

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
LA MOLINA**

**ESCUELA DE POSGRADO
MAESTRÍA EN SUELOS**



**“TOLERANCIA A LA SALINIDAD DEL SUSTRATO DE CUATRO
PORTAINJERTOS DE PALTO (*Persea americana* Mill.), INJERTADOS
CON DOS CULTIVARES EN VIVERO”**

Presentada por:

TABITA ABIGAIL GAMBINI DE LA CRUZ

**TESIS PARA OPTAR EL GRADO DE
MAGISTER SCIENTIAE EN SUELOS**

Lima – Perú

2019

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
LA MOLINA**

**ESCUELA DE POSGRADO
MAESTRÍA EN SUELOS**

**“TOLERANCIA A LA SALINIDAD DEL SUSTRATO DE CUATRO
PORTAINJERTOS DE PALTO (*Persea americana* Mill.), INJERTADOS
CON DOS CULTIVARES EN VIVERO”**

**TESIS PARA OPTAR EL GRADO DE
MAGISTER SCIENTIAE EN SUELOS**

Presentada por:

TABITA ABIGAIL GAMBINI DE LA CRUZ

Dr. Jorge Escobedo Álvarez

PRESIDENTE

Dr. Oscar Loli Figueroa

ASESOR

Mg.Sc. Luis Tomassini Vidal

MIEMBRO

M.Sc. Rubén Bazán Tapia

MIEMBRO

DEDICATORIA

A Dios por darme la oportunidad de vida para lograr todas mis metas día a día.

A mis padres Gregoria Guadalupe De La Cruz Dipaz y Alberto Noé Gambini Medina por su apoyo constante e incondicional, amor y comprensión que me brindan y a quienes le debo todo lo que soy.

A mis hermanos Cesar, Diana, Ana y Gianpiero por sus ejemplos y consejos.

AGRADECIMIENTO

A Dios por darme la oportunidad de llegar a este momento de mi vida.

A mi patrocinador Dr. Oscar Loli Figueroa, por su orientación y apoyo para llevar a cabo este trabajo de investigación.

Al Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA) y a la Mg.Sc. Elena Rojas Meza y colaboradores por permitirme realizar este trabajo de investigación en sus instalaciones bajo su asesoramiento y apoyo.

A los docentes: Dr. Jorge Escobedo Álvarez, M.Sc. Rubén Bazán Tapia y Mg.Sc. Luis Tomassini Vidal por su contribución en este trabajo.

A mis amistades de la universidad quienes de diferentes maneras contribuyeron en el desarrollo y culminación de la presente investigación: Tulio Olivas Alvarado, Selima Salcedo Mayta, Dixie Chuquimia Valdez, Mervin Becerra Solano y Rosmeri Arteaga Gonzales.

ÍNDICE GENERAL

I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. REVISIÓN DE LITERATURA	3
2.1. GENERALIDADES DEL CULTIVO	3
2.1.1. ORIGEN Y DESCRIPCIÓN TAXONÓMICA	3
2.1.2. CLASIFICACIÓN BOTÁNICA.....	3
2.1.3. CARACTERÍSTICAS BOTÁNICAS	4
2.1.5. EXIGENCIAS CLIMÁTICAS	6
2.2. FENOLOGÍA DEL CULTIVO.....	7
2.3. SALINIDAD EN LA COSTA PERUANA.....	7
2.4. CAUSAS DE LA SALINIDAD.....	8
2.5. CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA	9
2.6. EFECTO DE LA SALINIDAD SOBRE LAS PLANTAS Y EL SUELO	10
2.6.1. EFECTO OSMÓTICO DE LA SALES DISUELTAS EN LA SOLUCIÓN DEL SUELO.	10
2.6.2. EFECTOS DEL SODIO ADSORBIDO.....	12
2.6.3. TOXICIDAD DE IONES ESPECIFICOS.....	13
2.7. CLASIFICACIÓN DE LOS SUELOS SALINOS.....	15
2.7.1. SUELO NORMAL	16
2.7.2. SUELO SALINO	16
2.7.3. SUELO SÓDICO.....	18
2.7.4. SUELO SALINO – SÓDICO	19
2.8. SUCEPTIBILIDAD DEL PALTO A LA SALINIDAD.....	19
2.9. CONCENTRACIONES DE CLORUROS Y SODIO EN TEJIDOS	21
2.10. CONCENTRACIONES DE CLORUROS Y SODIO EN EL EXTRACTO DE SATURACIÓN	22
2.11. VALORES DE ALGUNOS IONES EN EL SUELO	23

2.12. CLASIFICACIÓN DE AGUAS DE RIEGO	23
2.13. FLUCTUACIONES ESTACIONALES EN EL NIVEL DE CLORUROS EN HOJAS .	24
2.14. MOVIMIENTOS DE CLORUROS DE TEJIDOS ADULTOS A TEJIDOS NUEVOS	24
2.15. INTERRELACIONES ENTRE ELEMENTOS.....	25
III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	27
3.1. UBICACIÓN.....	27
3.2. CARACTERÍSTICAS DEL SUSTRATO	27
3.3. CARACTERÍSTICAS DEL AGUA DE RIEGO.....	28
3.4. CARACTERÍSTICAS DEL MATERIAL VEGETAL.....	28
3.5. CARACTERÍSTICAS DEL CAMPO EXPERIMENTAL	30
3.6. OTROS MATERIALES	30
3.7. METODOLOGIA	31
3.7.1. FACTORES EN ESTUDIO.....	31
3.7.2. TRATAMIENTOS	31
3.7.3. DISEÑO EXPERIMENTAL	32
3.7.4. INSTALACIÓN DEL EXPERIMENTO.....	32
3.7.5. CARACTERÍSTICAS EVALUADAS.....	34
IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES	36
4.1. ALTURA DE PLANTA (cm).....	36
4.2. DIÁMETRO DE TALLO DEL PORTAINJERTO (mm).....	40
4.3. MATERIA SECA DE MATERIAL VEGETAL AÉREO (gramos/planta).....	43
4.4. MATERIA SECA DE RAICES (gramos/planta).....	47
4.5. MATERIA SECA TOTAL (gramos/planta)	50
4.6. CONCENTRACIÓN DE SODIO EN HOJAS DEL PORTAINJERTO (%).....	54
4.7. CONCENTRACIÓN DE CLORUROS EN HOJAS DEL PORTAINJERTO (%)	57
4.8. CONCENTRACIÓN DE SODIO EN RAICES (%).....	61
4.9. CONCENTRACIÓN DE CLORUROS EN RAICES (%).....	65

4.10. CONCENTRACIÓN DE SODIO EN HOJAS DEL INJERTO (%).....	69
4.11. CONCENTRACIÓN DE CLORUROS EN HOJAS DEL INJERTO (%)	71
4.12. DAÑO FOLIAR (%).....	75
V. CONCLUSIONES.....	80
VI. RECOMENDACIONES	81
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	82
VIII. ANEXOS	91

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Características de las razas de palto en su uso como portainjertos.	4
Tabla 2. Clasificación de los suelos salinos.	16
Tabla 3. Clasificación de los suelos salinos según la intensidad de la salinidad.....	17
Tabla 4. Clasificación de los suelos sódicos según el PSI.	18
Tabla 5. Combinación de tratamientos.	32
Tabla 6. Área foliar dañada.	35
Tabla 7. Análisis de variancia para altura de planta (cm).	37
Tabla 8. Análisis de variancia de efectos simples en la interacción de variedades de portainjertos y cultivares de injertos (P*I) para altura de planta (cm).	37
Tabla 9. Altura promedio (cm) de variedades de portainjertos y cultivares de injertos de palto en niveles de salinidad del sustrato.....	39
Tabla 10. Análisis de variancia para diámetro de tallo del portainjerto (mm).	41
Tabla 11. Prueba de Tukey al 5% de probabilidad para diámetro de tallo del portainjerto (mm), variedades de portainjertos en promedio de niveles de salinidad del sustrato y cultivares de injertos.	41
Tabla 12. Diámetro promedio del tallo de variedades de portainjertos y cultivares de injertos de palto en niveles de salinidad del sustrato.....	42
Tabla 13. Análisis de variancia de materia seca para material vegetal aéreo (gramos/planta).	43
Tabla 14. Prueba de Tukey al 5% de probabilidad para materia seca de material vegetal aéreo (gramos/planta), niveles de salinidad del sustrato en promedio de variedades de portainjertos y cultivares de injertos.	44
Tabla 15. Prueba de Tukey al 5% de probabilidad para materia seca de material vegetal aéreo (gramos/planta), variedades de portainjertos en promedio de niveles de salinidad del sustrato y cultivares de injertos.	44
Tabla 16. Prueba de Tukey al 5% de probabilidad para materia seca de material vegetal aéreo (gramos/planta), cultivares de injertos en promedio de niveles de salinidad del sustrato y variedades de portainjertos.	44
Tabla 17. Materia seca promedio de material vegetal aéreo (gramos/planta) de variedades de portainjertos y cultivares de injertos de palto en niveles de salinidad del sustrato.	46

