, P. C. (2002). Introducción al análisis instrumental. Editorial Ariel, 2002. ISBN 8434480433. 105 pp.  
[https://books.google.co.ve/books?id=yVYn7\\_MoaAIC&printsec=copyright&hl=es&redir\\_esc=y#v=onepage&q&f=false](https://books.google.co.ve/books?id=yVYn7_MoaAIC&printsec=copyright&hl=es&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false)
- Hopmans, J. W., Qureshi, A. S., Kisekka, I., Munns, R., Grattan, S. R., Rengasamy, P., Ben-Gal, A., Assouline, S., Javaux, M., Minhas, P. S., Raats, P. A. C., Skaggs, T. H., Wang, G., De Jong van Lier, Q., Jiao, H., Lavado, I. R. S., Lazarovitch, N., Li, B. y Taleisnik, E. (2021). Critical knowledge gaps and research priorities in global soil salinity. *Advances in Agronomy*, 169, 1–191.  
<https://doi.org/10.1016/bs.agron.2021.03.001>



**MÁSTER INGENIERÍA AGRONÓMICA**  
**JESÚS HOMBRÍA**

- Ivushkin, K., Bartholomeus, H., Bregt, A. K., Pulatov, A., Franceschini, M. H. D., Kramer, H., van Loo, E. N., Jaramillo Roman, V., y Finkers, R. (2019). UAV based soil salinity assessment of cropland. *Geoderma*, 338, 502–512.  
<https://doi.org/10.15832/ankutbd.984038>
- Jia, M. (2019). Quantifying Chlorophyll Fluorescence Parameters from Hyperspectral Reflectance at the Leaf Scale under Various Nitrogen Treatment Regimes in Winter Wheat. *Remote Sens*, 11(23), 2838. <https://doi.org/10.3390/rs11232838>
- Kchaou, H., Larbi, A., Gargouri, K., Chaieb, M., Morales, F., & Msallem, M. (2010). Assessment of tolerance to NaCl salinity of five olive cultivars, based on growth characteristics and Na<sup>+</sup> and Cl<sup>-</sup> exclusion mechanisms. *Scientia Horticulturae*, 124(3), 306-315. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2010.01.007>
- Khan, A., Anwar, Y., Hasan, M., Iqbal, A., Ali, M., Alharby, H. (2017). Attenuation of drought stress in Brassica seedlings with exogenous application of Ca<sup>2+</sup> and H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>. *Plan. Theory*, 6 (20). doi: 10.3390/plants6020020
- Król, K., & Gantner, M. (2020). Morphological traits and chemical composition of hazelnut from different geographical origins: A review. *Agriculture*, 10(9), 1-21, <https://doi.org/10.3390/agriculture10090375>
- Küçükyumuk, C., y Suarez, D. (2023). The Combined Effects of Salinity and Drought on Young Almond Trees and Physiological Parameters. *Journal of Agricultural Sciences*, 29(1), 171-187. <https://doi.org/10.15832/ankutbd.984038>
- Kumar, S., Li, G., Yang, J., Huang, X., Ji, Q., Liu, Z., Ke, W. y Hou, H. (2021). Effect of Salt Stress on Growth, Physiological Parameters, and Ionic Concentration of Water Dropwort (*Oenanthe javanica*) Cultivars. *Front. Plant Sci., Sec. Plant Abiotic Stress*, <https://doi.org/10.3389/fpls.2021.660409>
- Larbi, A., Vázquez, S., El-Jendoubi, H., Msallem, M., Abadía, J., Abadía, A., & Morales, F. (2015). Canopy light heterogeneity drives leaf anatomical, eco-physiological, and photosynthetic changes in olive trees grown in a high-density plantation. *Photosynthesis Research*, 123, 141-155. <https://link.springer.com/article/10.1007/s11120-014-0052-2>
- Laz, S. (2005). Effect of irrigation with salinized water on growth and chemical constituents of “kala-mata” olive cultivar grafted onto different olive rootstocks. *Arab Universities Journal of Agricultural Sciences*, 13(2), 399-417. 10.21608/ajs.2005.15485
- Li, Z., Zhi-Guo, J., Qing-Hua, M. y Gui-Xi, W. (2015). Effects of Saline-alkali Stresses on the Growth and Endogenous Hormone Contents in Leaves of Hybrid Hazelnut Liaozhen 3[J]. *Forest Research*, 28(3), 394-401. <http://lykxyj.xml-journal.net/en/article/id/20150314>
- Lo'ay AA, Ghazi, D. A., Al-Harbi, N. A., Al-Qahtani, S. M., Hassan, S., & Abdein, M. A. (2021). Growth, yield, and bunch quality of “superior seedless” vines grown on



- different rootstocks change in response to salt stress. *Plants*, 10(10), 2215.  