Tabla 18. Análisis de variancia para materia seca de raíces (gramos/planta).	48
Tabla 19. Prueba de Tukey al 5% de probabilidad para materia seca de raíces (gramos/planta), niveles de salinidad del sustrato en promedio de variedades de portainjertos y cultivares de injertos.....	48
Tabla 20. Prueba de Tukey al 5% de probabilidad para materia seca de raíces (gramos/planta), variedades de portainjertos en promedio de niveles de salinidad del sustrato y cultivares de injertos.....	49
Tabla 21. Materia seca promedio de raíces (gramos/planta) de variedades de portainjertos y cultivares de injertos de palto en niveles de salinidad del sustrato.	49
Tabla 22. Análisis de variancia para materia seca total (gramos/planta).	51
Tabla 23. Prueba de Tukey al 5% de probabilidad para materia seca total (gramos/planta), niveles de salinidad del sustrato en promedio de variedades de portainjertos y cultivares de injertos.	51
Tabla 24. Prueba de Tukey al 5% de probabilidad para materia seca total (gramos/planta), variedades de portainjertos en promedio de niveles de salinidad del sustrato y cultivares de injertos.	51
Tabla 25. Prueba de Tukey al 5% de probabilidad para materia seca total (gramos/planta), variedades de portainjertos en promedio de niveles de salinidad del sustrato y cultivares de injertos.	52
Tabla 26. Materia seca promedio (gramos/planta) de variedades de portainjertos y cultivares de injertos de palto en niveles de salinidad del sustrato.	53
Tabla 27. Análisis de variancia para concentración de sodio en hojas del portainjerto (%).	54
Tabla 28. Concentración de sodio promedio (%) en hojas de portainjertos de palto bajo niveles de salinidad del sustrato.	55
Tabla 29. Análisis de variancia para concentración de cloruros en hojas del portainjerto (%).	58
Tabla 30. Prueba de Tukey al 5% de probabilidad para concentración de cloruros en hojas del portainjertos (%), niveles de salinidad del sustrato en promedio de variedades de portainjertos.....	58
Tabla 31. Concentración promedio de cloruros (%) en hojas de portainjertos de palto bajo niveles de salinidad del sustrato.	59

Tabla 32. Análisis de variancia para concentración de sodio en raíces (%).	61
Tabla 33. Prueba de Tukey al 5% de probabilidad para concentración de sodio en raíces (%), para niveles de salinidad del sustrato en promedio de variedades de portainjertos y cultivares de injertos.	62
Tabla 34. Prueba de Tukey al 5% de probabilidad para concentración de sodio en raíces (%), para variedades de portainjertos en promedio de niveles de salinidad del sustrato y cultivares de injertos.	62
Tabla 35. Concentración promedio de sodio (%) en raíces de variedades de portainjertos y cultivares de palto bajo niveles de salinidad del sustrato.	64
Tabla 36. Análisis de variancia para concentración de cloruros en raíces (%).	65
Tabla 37. Prueba de Tukey al 5% de probabilidad para concentración de cloruros en raíces (%), para niveles de salinidad del sustrato en promedio de variedades de portainjertos y cultivares de injertos.	66
Tabla 38. Prueba de Tukey al 5% de probabilidad para concentración de cloruros en raíces (%), para variedades de portainjertos en promedio de niveles de salinidad del sustrato y cultivares de injertos.	66
Tabla 39. Prueba de Tukey al 5% de probabilidad para concentración de cloruros en raíces (%), para variedades de portainjertos en promedio de salinidad del sustrato y cultivares de injertos.	66
Tabla 40. Concentración promedio de cloruros (%) en raíces de variedades de portainjertos y cultivares de injertos de palto bajo niveles de salinidad del sustrato.	68
Tabla 41. Análisis de variancia para concentración de sodio en hojas del injerto (%).	69
Tabla 42. Prueba de Tukey al 5% de probabilidad para concentración de sodio en hojas del injerto (%), para niveles de salinidad del sustrato en promedio de variedades de portainjertos y cultivares de injertos.	70
Tabla 43. Concentración promedio de cloruros (%) en raíces de variedades de portainjertos y cultivares de injertos de palto bajo niveles de salinidad del sustrato.	70
Tabla 44. Análisis de variancia para concentración de cloruros en hojas del injerto (%).	72
Tabla 45. Prueba de Tukey al 5% de probabilidad para concentración de cloruros en hojas del injerto (%), para niveles de salinidad del sustrato en promedio de variedades de portainjertos y cultivares de injertos.	72

Tabla 46. Prueba de Tukey al 5% de probabilidad para concentración de cloruros en hojas del injerto (%), para variedades de portainjertos en promedio de niveles de salinidad del sustrato y cultivares de injertos.	73
Tabla 47. Prueba de Tukey al 5% de probabilidad para concentración de cloruros en hojas del injerto (%), para variedades de injertos en promedio de niveles de salinidad del sustrato y cultivares de portainjertos.....	73
Tabla 48. Concentración promedio de cloruros (%) en hojas del injerto de variedades de portainjertos y cultivares de injerto de palto bajo niveles de salinidad del sustrato.....	74
Tabla 49. Análisis de variancia para daño foliar (%).	76
Tabla 50. Análisis de variancia de efectos simples en la interacción de niveles de salinidad del sustrato y variedades de portainjertos (S*P) para daño foliar (%).	76
Tabla 51. Daño foliar promedio (%) en hojas del portainjerto de palto bajo niveles de salinidad del sustrato.	78

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ciclo fenológico del palto Hass en la Costa Central del Perú.....	7
Figura 2. Efecto de la salinidad del sustrato sobre la altura promedio (cm) de variedades de portainjertos y cultivares de injertos de palto.	39
Figura 3. Efecto de la salinidad del sustrato sobre el diámetro promedio del tallo (mm) de variedades de portainjertos y cultivares de injertos de palto.	42
Figura 4. Efecto de la salinidad del sustrato sobre la materia seca promedio (gramos/planta) de variedades de portainjertos y cultivares de injertos de palto.	47
Figura 5. Efecto de la salinidad del sustrato sobre la materia seca promedio de raíces (gramos/planta) de variedades de portainjertos y cultivares de injertos de palto.	50
Figura 6. Efecto de la salinidad del sustrato sobre la materia seca promedio (gramos/planta) de variedades de portainjertos y cultivares de injertos de palto.	53
Figura 7. Efecto de la salinidad del sustrato sobre la concentración promedio de sodio (%) en hojas de portainjertos de palto.	55
Figura 8. Efecto de la salinidad del sustrato sobre la concentración promedio de cloruros (%) en hojas de portainjertos de palto.	59
Figura 9. Efecto de la salinidad del sustrato sobre la concentración promedio de sodio (%) en raíces de variedades de portainjertos y cultivares de injertos de palto.	64
Figura 10. Efecto de la salinidad del sustrato sobre la concentración promedio de cloruros (%) en raíces de variedades de portainjertos y cultivares de injertos de palto.	68
Figura 11. Efecto de la salinidad del sustrato sobre la concentración promedio de cloruros (%) en hojas del injerto de variedades de portainjertos y cultivares de injertos de palto....	74
Figura 12. Efecto de la salinidad del sustrato sobre el daño foliar (%) en hojas del portainjerto de palto.	78

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO 1: Análisis especial de suelos - aniones y cationes solubles (características iniciales)	91
ANEXO 2: Análisis especial de suelos - aniones y cationes solubles (características finales)	91
ANEXO 3: Análisis de agua.....	92
ANEXO 4: Croquis del campo experimental	92
ANEXO 5: Prueba de Tukey al 5% de probabilidad para altura de planta (cm), niveles de salinidad del sustrato en promedio de variedades de portainjertos y cultivares de injertos.	93
ANEXO 6: Prueba de Tukey al 5% de probabilidad para altura de planta (cm), variedades de portainjertos en promedio de niveles de salinidad del sustrato y cultivares de injertos.	93
ANEXO 7: Concentración promedio (%) de Na ⁺ , K ⁺ , Ca ⁺² , Mg ⁺² , Cl ⁻ y S en hojas de portainjertos de palto y niveles de salinidad del sustrato.	94
ANEXO 8: Concentración promedio de sodio (%) en diferentes órganos de la planta bajo niveles de salinidad del sustrato.	94
ANEXO 9: Concentración promedio de cloruros (%) en diferentes órganos de la planta bajo niveles de salinidad del sustrato.	95
ANEXO 10: Concentración promedio (%) de Na ⁺ , K ⁺ , Ca ⁺² , Mg ⁺² , Cl ⁻ y S en raíces de portainjertos de palto y niveles de salinidad del sustrato.	95
ANEXO 11: Concentración promedio (%) de Na ⁺ , K ⁺ , Ca ⁺² , Mg ⁺² , Cl ⁻ y S en hojas de injertos de palto y niveles de salinidad del sustrato.	96
ANEXO 12: Prueba de Tukey al 5% de probabilidad para daño foliar (%), niveles de salinidad del sustrato en promedio de variedades de portainjertos.	96
ANEXO 13: Prueba de Tukey al 5% de probabilidad para daño foliar (%), variedades de portainjertos en promedio de niveles de salinidad del sustrato.	97
ANEXO 14: Fotos	98

RESUMEN

El palto (*Persea americana* Mill.) es un cultivo de gran importancia económica, siendo el Perú el segundo exportador mundial; a la vez es un cultivo sensible a la salinidad del suelo, por lo que es importante encontrar portainjertos y cultivares que presenten características deseables para tolerar esta limitante. El presente trabajo experimental, se llevó a cabo en el Vivero de la Estación Experimental La Molina (CELM - INIA), ubicado en el distrito de La Molina - Lima. Se evaluaron tres niveles de salinidad del sustrato ($S1 = 5.00 \text{ dS.m}^{-1}$, $S2 = 3.00 \text{ dS.m}^{-1}$, $S3 = 1.00 \text{ dS.m}^{-1}$), cuatro variedades de portainjertos (P1 = Zutano, P2 = Duke 7, P3 = Verónica, P4 = Israel) y dos cultivares de injertos (I1 = Hass, I2 = Fuerte). Se evaluaron: altura de planta (cm), diámetro de tallo del portainjerto (mm), materia seca de material vegetal aéreo (gramos/planta), materia seca de raíces (gramos/planta), materia seca total (gramos/planta), concentración de sodio y cloruros en raíces, hojas del portainjerto e injerto (%) y daño foliar. Se empleó el diseño experimental de bloques completos al azar (DBCA) con arreglo factorial de $3 \times 4 \times 2$, con veinticuatro tratamientos y cuatro bloques. Los resultados obtenidos al finalizar el experimento indican que el portainjerto Verónica, cuando fue injertado con Hass presentó mayor altura de planta (61.71 cm) y diámetro (7.48 mm). Asimismo, éste portainjerto alcanzó mayor acumulación de materia seca (19.77 gramos/planta), y presentó menor concentración de cloruros en hojas del injerto (0.32%). No presentó diferencias significativas con los demás portainjertos en la concentración foliar de cloruros y en la concentración de sodio en hojas del injerto. El sustrato de 1.00 dS/m (S3), cuando fue sembrado con el portainjerto Zutano presentó menor daño foliar (6.00%). En éste sustrato se presentó menores concentraciones de cloruros en hojas de los portainjertos (0.39%) y presentó menor concentración de sodio y cloruros en hojas del injerto (0.01% y 0.33%). Asimismo alcanzó mayor acumulación de materia seca conjuntamente con el sustrato 3.00 dS/m (S2). El injerto Hass, cuando fue injertado sobre el patrón Verónica presentó mayor altura de planta (61.71 cm). Asimismo, éste injerto alcanzó mayor acumulación de materia seca (20.28 gramos/planta).

Palabras claves: niveles de salinidad, variedades de portainjertos, cultivares de injertos, *Persea americana* Mill.

ABSTRACT

The avocado (*Persea americana* Mill.) is a crop of great economic importance, with Peru being the second world exporter; at the same time it is a crop sensitive to soil salinity, so it is important to find rootstocks and cultivars that have desirable characteristics to tolerate this limitation. This experimental work was carried out in the Vivero of the Experimental Station La Molina (CELM - INIA), located in the district of La Molina - Lima. Three levels of substrate salinity were evaluated (S1 = 5.00 dS.m⁻¹, S2 = 3.00 dS.m⁻¹, S3 = 1.00 dS.m⁻¹), four varieties of rootstocks (P1 = Zutano, P2 = Duke 7, P3 = Veronica, P4 = Israel) and two graft cultivars (I1 = Hass, I2 = Strong). The following were evaluated: plant height (cm), stem diameter of the rootstock (mm), dry matter of aerial plant material (grams/plant), dry matter of roots (grams/plant), total dry matter (grams/plant), concentration of sodium and chlorides in roots, rootstock and graft leaves (%) and leaf damage. The randomized complete block experimental design (DBCRA) was used with a factorial arrangement of 3 x 4 x 2, with twenty-four treatments and four blocks. The results obtained at the end of the experiment indicate that the Veronica rootstock, when grafted with Hass, presented greater plant height (61.71 cm) and diameter (7.48 mm). Likewise, this rootstock achieved a greater accumulation of dry matter (19.77 grams / plant), and presented a lower concentration of chlorides in graft leaves (0.32%). It did not show significant differences with the other rootstocks in the foliar chloride concentration and in the sodium concentration in graft sheets. The substrate of 1.00 dS.m⁻¹ (S3), when planted with the Zutano rootstock, showed less leaf damage (6.00%). In this substrate there were lower concentrations of chlorides in the rootstock roots (0.39%) and there was a lower concentration of sodium and chlorides in graft sheets (0.01% and 0.33%). It also achieved a greater accumulation of dry matter together with the substrate 3.00 dS.m⁻¹ (S2). The Hass graft, when grafted onto the Veronica pattern, had a higher plant height (61.71 cm). Also, this graft achieved greater accumulation of dry matter (20.28 grams/plant).

Keywords: salinity levels, rootstock varieties, graft cultivars, *Persea americana* Mill.

I. INTRODUCCIÓN

La palta, también conocida como aguacate (*Persea americana Mill.*) se encuentra entre los veinte frutales de mayor demanda comercial a nivel mundial (Schaffer *et al.*, 2013), además constituye uno de los cultivos frutícolas de gran importancia socioeconómica en el Perú al tener demanda del mercado interno y externo. A nivel nacional la región de la Costa presenta aproximadamente el 45% de su superficie cultivada con palta, las que abastecen con casi el 100% de palta para exportación siendo Lima, La Libertad e Ica las regiones más destacadas. Según el Sistema Integrado de Estadística Agraria (SIEA) del Ministerio de Agricultura y Riego en el 2017 a nivel nacional la superficie sembrada fue de 39 629 hectáreas, alcanzado una producción de 466 796 toneladas y un rendimiento promedio de 11 779 Kg.Ha⁻¹; a nivel de la región Lima la superficie sembrada fue de 6 492 hectáreas, alcanzado una producción de 86 304 toneladas y un rendimiento promedio de 13 294 Kg.Ha⁻¹.

Desde siempre el palto ha sido uno de los cultivos más sensibles a la salinidad del suelo (Bernstein *et al.*, 2004), principalmente en condiciones de zonas áridas y semiáridas, como es el caso de los suelos de la Costa Peruana de las cuales casi 300 000 Hectáreas agrícolas están sujetas a estos problemas. Es por ello, que se hace necesario contar con investigaciones suficientes para alcanzar buenos rendimientos, partiendo de la elección del material vegetal adecuado hasta su adaptación con el injerto teniendo en consideración las características y condiciones propias a la cual se adapta el cultivo.

El palto por tener un origen subtropical es muy sensible a condiciones climáticas adversas como sequías y temperaturas extremas, también a condiciones edáficas como texturas arcillosas y salinidad, por nombrar algunas. Es por esta razón que actualmente existe una constante búsqueda de nuevos patrones que presenten características deseables para superar estas limitantes (Schaffer y Whiley, 2002).

Los objetivos de la presente investigación fueron:

- Determinar las variedades de portainjertos de palto tolerantes a la salinidad del sustrato a nivel de vivero.
- Determinar los niveles de salinidad del sustrato, los cuales no afecten el normal crecimiento y desarrollo de los portainjertos de palto a nivel de vivero.
- Determinar los cultivares de injertos de palto tolerantes a la salinidad del sustrato a nivel de vivero.
- Evaluar la interacción de los niveles de salinidad del sustrato en relación a los portainjertos e injertos de palto en base a su crecimiento y desarrollo a nivel de vivero.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. GENERALIDADES DEL CULTIVO

2.1.1. ORIGEN Y DESCRIPCIÓN TAXONÓMICA

El nombre de aguacate (*Persea Gratissima*, *Persea Americana*) deriva de la palabra nativa “Aoacatl” o “Ahuacatl” y recibe otros nombres como “Palta” en Sudamérica, “Avocado” en la lengua inglesa, “Evocatier” en francés y Abacate en portugués. A partir de pruebas arqueológicas encontradas con una antigüedad aproximada de 12 000 años (Sánchez, 2004).

El aguacate es una especie frutal arbórea cuyo lugar de origen se ubica en una amplia zona del continente Americano, existen datos escritos por historiadores y botánicos que reportan al aguacate como un gigante de los bosques tropicales y subtropicales del centro y sur de América. Se documentan hallazgos de aguacate desde México pasando por toda Centro América y hasta Colombia, Ecuador y Perú (Mejía, 2011).

En el ámbito mundial, comienza la explotación intensiva del aguacate, con perspectivas comerciales y de mercado, en 1932, proporcionalmente en California y Florida, y extendiéndose posteriormente a Israel, Sudáfrica, Argentina, etc; es decir, a regiones tropicales y subtropicales ecológicamente típicas de este cultivo (Sánchez, 2004).

La palta (*Persea americana* Miller) fue clasificada por el Dr. Miller, pertenece a la familia de las Lauráceas (Lauraceae), género *Persea*, al que pertenece nuestro aguacate está compuesto por unas 85 especies reportadas y clasificadas que se encuentran en toda América desde los Estados Unidos hasta el centro de Chile, y unas excepciones como *Persea indica* que se encuentra en las islas Canarias (Mejía, 2011).

2.1.2. CLASIFICACIÓN BOTÁNICA

Se divide en tres variedades botánicas o razas: raza mexicana, raza guatemalteca y raza antillana (Ataucusi, 2015).

Según Sánchez (2004); la raza mexicana que es originaria de los Valles de México, de regiones con altura de 1 500 a 2 000 msnm; la raza guatemalteca originaria de Guatemala, de zonas con altura de 500 a 1 000 msnm; y la raza antillana cuyo país de origen no ha sido precisado, en lugares con menos de 500 msnm.

Tabla 1. Características de las razas de palto en su uso como portainjertos.

Adaptación a:	Raza Mexicana	Raza Guatemalteca	Raza Antillana
Suelos pesados y baja aireación	Buena	Regular	Mala
Salinidad	Muy sensible	Resistencia media	Resistente
Carbonatos	Resistencia media	Muy sensible	Sensible
<i>Phytophthora cinnamomi</i>	Sensible	Sensible	Sensible
Bajas temperaturas	Resistente	Sensible	Muy sensible

Fuente: Ben - ya'acov (2002).