<https://www.mdpi.com/2223-7747/10/10/2215>
- López-Lozano, R., & Casterad, M. A. (2013). Comparison of different protocols for indirect measurement of leaf area index with ceptometers in vertically trained vineyards. *Australian Journal of Grape and Wine Research*, 19(1), 116-122.  
<https://doi.org/10.1111/ajgw.12005>
- Luciani, E., Palliotti, A., Tombesi, S., Gardi, T., Micheli, M., Berrios, J. G., ... & Farinelli, D. (2019). Mitigation of multiple summer stresses on hazelnut (*Corylus avellana* L.): Effects of the new arbuscular mycorrhiza *Glomus iranicum tenuihypharum* sp. nova. *Scientia Horticulturae*, 257, 1-19,  
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S030442381930545X>
- Luo, H. H., Zhang, Y. L., & Zhang, W. F. (2016). Effects of water stress and rewatering on photosynthesis, root activity, and yield of cotton with drip irrigation under mulch. *Photosynthetica*, 54(1), 65-73.  
<https://link.springer.com/article/10.1007/S11099-015-0165-7>
- Malagón, J., Velázquez, L., Carot, M., & Felipe, C. (2017). Comportamiento de las variedades de almendro en zonas frías. *Revista de fruticultura*, (53), 6-23.  
[https://redivia.gva.es/bitstream/handle/20.500.11939/6716/2017\\_Malagon\\_Comportamiento.pdf?sequence=4&isAllowed=y](https://redivia.gva.es/bitstream/handle/20.500.11939/6716/2017_Malagon_Comportamiento.pdf?sequence=4&isAllowed=y)
- Mariani, L., & Ferrante, A. (2017). Agronomic management for enhancing plant tolerance to abiotic stresses—drought, salinity, hypoxia, and lodging. *Horticulturae*, 3(4), 52. <https://doi.org/10.3390/horticulturae3040052>
- Maxwell, K., & Johnson, G. N. (2000). Chlorophyll fluorescence—a practical guide. *Journal of experimental botany*, 51(345), 659-668.  
<https://doi.org/10.1093/jexbot/51.345.659>
- Mehlenbacher, S. A., & Molnar, T. J. (2021). Hazelnut breeding. *Plant breeding reviews*, 45, 9-141. <https://doi.org/10.1002/9781119828235.ch2>
- Mirzaee, S., Ghorbani-Dashtaki, S., y Kerry, R. (2020). Comparison of a spatial, spatial and hybrid methods for predicting inter-rill and rill soil sensitivity to erosion at the field scale. *Catena*, 188, 104439.  
<https://doi.org/10.1016/j.catena.2019.104439>
- Molina-Montenegro, M. A. (2008). Variación de la pubescencia foliar en plantas y sus implicaciones funcionales a lo largo de gradientes altitudinales. *Ecosistemas*, 17(1).  
<https://revistaecosistemas.net/index.php/ecosistemas/article/view/489>
- Momenpour, A., Imani, A., Bakhshi, D. y Abkbarpour, E. (2018). Evaluation of salinity tolerance of some selected almond genotypes budded on GF677 rootstock. *International Journal of Fruit Science*, 18(4), 410-435.  
[doi.org/10.1080/15538362.2018.1468850](https://doi.org/10.1080/15538362.2018.1468850)



**MÁSTER INGENIERÍA AGRONÓMICA**  
**JESÚS HOMBRÍA**

- Moula, I., Boussadia, O., Koubouris, G., Hassine, M.B., Boussetta, W., van Labeke, M.C. y Braham, M. (2020). Ecophysiological and Biochemical Aspects of Olive Tree (*Olea europaea* L.) in Response to Salt Stress and Gibberellic Acid-Induced Alleviation. *S. Afr. J. Bot.*, 132, 38–44.  