2.1.3. CARACTERÍSTICAS BOTÁNICAS

Mejía (2011), sostiene lo siguiente:

Raíz: el sistema radicular en condiciones naturales y espontáneos encontrados en bosques tropicales y sub - tropicales son árboles gigantes con sistema radicular pivotante y profundo con raíces halladas a más de dos metros de profundidad; pero en árboles cultivados se encuentran con raíz pivotante que llega a algo más de un metro, con un sistema de raíces laterales muy ramificadas de consistencia vidriosa o poco flexible y en todos los casos carente de pelos absorbentes; el sistema radicular puede ser más o menos profundo dependiendo de la cantidad y ubicación del agua en el suelo, de la textura y estructura del suelo y de la profundidad efectiva del mismo suelo y en los cultivos frecuentes en nuestro medio el 80% del sistema radicular del aguacate se ubica en los primeros 60 centímetros del suelo.

Tallo: grueso, cilíndrico, acanalado verticalmente, estas grietas o canales verticales que forma su corteza son uno de los factores visuales de diferenciación de una raza a otra. Los árboles espontáneos en su ambiente natural tienden a ser erectos con ramificaciones laterales

de distribución alterna y de diversas formas desde cilíndricos, hasta aglobados y piramidales. En cultivos comerciales debido a la injertación y a las podas, en general los árboles presentan ramificaciones de manera extensiva desde muy abajo perdiéndose el eje central del árbol y de esta manera se ven como ramas que parten de otras ramas laterales.

Yemas: son apicales y axilares, las yemas axilares permanecen latentes o en ocasiones cuando se cosecha el aguacate se activan algunas dando origen a una nueva rama lateral, en otras ocasiones no se activan y se desprenden, por esta razón el principal medio de crecimiento, desarrollo y producción del aguacate son las yemas apicales, en un momento determinado las yemas en el aguacate son todas iguales, y en el momento del cambio hormonal promovido por bajas de temperatura y estrés hídrico, unas yemas se activan y son finalmente las yemas reproductivas o florales, por esto igual puede haber racimos terminales (apicales) o axilares. Las yemas florales se diferencian porque adquieren una coloración café y se hinchan o embuchan dando lugar a las inflorescencias.

Hojas: se encuentran diferentes tipos de hojas debido a los múltiples cultivares y clones que existen de esta especie, hojas desde redondeadas hasta lanceoladas, pasando por todas sus variaciones, con pubescencias presentes en haz y envés del folíolo, con nervaduras prominentes en el envés y pecioladas, su distribución es alterna y helicoidal en el terminal. El color de la hoja varía de acuerdo no solo a la variedad sino también al estado de desarrollo de la misma y van desde tonos marrones o rojizos pasando por verdes claros hasta verdes oscuros en hojas maduras. Por sus permanentes flujos de brotación se ve algún grado de semicaducidad en las hojas del aguacate, de tal manera que la hoja llega a un estado en que pudiendo no estar muy vieja, presenta una abscisión.

Inflorescencias y flores: las inflorescencias son racimos terminales o axilares, lo que da lugar a ramas determinadas e indeterminadas, estas inflorescencias presentan un eje principal largo del que se desprenden ejes secundarios y de estos, ejes terciarios que dan lugar a flores perfectas, bisexuales con pedúnculos cortos y pubescentes, con tres pétalos y tres sépalos muy similares entre sí. Presenta polinización cruzada entre flores, y que presenta dicogamia sincronizada o sincronismo dicogámico, una flor abre en un momento con los estambres dehiscentes y en otro momento con el estigma receptivo, pero esto ocurre en cualquier momento para cualquier flor.

Fruto: es una baya que de acuerdo con la raza, con las diferentes variedades y dentro de estas de acuerdo con los cruces naturales e inducidos que ha tenido esta especie e incluso a las condiciones medioambientales en que se esté desarrollando un determinado cultivar, ha mostrado múltiples formas y gran cantidad de variaciones. Redondos, aovados, piriformes, ovoides, claviformes, abotellados, alargados, achatados y más pero además de múltiples tamaños. El color de los frutos externamente o sea el color de la corteza o piel o cáscara, también varía desde verde oscuro a verde claro y amarillo y los hay que en su maduración cambian a marrones, rojizos, púrpuras y negros. El color de la pulpa también varía desde tonos blanquecinos, pálidos, pasando por verdes, verde - amarillos, amarillos pálidos y amarillos fuertes. En todos los casos como el ovario presenta un solo óvulo, el fruto tiene una sola semilla que también es de diferentes tamaños y formas dependiendo del material e incluso de condiciones climáticas y factores como fertilización.

2.1.4. EXIGENCIAS EDAFOLÓGICAS

Según Gardiazabal (2004), el palto tiene preferencia por los suelos de textura ligera, profundos y bien drenados, pero puede cultivarse en suelos arcillosos o franco arcillosos siempre que exista un buen drenaje, el exceso de humedad propicia un medio adecuado para el desarrollo de enfermedades fisiológicas de la raíz, como asfixia radicular y fúngicas como *Phytophthora cinnamomi*.

Además sostiene que se desarrollan en suelos con pH neutro a ligeramente ácido (5.50 a 7.00), siempre que no existan problemas de acumulación de sales o sodio. Estos problemas deben manejarse con cuidado debido a que el rendimiento se afecta notablemente cuando se presentan los problemas antes mencionados.

2.1.5. EXIGENCIAS CLIMÁTICAS

Los paltos se cultivan desde el nivel del mar hasta los 2 700 msnm.; la temperatura y la lluvia son los factores de mayor incidencia en el cultivo; la temperatura influye en la producción del palto; la resistencia al frío dependerá de la raza y calidad del patrón; así, en la región andina es necesario 1 200 mm de lluvia distribuida en el año; las sequías prolongadas afectan el cultivo y el exceso de lluvia en floración o cuajado de frutos causa pérdida y proliferación de enfermedades (Ataucusi, 2015).

Según Flores (2016), las bajas temperaturas en épocas de floración pueden provocar una reducción considerable de la cuaja y las altas temperaturas por su parte, pueden llegar a provocar una caída de frutos.

2.2. FENOLOGÍA DEL CULTIVO

Según Gardiazabal (2004), el palto es una especie frutal del tipo perenne, lo que hace que su comportamiento de crecimiento sea distinto al común de los frutales cultivados en nuestro país (caducifolios).

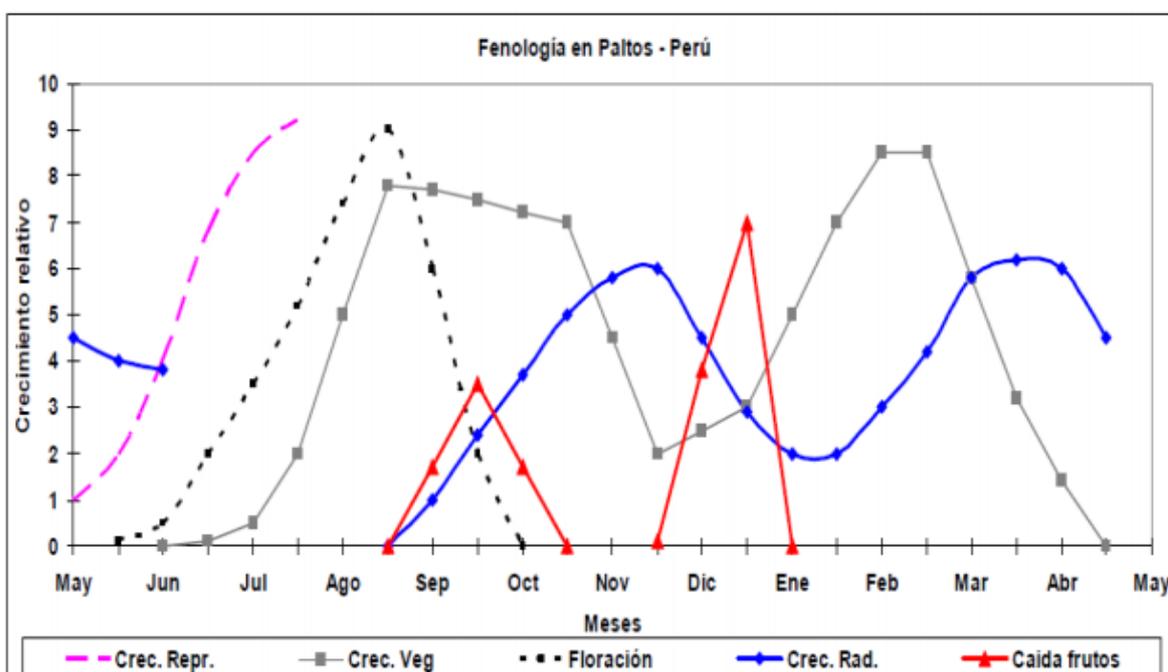


Figura 1. Ciclo fenológico del palto Hass en la Costa Central del Perú.

2.3. SALINIDAD EN LA COSTA PERUANA

.La salinidad es un problema ampliamente extendido, estimándose que un tercio de la superficie terrestre está afectada, en mayor o menor grado por un exceso de sales (Forner y Forner, 2010). La salinidad del suelo es un problema que se incrementa año a año en las regiones áridas y semiáridas del mundo como consecuencia de una baja precipitación y un mal manejo del agua de riego y los fertilizantes (Villa *et al.*, 2006). El problema afecta aproximadamente al 25% de los 230 millones de hectáreas irrigadas del planeta (Meloni *et al.*, 2008).