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0254629919324263>
- Munns, R., Goyal, S. S. y Passioura, J. (2023). Salinity Stress And Its Mitigation. *PlantStress*. <https://plantstress.com/salinity-mitigation/>
- Munns, R., & Tester, M. (2008). Mechanisms of salinity tolerance. *Annu. Rev. Plant Biol.*, 59(1), 651-681.  
<https://doi.org/10.1146/annurev.arplant.59.032607.092911>
- Nanasa Tufa, K. N. (2022). Review on effects, mechanisms and managements of plants water stress. *Irrigation and Drainage Systems*, 11, 2-7. DOI: 10.37421/2168-9768.2022.11.357
- Nikolaou, K., Chatzistathis, T., Theocharis, S., Argiriou, A., Koundouras, S. y Zioziou, E. (2021). Effects of Salinity and Rootstock on Nutrient Element Concentrations and Physiology in Own-Rooted or Grafted to 1103 P and 101-14 Mgt Rootstocks of Merlot and Cabernet Franc Grapevine Cultivars under Climate Change. *Sustainability*, 13(5), 2477. <https://doi.org/10.3390/su13052477>
- Nasrudin, N., Isnaeni, S. y Fahmi, P. (2022). The Effect Of High Salt Stress On The Agronomic, Chlorophyll Content, and Yield Characteristics Of Several Rice Varieties. *Sriwijaya Conference on Sustainable Environment, Agriculture and Farming System IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science* 995, 012028 IOP Publishing, doi:10.1088/1755-1315/995/1/01202.
- Oliveros M. D. Caicedo, V. J. A. (2023). La conductancia estomática (gs), importancia, función y factores de influencia. medición de la conductancia estomática (gs) através del porómetro de difusión estable en diferentes cultivos. *Cosmoagro S. A.* [file:///C:/Users/Quest1/Downloads/C.estomaticaimportanciafuncionyfactoresinfluencia%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/Quest1/Downloads/C.estomaticaimportanciafuncionyfactoresinfluencia%20(1).pdf)
- Olyaei, F., Baninasab, B. y Ghobadi, C. (2016). Effect of Salinity on Growth and Physiological Parameters of Four Olive (*Olea europaea* L.) Cultivars under Greenhouse Conditions. *Journal of Horticultural Science Volume* 30 (1), 1-10.  
[https://jhs.um.ac.ir/article\\_35205\\_en.html](https://jhs.um.ac.ir/article_35205_en.html)
- Orestes Santos, E., Hanoi Valdés Reinoso, R., & Castillo Edua, B. R. (2024). Cultivo de Olivo en la Florida, una alternativa para la adaptación al cambio climático. *Avances*, 26(1), 72-90.  
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=9269992>
- Peña, A., Delgado-Moreno, L. y Rodríguez-Liébana, J. A. (2020). A review of the impact of wastewater on the fate of pesticides in soils: Effect of some soil and solution properties. *Science of the Total Environment*, 718, 134468.  
<https://doi.org/10.1016/j.scito>



- Petreto, G. L., Urgoghe, P. P., Massa, D. y Melito, S. (2019). Effect of salinity (NaCl) on plant growth, nutrient content, and glucosinolate hydrolysis products trends in rocket genotypes. *Plant Physiology and Biochemistry*, 41, 30-39. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0981942819302001>
- Piikki, K., Wetterlind, J., Söderström, M. y Stenberg, B. O. (2021). Perspectives on validation in digital soil mapping of continuous attributes—A review. *Soil Use and Management*, 37, 7–21. <https://doi.org/10.1111/sum.12694>
- Rahneshan, Z., Nasibi, F. y Moghadam, A. A. (2018). Effects of salinity stress on some growth, physiological, biochemical parameters and nutrients in two pistachio (*Pistacia vera* L.) rootstocks. *J. Plant Interact.* 13, 73–82.  
doi: 10.1080/17429145.2018.1424355
- Rallo, L., Barranco, D., de la Rosa, R., & León, L. (2008). ‘Chiquitita’olive. *HortScience*, 43(2), 529-531. DOI: <https://doi.org/10.21273/HORTSCI.43.2.529>
- Ranibar, A. (2016). Using chlorophyll fluorescence to study photosynthetic activities in sweet almond (*Prunus dulcis*). *IV International Symposium on Pistachios and Almonds*. DOI: 10.17660/ActaHortic.2006.726.55
- Rashedy, A. A., & Hamed, H. H. (2023). Morphological, physio-biochemical and nutritional status as potential markers for grafting compatibility in Kalamata olive cultivar. *BMC Plant Biology*, 23(1), 334. <https://link.springer.com/article/10.1186/s12870-023-04346-0>
- Raza, A., Tabassum, J., Fakhar, A.Z., Sharif, R., Chen, H., Zhang, C., Ju, L., Fotopoulos, V., Siddique, K.H.M., Singh, R.K., Zhuang W. y Varshney, R. K. (2023). Smart Reprograming of Plants against Salinity Stress Using Modern Biotechnological Tools. *Crit. Rev. Biotechnol*, 43 (7), 1035-1062.  