En tal sentido, la Costa es la región natural más expuesta al problema de la salinización y mal drenaje. En esta región, existen otras características edáficas coadyuvantes, como por ejemplo el contenido de sales en el perfil de los suelos debido a su origen marino, a lo que se agrega la ausencia de lluvias, que contribuye a la permanencia de dichas sales en los suelos, afectando a un considerable porcentaje del área total cultivada.

Según la Dirección General de Asuntos Ambientales Agrarios del Ministerio de Agricultura, la superficie cultivada total en la Costa es de 775 431 hectáreas, de las cuales alrededor de 306 701 hectáreas están afectadas con diferente grado de salinización (ligera o fuertemente afectadas por sales) representando el 40% del área total cultivable.

2.4. CAUSAS DE LA SALINIDAD

Kelley, Laurance y Chapman (1949) mencionados por Razeto (1976), reportaron que el agua de riego incrementa principalmente el nivel de sales solubles en el suelo, y en muchos lugares este incremento es excesivo. Señalan que las sales disueltas en el agua de riego, se acumularan en el suelo en cantidades perjudiciales dependiendo de uno o más de los siguientes factores:

- La concentración y composición de sales en el agua de riego.
- La cantidad de agua aplicada en cada riego.
- El método de manejo del suelo y del agua de riego empleado.
- La pluviometría del sector.
- Permeabilidad del suelo y características del perfil.
- Profundidad de la napa freática.

Hass (1952), señalo que los cloruros provienen principalmente del agua de riego y dependiendo de su concentración y su posterior manejo se acumulan en el suelo en cantidades perjudiciales. Finalmente señala que una causa importante de la salinidad, es el programa de fertilización, debido al uso continuo de fertilizantes que contribuyen fuertemente a la salinización de los suelos.

2.5. CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA

La salinidad de un suelo o agua, se refiere a la cantidad de sales presentes en solución, y puede ser estimada indirectamente mediante la medición de la conductividad eléctrica (CE). Las unidades utilizadas para medir la CE son $\text{dS}\cdot\text{m}^{-1}$ (decisiemens por metro). Esta medida es equivalente a la que anteriormente se utilizaba: mmhos/cm . El valor de CE es influenciado por la concentración y composición de las sales disueltas; a mayor valor de CE, mayor es la salinidad presente. Es importante considerar que todos los fertilizantes inorgánicos son sales y por lo mismo tienen un efecto directo sobre la CE (Pizarro, 1987).

El mismo autor sostiene que, la salinidad es un fenómeno indeseable ya que afecta el crecimiento de las plantas de varias maneras y por lo mismo, un aumento en la CE traerá como consecuencia una disminución del rendimiento.

Las estrategias que desarrollan las plantas para tolerar condiciones de salinidad pueden ser clasificadas en tres grupos: (1) Físicas, que involucran la exclusión o inclusión de sales, seguidas del transporte y compartimentalización de éstas; (2) Morfológicas, relacionadas con la distribución de biomasa en brotes y raíces, además del cierre estomático; y (3) Fisiológicas y metabólicas, que contrarrestan la presencia de sales a nivel celular (Kozlowski, 1997). La tolerancia del aguacate a la salinidad, definida como la habilidad para mantener el crecimiento en ambientes salinos, es mayor en portainjertos de raza Antillana, intermedia en los de raza Guatemalteca y menor en los de raza Mexicana (Ben – Ya'acov y Michelson, 1995).

Meloni *et al.*, (2008), sostiene que algunas especies desarrollan mecanismos que les permiten tolerar estas condiciones. Así, la síntesis de solutos osmocompatibles, como azúcares solubles y prolina, y la acumulación de iones en vacuola contribuyen a disminuir el potencial osmótico de los tejidos, manteniendo un gradiente de potencial hídrico entre el suelo y la planta. Este mecanismo, denominado ajuste osmótico, garantiza la absorción de agua y la manutención de la turgencia celular. Otras especies excluyen los iones Na^+ y Cl^- de la parte aérea, restringiéndolos al sistema radicular, lo que evita el efecto tóxico de estos iones.

2.6. EFECTO DE LA SALINIDAD SOBRE LAS PLANTAS Y EL SUELO

Según Pizarro (1987), los efectos de las sales del suelo se pueden reunir en los tres grupos siguientes:

- Efecto osmótico de las sales disueltas.
- Efectos del sodio adsorbido.
- Toxicidad de algunos iones.

2.6.1. EFECTO OSMÓTICO DE LA SALES DISUELTAS EN LA SOLUCIÓN DEL SUELO

La absorción de agua del suelo por las raíces de las plantas exige a éstas un esfuerzo mayor cuanto más alta sea la salinidad de la solución del suelo. En efecto, las raíces se comportan como membranas semipermeables que separan dos soluciones de distinta concentración salina, y por tanto de distinto potencial osmótico: en el exterior el agua del suelo y en el interior la del xilema. El agua tendría tendencia a atravesar las raíces en el sentido de igualar ambas concentraciones, es decir, a salir de la planta; por tanto, para absorber agua del suelo, la planta debe vencer esa tendencia mediante un esfuerzo adicional (Pizarro, 1987).

Cuanto mayor es la concentración salina del agua del suelo, mayor es la presión osmótica que las plantas han de superar y puede llegar un momento en que la absorción de agua se detiene. Por esta razón, los síntomas de salinidad coinciden con los de sequía y esto explica la aparente paradoja de que las plantas experimentan sequía en tierras con abundancia de agua salina (Pizarro, 1987).

Ayers y Westcot (1987), en un trabajo realizado para la FAO, han recopilado y elaborado la información existente sobre la tolerancia de las plantas a la salinidad, recogiendo datos del Laboratorio de Salinidad de EE.UU (1954), Bernstein (1964), Comité Californiano de Consultores (1974) y los recientes de Maas y Hoffman (1976). Estos últimos autores han propuesto una fórmula que relaciona la producción en porcentaje de los distintos cultivos con la salinidad del suelo, expresada en términos de C_{Ee} y medida en mmhos/cm.

2.5.1a. Cuantificación del efecto osmótico

Según Awad (1963) mencionado por Mendoza (1993), los criterios para evaluar la tolerancia del cultivo a las sales son:

- La capacidad de la planta para sobrevivir en suelos salinos.
- El rendimiento de la planta en suelos salinos, particularmente útil cuando se comparan variedades de la misma especie.
- El rendimiento de la planta en suelos salinos comparado con su rendimiento en suelos no salinos, definición usada por el Laboratorio de Salinidad de los Estados Unidos de América para la preparación de las conocidas listas de tolerancia de los diferentes cultivos a la salinidad (Richards, 1980).

Cornejo (1964), analiza los tres criterios anteriores y señala que la tolerancia a las sales puede ser considerada desde el punto de vista de la capacidad productiva a un nivel dado de salinidad. Así, cuando se prueba cierto número de variedades de un cultivo dado sobre un suelo que tiene cierto grado de salinización, la variedad de más alto rendimiento puede ser designada como la variedad más tolerante.

Richards (1980), acerca de la tolerancia relativa de los cultivos a las sales, la define como el nivel de salinidad (CEe) del suelo en el cual se espera una disminución del 50% en los rendimientos, en comparación a los obtenidos en suelos no salinos bajo condiciones similares. Últimamente, para establecer los niveles de tolerancia de las plantas a las sales, ya existe una relación establecida en base a una ecuación, propuesta por Maas y Hoffman (1976) citados por Pizarro (1987), tal como se expone a continuación:

$$P = 100 - b (CEe - a)$$

Donde:

P = producción de cultivo en % respecto al máximo.

CEe = conductividad eléctrica del extracto de saturación del suelo expresado en mmhos/cm.

a = valor umbral de la salinidad (CEe) para cada cultivo.

b = pérdida porcentual de rendimiento que sufre dicha planta al elevarse la CE en 1 mmhos/cm.

Los parámetros “a” y “b”, cuyos valores constantes para el cultivo de palto se exponen por Pizarro (1987), que indica un valor de a = 1.3 y para b = 20.83; y asevera que con conductividades eléctricas de 1.30, 1.80, 2.50, 3.70 y 6.00 dS.m⁻¹ se alcanza rendimientos equivalentes al 100, 90, 75, 50 y 0% respectivamente.

2.5.1b. Resistencia y sensibilidad de las plantas a la salinidad

Resistencia: el parámetro “a” se puede considerar como el umbral de salinidad para cada cultivo, de forma que si la CEe se mantiene por debajo de a, el cultivo no se resiente.

Sensibilidad: se refiere a como la producción se ve afectada por pequeñas variaciones de salinidad. También se define como las variaciones de su producción ocasionada por una variación de la CEe de 1 mmhos/cm. Observando la fórmula de Maas – Hoffman se comprueba que el valor de la sensibilidad coincide con el valor de “b”. Por ejemplo, el palto tiene una sensibilidad de b = 20.83. Esto quiere decir que si la CEe aumenta 1 mmhos/cm, la producción de palto disminuye un 20.83% respecto a la producción máxima.

2.6.2. EFECTOS DEL SODIO ADSORBIDO

Según Pizarro (1987), altos porcentajes de sodio en el complejo de cambio, es decir, elevados valores del PSI, tienen un efecto importantísimo sobre la estructura del suelo; provocando el fenómeno de dispersión coloidal. Por tal razón, una de las principales características de los suelos sódicos es su tendencia a dispersarse, es decir, a perder la estructura, con toda su secuela de propiedades negativas: disminución de la permeabilidad, encharcamiento, falta de aireación, dificultad física de penetración de raíces.

El sodio, al ser un elemento altamente higroscópico, atrapa las moléculas del agua del suelo, lo que provoca que disminuya el agua de hidratación para otros nutrientes, afectando también la estructura del suelo al disgregar sus partículas. Las sales sódicas, en particular el NaCl,

provoca un mayor efecto salino que otras sales y es una de las comunes en las zonas agrícolas (Madueño *et al.*, 2006).

2.6.3. TOXICIDAD DE IONES ESPECIFICOS

Algunos iones producen efectos toxicos en las plantas, incluso en concentraciones muy inferiores a las necesarias para perjudicar a los cultivos vía efecto osmótico o vía dispersión de los coloides (Pizarro, 1987).

Según García (2003), los iones tóxicos más comunes son Cl^- , Na^+ y B; el daño puede ser causado por un ión individualmente o en combinación con otros. Un problema de toxicidad difiere de uno de salinidad en que su efecto ocurre dentro de la planta y no se debe a un déficit de agua; generalmente las plantas absorben iones y los acumulan en las hojas; cuando esta acumulación excede ciertos niveles se presentan el daño, la magnitud del cual depende de la concentración, del tiempo, de la sensibilidad del cultivo y del uso de agua por la planta.

2.5.2a. Toxicidad de los Cloruros

El anión Cl^- no es adsorbido por el complejo de cambio, pero se encuentra disuelto en la solución del suelo, de donde puede ser absorbido por las raíces y conducido a las hojas, donde se puede acumular hasta niveles perjudiciales (Pizarro, 1987).

Según García (2003), este ion se mueve libremente por la corriente transpiratoria hasta las hojas en donde se acumula y si la concentración de cloruros en ellas excede la tolerancia de la planta se presentan síntomas de toxicidad, los cuales incluyen quemaduras que se inician por los ápices de las hojas y se extiende a los largo de las márgenes a medida que la severidad de la toxicidad aumenta y en casos extremos se produce necrosis y defoliación.

Los niveles perjudiciales de cloruros es del orden del 0.30 – 0.50% respecto a la hoja en peso seco (Pizarro, 1987). Según García (2003), para plantas muy sensibles los síntomas se presentan cuando las hojas acumulan entre 0.30 y 1.00% de cloruros en base seca y la susceptibilidad varía entre especies y los síntomas aparecen a concentraciones diversas en el tejido.

Para el cultivo de palto, García (2003) menciona que una concentración permisible de cloruros en el extracto de saturación es 5.00 meq/L y 6.00 meq/L para la raza mexicana y guatemalteca respectivamente; mientras que 3.30 meq/L y 4.00 meq/L de cloruros en el agua de riego para la raza mexicana y guatemalteca respectivamente.

Eaton (1966), señala que muchos investigadores coinciden en que el sistema más característico producido por exceso de cloruros en palto, es el desarrollo de una necrosis apical en las hojas maduras; esta necrosis apical usualmente aparece en verano y aumenta en intensidad abarcando más hacia la base y bordes de la lámina foliar, hasta la abscisión de las hojas necrosadas, normalmente alrededor del periodo de floración del año siguiente, en casos severos, las hojas caen más prematuramente.

Frecuentemente con excesos de cloruros la quemadura del ápice es precedida por una clorosis del ápice y márgenes, que se asemejan al método producido por deficiencia de zinc, excepto que con este elemento, la intensidad es mayor en la proporción central y basal de la lámina foliar.

2.5.2a. Toxicidad del Sodio

Según Pizarro (1987), las plantas absorben sodio del suelo con el agua. A medida que el agua es transpirada el Na^+ se va concentrando en las hojas y cuando alcanza ciertas concentraciones produce efectos tóxicos. El límite de tolerancia de cada cultivo es distinto, pero para muchas especies arbóreas la toxicidad se presenta cuando el Na^+ representa un porcentaje superior al 0.25 – 0.50 respecto al peso seco de la hoja.

Asimismo, sostiene que los síntomas de toxicidad por Na^+ consisten en quemadura del tejido en los bordes exteriores de las hojas; a medida que el daño aumenta las quemaduras avanzan entre los nervios hacia el centro de la hoja; estos síntomas se observan antes en las hojas más antiguas ya que se requiere cierto tiempo antes de que la acumulación alcance proporciones de toxicidad. El efecto tóxico del Na^+ no depende de la concentración absoluta de este catión en el suelo, sino de su proporción respecto al Ca^{+2} ; por tal razón la tolerancia de los cultivos se relaciona con el PSI del suelo.

Para el cultivo de palto, Pizarro (1987) menciona que es una especie sumamente sensible y que presenta síntomas de toxicidad aun a valores bajos de PSI; resultando ya afectado con 2%.

Eaton (1966), señala que los síntomas producidos por exceso de Na^+ en palto, se caracteriza por pequeñas áreas necróticas que aparecen intervenalmente y en los bordes de cualquier parte de la lámina. A medida que el exceso aumenta en severidad, estas áreas necróticas aumentan en tamaño y pueden abarcar gran parte de la zona intervenal o necrosar casi totalmente el margen de la lámina. Las áreas necróticas se caracterizan por ser concéntricas y presentar variaciones en intensidad de su coloración café.

2.7. CLASIFICACIÓN DE LOS SUELOS SALINOS

Clasificación propuesta por el U.S. Salinity Laboratory (Richards, 1954) y perfeccionada por Massoud (1971). Esta clasificación utiliza fundamentalmente dos parámetros para identificar a los suelos, la conductividad eléctrica en el extracto de pasta saturada (CEe) y el porcentaje de sodio intercambiable (PSI); a partir de estas características se puede diagnosticar el tipo de suelo que se clasifica en cuatro categorías: suelo normal, suelo salino, suelo sódico y suelo salino – sódico.

Tabla 2. Clasificación de los suelos salinos.

Localización de las sales	Denominación del suelo	Identificación	Efectos	Recuperación
Inexistentes	Normal	CEe < 2 PSI < 7	-	-
Disueltas en la solución suelo	Salino	CEe > 2 PSI < 7	Las sales disueltas afectan a los cultivos y no a las propiedades del suelo. Dificultan la absorción de agua y nutrientes y provocan toxicidad.	Lavado de sales
Adsorbidas por el complejo de cambio	Sódico	CEe < 2 PSI > 7	El sodio adsorbido afecta a las propiedades del suelo, destruyendo su estructura. En general no afecta a los cultivos, aunque algunos experimentan toxicidad.	Mejora química (aporte de Ca) Lavado de sales
Adsorbidas por el complejo de cambio y disueltas en la solución suelo	Salino - Sódico	CEe > 2 PSI > 7	Las sales disueltas evitan la pérdida de estructura. Los efectos de este suelo son iguales que de los suelos salinos.	Mejora química Lavado de sales

Fuente: Pizarro (1987).

2.7.1. SUELO NORMAL

Cuando las sales disueltas en la solución del suelo y el sodio adsorbido por el complejo de cambio se encuentran por debajo de los límites perjudiciales: CEe < 2 dS.m⁻¹ y PSI < 7%.

2.7.2. SUELO SALINO

Son los que contienen en la solución del suelo una concentración de sales suficientemente alta (elevada CEe) para restringir el desarrollo de los cultivos, en cambio tienen poco sodio adsorbido (el PSI es menor que 7), por lo que su estructura no se ve afectada. El pH puede variar entre 7 y menos de 8.5.

Durante mucho tiempo se ha aceptado como límite entre suelo normal y salino el valor CEE = 4 dS.m⁻¹; sin embargo se comprueba que valores de la CEE del orden de 2 y 3 dS.m⁻¹ provocan fuertes disminuciones en los rendimientos de muchos cultivos. Por tanto adoptamos como valor límite el de 2 dS.m⁻¹.

Los suelos salinos se pueden clasificar de acuerdo con dos criterios distintos: según el tipo de sales disueltas y según la intensidad de la salinidad, es decir, según los valores de CEE. Según el tipo de sales se pueden agrupar en:

- Suelos salinos con Na; contienen principalmente ClNa y SO₄Na₂.
- Suelos salinos con Ca y/o Mg; contienen principalmente SO₄Mg, Cl₂Mg, Cl₂Ca y SO₄Ca

En la solución del suelo, el Na⁺ rara vez representa más de la mitad de los cationes disueltos, y por tanto no es adsorbido en cantidades importantes, siendo los cationes principales los Cl⁻ y SO₄⁻, pueden presentar también pequeñas cantidades de HCO₃⁻.

Tabla 3. Clasificación de los suelos salinos según la intensidad de la salinidad.

Suelos Salinos	CEE (dS.m ⁻¹)
Ligeramente salinos	2 – 4
Medianamente salinos	4 – 8
Fuertemente salinos	8 – 16
Extremadamente salinos	> 16

Fuente: Pizarro (1987).

Según Estrada (1989) mencionado por Mendoza (1993), cuando en el suelo salino se incrementa el sodio intercambiable y precipitan las bases alcalinotérreas (Calcio y Magnesio), la estructura del suelo comienza a desagregarse, iniciándose el proceso de dispersión, generado por el exceso de cargas electropositivas del ion Na⁺, las partículas coloidales (arcilla y humus) comienzan a repelerse unas de otras dando lugar a la desagregación del sistema, el suelo pierde su estructura, adquiriendo un estado masivo, tornándose impermeable, afectando negativamente el intercambio gaseoso del suelo.