doi: 10.1080/07388551.2022.2093695. Epub 2022 Aug 15. PMID: 35968922.
- Regni, L., Del Pino, M. A., Mousavim S., Palmerini, C. A., Baldoni, L., Mariotti, R., Mairech, H., Tiziano, G., D’Amato, R. y Proietti, P. (2019). Behavior of Four Olive Cultivars During Salt Stress. *Front. Plant Sci., Sec. Crop and Product Physiology*, 10 (1). <https://doi.org/10.3389/fpls.2019.00867>
- Ren, D., Wei, B., Xu, X. U., Engel, B., Li, G., Huang, Q., Xiong, Y. y Huang, G. (2019). Analyzing spatiotemporal characteristics of soil salinity in arid irrigated agroecosystems using integrated approaches. *Geoderma*, 356, 113935. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2019.113935>
- Sahin, U., Ekinci, M., Ors, S., Turan, M., Yildiz, S., and Yildirim, E. (2018). Effects of individual and combined effects of salinity and drought on physiological, nutritional and biochemical properties of cabbage (*Brassica oleracea* var. capitata). *Sci. Hortic.*, 240, 196–204. doi: 10.1016/j.scienta.2018.06.016
- Sandhu, D., Kaundal, A., Acharya, B. R., Forrest, T., Pudussery, M. V., Liu, X., Ferreira, J. R. F. S. y Suarez, D. L. (2020). Linking diverse salinity responses of 14 almond





- rootstocks with physiological biochemical, and genetic determinants. *Scientific Reports*, 10, 21087. doi.org.1038/s4159820-78036-4
- Santos, J. A., Fraga, H., Malheiro, A. C., Moutinho-Pereira, J., Dinis, L. T., Correia, C., ... & Schultz, H. R. (2020). A review of the potential climate change impacts and adaptation options for European viticulture. *Applied Sciences*, 10(9), 3092. <https://doi.org/10.3390/app10093092>
- Sevgin, N. (2018). In Vitro Effect of Salt Stress on Prunus Microcarpa (Potential of Being a Rootstock for All Stone Fruits) and Some Stone Fruit Rootstocks. *International Journal of Scientific and Technological Research*, 4 (4), 117 pp.  
[https://www.researchgate.net/publication/359717814\\_In\\_Vitro\\_Effect\\_of\\_Salt\\_Stress\\_on\\_Prunus\\_Microcarpa\\_Potential\\_of\\_Being\\_a\\_Rootstock\\_for\\_All\\_Stone\\_Fruits\\_and\\_Some\\_Stone\\_Fruit\\_Rootstocks](https://www.researchgate.net/publication/359717814_In_Vitro_Effect_of_Salt_Stress_on_Prunus_Microcarpa_Potential_of_Being_a_Rootstock_for_All_Stone_Fruits_and_Some_Stone_Fruit_Rootstocks)
- Seifi, M., Ahmadi, A., Neyshabouri, M. R., Taghizadeh-Mehrjardi, R. y Bahrami, H. A. (2020). Remote and Vis-NIR spectra sensing potential for soil salinization estimation in the eastern coast of Urmia hyper saline lake, Iran. *Remote Sensing Applications: Society and Environment*, 20, 100398. <https://doi.org/10.1016/j>
- Sierka, E., Bujok, M., Stalmachova, B. y Horacek, T. (2022). Fluorescence parameters of chlorophyll a halophytes as a response to salinity of post mining subsidence reservoirs. *Journal of Water and Land Development*, Special Issue, 164-170. DOI: 10.24425/jwld.2022.143732
- Singh, A. (2018). Alternative management options for irrigation induced salinization and waterlogging under different climatic conditions. *Ecological Indicators*, 90, 184–192. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2018.03.014>
- Singh, A. (2022). Soil salinity: A global threat to sustainable development. *Soil Use and Management*, 38 (1), 39 – 67. [file:///C:/Users/Gonzalez%20M/Downloads/Dr.AjaySingh\\_SUM2021%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/Gonzalez%20M/Downloads/Dr.AjaySingh_SUM2021%20(1).pdf)
- Slama, I., Abdelly, C., Bouchereau, A., Flowers, T. y Savoure, A. (2015). Diversity, distribution and roles of osmoprotective compounds accumulated in halophytes under abiotic stress. *Ann. Bot.*, 115, 433–447. doi: 10.1093/aob/mcu239
- Sokal, R. R. y Rholf, F. J. (2002). Introducción a la Bioestadística. Editorial Reverté, España.  