Por tanto, la recuperación y el tratamiento de los suelos salinos es muy laborioso, costoso y demanda tiempo considerable, ya que se requiere de: a) establecer un sistema completo de drenaje que permita el lavado del exceso de las sales solubles; b) lavar el suelos con adecuadas cantidades de agua mediante la práctica del riego; c) usar las enmiendas orgánicas y químicas que sean necesarias; y d) implantar plantas tolerantes a las sales, en base a los niveles de tolerancia establecidos para muchos cultivos cuyas evaluaciones fueron publicadas por Richards (1980) y Pizarro (1987).

2.7.3. SUELO SÓDICO

Son los que contienen la suficiente proporción de sodio adsorbido (elevado valor de PSI) para provocar la dispersión de los coloides y en consecuencia la pérdida de la estructura del suelo. En cambio, el contenido de sales de la solución de suelo es bajo ($CEe < 2 \text{ dS}\cdot\text{m}^{-1}$).

El pH va desde 8 hasta más de 9.5. Las sales disueltas en la solución del suelo se encuentran en pequeñas concentraciones: generalmente se trata de cloruros, sulfatos y bicarbonatos, aunque puede haber pequeñas cantidades de carbonatos. A pH muy elevado y en presencia de iones carbonato, el calcio y el magnesio precipitan, por lo que las soluciones de los suelos sódicos contienen pequeñas concentraciones de Ca^{+2} y Mg^{+2} , predominando el Na^+ .

Tradicionalmente se ha considerado que el valor de $\text{PSI} = 15$ marcaba el límite entre suelos sódicos y no sódicos. Sin embargo se encuentran en la naturaleza suelos con PSI inferiores a 15 y con los síntomas característicos de la sodicidad. Por tal razón adoptamos como valor límite el de $\text{PSI} = 7$.

Tabla 4. Clasificación de los suelos sódicos según el PSI.

Suelos Sódicos	PSI
Ligeramente sódico	7 – 15
Medianamente sódico	15 – 20
Fuertemente sódico	20 – 30
Extremadamente sódico	> 30

Fuente: Pizarro (1987).

2.7.4. SUELO SALINO – SÓDICO

Presentan alta concentración de sales en la solución del suelo ($CEe > 2 \text{ dS.m}^{-1}$) y alto porcentaje de sodio adsorbido en el complejo de cambio ($PSI > 7$). El pH rara vez es mayor que 8.5. Su apariencia es parecida a la de los suelos salinos, así como su comportamiento general, salvo en un detalle fundamental: si un error en el diagnóstico conduce a aplicar la técnica de recuperación típica del suelo salino, es decir, el lavado de sales, el suelo salino – sódico en vez de convertirse en normal puede pasar a sódico, con las consecuencias ya conocidas de pérdida de estructura.

2.8. SUCEPTIBILIDAD DEL PALTO A LA SALINIDAD

El patrón a elegir para un cultivo influye en un gran número de aspectos frente a situaciones adversas, entre ellas la adaptación de las variedades a diferentes tipos de suelos (salinos, calizos, etc), condicionando su tolerancia o sensibilidad (Forner y Forner, 2010). Por ejemplo, los mayores atributos buscados en los portainjertos de palto son: resistencia a *P. cinnamomi*, tolerancia a salinidad, adaptabilidad a suelos calcáreos, árboles pequeños y una alta cosecha sostenible en el tiempo (Schaffer y Whiley, 2002).

Según Forner y Forner (2010), los paltos en su conjunto, pueden ser considerados como especies sensibles a la salinidad; sin embargo, existen importantes diferencias entre las distintas razas y patrones; teniendo en cuenta que los paltos cultivados se componen habitualmente del patrón y de la variedad injertada, la respuesta de los árboles a la salinidad depende del comportamiento individual de cada una de las partes, así como de las posibles interacciones injerto/patrón que se puedan producir; sin embargo, sostiene que el componente del árbol más importante es el patrón y de ahí que la elección del patrón adecuado sea trascendental para obtener el mayor rendimiento posible del cultivo, tanto en condiciones salinas como en otras circunstancias.

Eaton (1966) y Bernstein (1965), coinciden con Forner y Forner (2010). y señalan que el palto es una de las especies frutales más sensibles al exceso de sales, especialmente en cloruros y sodio, que gradualmente se acumulan en el suelo y son absorbidos por la planta.

Fenn (1968), señala que una alta concentración de cloruros en las hojas de palto, crea una creciente presión osmótica, que restringe el movimiento de agua en las células, lo que

produce una deshidratación y un desorden en la actividad metabólica, que hacen que se presenten los síntomas característicos.

Diversos autores señalan los límites máximos de tolerancia a la salinidad del suelo para el cultivo de palto; Ramírez *et al.*, (2010) y Huamán (2017); indica una conductividad eléctrica menor a 3.00 dS.m^{-1} y menos que 6% de sodio intercambiable. Mientras que Ataucusi (2015), sostiene que el palto puede alcanzar hasta un 100% de su potencial productivo en suelos de hasta 1.30 dS.m^{-1} en el suelo; si el suelo tiene una conductividad eléctrica de 2.50 dS.m^{-1} se estima que el cultivo solo puede alcanzar hasta un 75% de todo su potencial productivo, es decir, se espera un 25% menos de rendimiento. Razeto (1976) y Colonia (2013), indican como nivel máximo permisible para cultivar paltos es de 2.00 dS.m^{-1} en extracto de pasta saturada.

Gardiazabal (2004) y Flores (2016), coinciden en que es necesario tener muy en cuenta la tolerancia del palto a la salinidad, ya que se ha demostrado que suelos con una conductividad eléctrica del orden de 2.00 dS.m^{-1} provocan una pérdida de cosecha del 10%, y que la tolerancia a los cloruros es variable según la raza a la que pertenezca el cultivar, ya que los paltos de raza mexicana tienen una tolerancia de 5 meq/L, mientras que en los antillanos esta tolerancia llega hasta los 8 meq/L.

Muñoz *et al.*, (2017) estudio el efecto de la conductividad eléctrica del agua de riego (3.08 , 4.75 y 6.53 dS.m^{-1}) sobre dos portainjertos de aguacate (Topa - Topa y Maoz), los resultados muestran para la mayoría de parámetros evaluados una variación significativa en la respuesta de los dos portainjertos frente a la CE del agua del riego; el portainjerto Topa – Topa presentó mayor altura de planta y diámetro de tallo en el testigo, sin embargo, disminuyó considerablemente conforme se incrementó la salinidad en relación al portainjerto Maoz.

Embleton (1966), señala que hay una consistente evidencia que indica que generalmente los portainjertos de la raza antillana son más tolerantes a condiciones de alta concentración de cloruros en el suelo que los portainjertos de la raza guatemalteca, y estos más tolerantes que los de la raza mexicana. Señalan que esta tolerancia está asociada con una baja acumulación de cloruros en las hojas y una menor necrosis en las hojas.

Schaffer y Whiley (2002), reiteran que los portainjertos y plantas de los cultivares de la raza mexicana son considerados los más sensibles a la condición salina, los portainjertos y plantas de la raza guatemalteca son intermedios y los de la raza antillana los más tolerantes a la condición salina.

Cooper (1966), reportó que la concentración de sodio en las hojas de un cultivar de raza mexicana sobre portainjerto de la misma raza, era más alta que del cultivar de raza antillana sobre diversos portainjertos de la misma raza.

2.9. CONCENTRACIONES DE CLORUROS Y SODIO EN TEJIDOS

Hass (1952), reportó que hojas normales de palto no contenían más de 0.32% de cloruros mientras que hojas con síntomas no tenían menos de 0.54%. Posteriormente, demostró que las acumulaciones de cloruros en raíces y ramas de palto, eran mucho menor que en las hojas.

Cooper (1966) y Hass (1950), observaron que las hojas normales contenían de 0.07 a 0.23% de cloruros mientras que aquellas con síntomas contenían de 0.22 a 1.48%. Mientras que Ayers, Aldrich y Coony (1951), reportaron que las hojas maduras sin síntomas no tenían más de 1/3 a 1/10 de lámina afectada, contenían de 0.57 a 1% de cloruros. Según Kadman (1964) generalmente hay una buena correlación entre la cantidad de cloruros en las hojas y el grado de lámina afectada.

Embleton (1966), en la guía tentativa de diagnóstico nutricional en análisis foliar de palto, no sugiere niveles deficientes ni adecuados, solo indica que un exceso se produce con más de 0.25% de cloruros. Ayers (1953), propone, mediante análisis foliar y observaciones de síntomas en huertos, que un exceso de sodio, se encuentra con más de 0.25 a 0.50% de sodio. Kadman (1964), señala que con 1% de sodio se presentan daños en las hojas de palto. Sin embargo, Embleton (1966) y D. Jones (1983), determinaron que estos daños se producen en hojas con niveles superiores a 0.25% de sodio y cloruros.