[https://books.google.co.ve/books?id=t0PXnIO147cC&printsec=frontcover&hl=es&source=gbg\\_ge\\_summary\\_r&cad=0#v=onepage&q&f=false](https://books.google.co.ve/books?id=t0PXnIO147cC&printsec=frontcover&hl=es&source=gbg_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false)
- Stirbet, A. (2011). On the relation between the Kautsky effect (chlorophyll a fluorescence induction) and photosystem II: basics and applications of the OJIP fluorescence transient. *Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology*, 104(1-2), 236-257. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1011134410002812>
- Strasser, R. J., Tsimilli-Michael, M., & Srivastava, A. (2004). Analysis of the chlorophyll a fluorescence transient. In *Chlorophyll a fluorescence: a signature of*



- photosynthesis* (pp. 321-362). Dordrecht: Springer Netherlands.  
[https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-1-4020-3218-9\\_12](https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-1-4020-3218-9_12)
- Tardieu, F., Simonneau, T. y Muller, B. (2018). The Physiological Basis of Drought Tolerance in Crop Plants: A Scenario-Dependent Probabilistic Approach. *Annu. Rev. Plant Biol.*, 69, 733–759.  
<https://www.annualreviews.org/doi/abs/10.1146/annurev-arplant-042817-040218>
- Tian, F., Hou, M., Qiu, Y., Zhang, T. y Yuan, Y. (2020). Salinity stress effects on transpiration and plant growth under different salinity soil levels based on thermal infrared remote (TIR) technique. *Geoderma*, 357, 113961.  
<https://doi.org/10.1016/j.geode>
- Toro, G., Pimentel, P. y Salvatierra, A. (2021). Effective Categorization of Tolerance to Salt Stress through Clustering Prunus Rootstocks According to Their Physiological Performances. *Horticultura*, 7(12), 542 pp.  
<https://doi.org/10.3390/horticulturae7120542>
- Wang, F., Yang, S., Wei, Y., Shi, Q. y Ding, J. (2021). Characterize soil salinity at multiple depth using electromagnetic induction and remote sensing data with random forests: A case study in Tarim River Basin of southern Xinjiang, China. *Science of the Total Environment*, 754, 142030.  
<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.142030>
- Yahmed, J. B., Ghrab, M., & Mimoun, M. B. (2016). Eco-physiological evaluation of different scion-rootstock combinations of almond grown in Mediterranean conditions. *Fruits*, 71(3), 185-193. <https://doi.org/10.1051/frutas/2016003>
- Zhang, Y., Kaiser, E., Zhang, Y., Yang, Q. y Li, T. (2018). Short-Term Salt Stress Strongly Affects Dynamic Photosynthesis, but Not Steady-State Photosynthesis, in Tomato (*Solanum Lycopersicum*). *Environ. Exp. Bot.*, 149, 109–119.  
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0098847218303046>
- Zhou, S., Jia, L., Chu, H., Wu, D., Peng, X., Liu, X., Zhang, J., Zhao, J., Chen, K. y Zhao, L. (2016). Arabidopsis CaM1 and CaM4 promote nitric oxide production and salt resistance by inhibiting S-nitrosoglutathione reductase via direct binding. *PLoS Genet.* 12:e1006255. doi: 10.1371/journal.pgen.1006255
- Zhao, H., Liang, H., Chu, Y., Sun, C., Wei, N., Yang, M., & Zheng, C. (2019). Effects of Salt Stress on Chlorophyll Fluorescence and the Antioxidant System in Ginkgo biloba L. Seedlings. *HortScience*, 54(12), 2125-2133.  
<https://doi.org/10.21273/HORTSCI14432-19>