2.10. CONCENTRACIONES DE CLORUROS Y SODIO EN EL EXTRACTO DE SATURACIÓN

La raza mexicana tolera hasta 140 ppm (4 meq/l) de cloruro en el extracto de saturación del suelo (Alarcón, 1999); sin embargo Ayers y Westcot (1987) plantean como límite 177 ppm (5 meq/l) y Galán (1990) señala como límite un valor de 213 ppm (6 meq/l). La raza guatemalteca tolera, según Ayers y Westcot (1987), concentraciones cercanas a las 213 ppm (6 meq/l) de cloruro y de acuerdo a lo planteado por Galán (1990), concentraciones de 370 ppm (10.5 meq/l) de cloruros en la pasta saturada del suelo. Con respecto a la tolerancia de la raza antillana, Ayers y Westcot (1987) señalan una concentración de 283 ppm (8 meq/l) de cloruros en el extracto de saturación del suelo como nivel de tolerancia.

Díaz *et al.*, (1984), ensayaron con cinco niveles de NaCl en el agua de riego (0.000, 0.175, 0.351, 0.526, 0.701 y 0.877 g/L) equivalentes a 0.535, 0.765, 1.05, 1.35, 1.7 y 2.0 dS.m⁻¹ de CE a 25 °C en plántulas de dos variedades de paltos designados como Antillano 1 y Antillano 2; las plántulas fueron trasplantadas cinco semanas después de la emergencia a macetas de 12 litros conteniendo un suelo de textura franca, cuando las plantas alcanzaron una altura de 15 cm comenzaron a aplicarse los tratamientos; a lo largo de la experiencia tomaron muestras de suelo y hojas para seguir la evolución de la composición del suelo, así como los niveles de Cl⁻ y Na⁺ en los tejidos foliares. A los cinco meses después de aplicación de tratamientos se determinaron el peso y la altura de las plantas y concluyen en base a las variaciones de contenidos de sodio y cloruro foliar, peso y altura de planta una mayor tolerancia el Antillano 2 en relación a Antillano 1.

Castro *et al.*, (2015), investigaron el efecto del riego con agua salina en plantas de la variedad Hass injertadas sobre UCV7 (una nueva selección de portainjertos clonal de raza Antillana), junto a otros portainjertos de actual uso en Chile, como el tradicional de semilla Nabal (raza Guatemalteca) y el clonal Duke 7 (raza Mexicana), que fueron sometidas a riego con tres concentraciones de NaCl: 0.66 mM (testigo con concentración salina en el agua común); 6 mM y 12 mM. Los portainjertos presentaron distintas estrategias frente a este estrés: Duke 7 (raza Mexicana) aumentó el crecimiento vegetativo y también la absorción de nutrientes, lo que provocó mayor daño foliar (mayor área dañada) por Cl⁻ y Na⁺; tanto Nabal (raza Guatemalteca) como UCV7 (raza Antillana) no traslocaron Na⁺ a la parte aérea, lo que los haría más tolerantes y UCV7 presentó la menor área foliar dañada frente a condiciones de

alta salinidad en el agua de riego, lo que es una notable ventaja en comparación con los resultados obtenidos en Nabal.

2.11. VALORES DE ALGUNOS IONES EN EL SUELO

Richards (1954), encontró que los suelos normales presentan un total de cationes inferior a 20 meq/L y que este valor debe ser igual al total de aniones en el extracto de saturación. Además señala que la adsorción de sodio debe ser inferior a 4 meq/L. El mismo autor encontró que los suelos salinos presentan un total de iones superior a 200 meq/L repartidos en cationes y aniones en iguales proporciones

Los suelos sódicos no salinos presentan un total de iones bajo y una relación de adsorción de sodio superior a 15 meq/L a diferencia de los suelos sódico salinos que presentan un alto contenido de iones y una alta relación de adsorción de sodio (Richards, 1954).

2.12. CLASIFICACIÓN DE AGUAS DE RIEGO

Richards (1954) presenta una clasificación de las aguas de riego, en base a la conductividad eléctrica y a su concentración o peligrosidad de sodio presente.

Conductividad eléctrica (CE):

- **Agua de baja salinidad (C1):** se puede usar en cualquier tipo de suelo con muy poca probabilidad de que desarrolle salinidad. Su conductividad eléctrica corresponde a valores menores de $0.25 \text{ dS}\cdot\text{m}^{-1}$.
- **Agua de salinidad media (C2):** se debe emplear usando ciertas precauciones. Corresponde a valores entre 0.25 y $0.75 \text{ dS}\cdot\text{m}^{-1}$.
- **Agua altamente salina (C3):** se debe usar en suelos de buen drenaje y con características especiales de manejo. Su conductividad eléctrica oscila entre 0.75 y $2.25 \text{ dS}\cdot\text{m}^{-1}$.
- **Agua muy altamente salina (C4):** se debe emplear solo con precauciones muy especiales. Su conductividad eléctrica va de valores sobre $2.25 \text{ dS}\cdot\text{m}^{-1}$.

Concentración de Sodio:

- **Agua bajo en sodio (S1):** su uso no presenta riesgos. Su relación de adsorción de sodio es menor a 10.
- **Agua media en sodio (S2):** se debe usar solo en suelos de textura gruesa y de buena permeabilidad. . Su relación de adsorción de sodio esta entre 10 a 18.
- **Agua alta en sodio (S3):** deben de usarse mejoradores químicos, pues puede producir niveles tóxicos. Su relación de adsorción de sodio esta entre 18 a 26.
- **Agua muy alta en sodio (S4):** es inadecuada para riego, excepto si su salinidad es baja. Su relación de adsorción de sodio es mayor a 26.

2.13. FLUCTUACIONES ESTACIONALES EN EL NIVEL DE CLORUROS EN HOJAS

Embleton y sus colaboradores (1966), indican que aunque son posibles las excepciones, parece ser una regla general que el cloruro se acumula en los tejidos de las plantas, a medida que aumentan su edad; esto es claramente visible en las hojas y se puede aplicar a todos los tejidos.

Estos investigadores determinaron que las hojas de palto muestran un aumento consistente en las concentraciones de cloruros desde junio hasta octubre o noviembre, en el Hemisferio Norte; que también nos muestra que la concentración de cloruros fue bastante inferior en años de alta pluviometría.

2.14. MOVIMIENTOS DE CLORUROS DE TEJIDOS ADULTOS A TEJIDOS NUEVOS

Puesto que el cloruros se acumula en los tejidos de las plantas con el aumento de su edad, es razonable creer que las hojas jóvenes, pueden a menudo contener menos que la concentración optima en un estado de desarrollo de la planta, cuando las hojas más maduras pueden tener ya acumulado niveles toxicos de este elemento (Eaton, 1966).

No se ha encontrado mucha evidencia del movimiento de cloruros de tejidos adultos a tejidos nuevos; solo Wooley *et al.*, (1966), usando cloro marcado en cultivo de tomate estimo que solamente el 21% del cloruro de las hojas antiguas fueron subsecuentemente traslocadas a tejidos nuevos.

2.15. INTERRELACIONES ENTRE ELEMENTOS

Embleton y Jones (1966), observaron que un aumento en el nitrógeno reduce levemente la concentración de magnesio en hojas maduras del cultivar fuerte. Además, un incremento en la cantidad de fósforo, aumenta la concentración de nitrógeno, magnesio y cloruros, y reduce el potasio en las hojas. Según los mismos autores, un aumento en la cantidad de potasio, reduce las concentraciones de cloruros y calcio en hojas maduras de palto.

El K^+ es uno de los principales solutos empleados para el ajuste osmótico en células vacuoladas o poco vacuoladas. Cumple funciones de importancia a nivel celular, como la regulación del balance de cargas en el citoplasma, activación de ciertos procesos enzimáticos y una sustancial contribución al potencial osmótico celular. Debido a que la estructura fisicoquímica del K^+ y Na^+ son similares, la competición de este último por sitios de absorción, transporte y de unión en el citoplasma puede resultar en una deficiencia de potasio a nivel foliar, situación que no ocurrió en este experimento porque los niveles de potasio permanecieron en los intervalos normales. Uno de los mecanismos que poseen las plantas para contrarrestar los efectos del estrés por salinidad, corresponde al incremento de la relación K^+/Na^+ en los tejidos (Yeo, 1998).

Chapman (1966), encontró que cuando el Ca^{+2} era el catión dominante en las raíces, el potencial negativo era bajo y se acumulaba más Cl^- cuando el Na^+ era el ión dominante. Existen en la literatura numerosas ilustraciones que muestran que las acumulaciones de cloruros disminuyen cuando aumentan las concentraciones de los iones nitrato o sulfato en el sustrato (Eaton, 1966).

Castro *et al.*, (2015), detectó que en los tratamientos que recibieron una mayor concentración de NaCl adicionada a través del riego hubo incremento de los niveles de K^+ foliar y disminución de este elemento en las raíces. Según Greenway y Munns (1980) y Maathuis y Amtmann (1999), uno de los mecanismos de tolerancia a la salinidad desarrollado por

plantas no halófitas es la selectividad del K^+ por sobre el Na^+ cuando se produce la movilización de estos elementos desde el xilema hacia el floema, lo que favorecería el incremento de la relación K^+/Na^+ a nivel de órganos vegetativos.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. UBICACIÓN

El presente experimento fue conducido en la Estación Experimental La Molina (CELM) perteneciente al Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA), ubicado en el distrito de La Molina, Provincia y Departamento de Lima, ubicado geográficamente a una altitud de 241 m.s.n.m., latitud Sur 12° 04' 36" y longitud Oeste 76° 56' 43"; durante los meses de Agosto del 2015 a Mayo del 2016.

3.2. CARACTERÍSTICAS DEL SUSTRATO

El sustrato utilizado constó de la mezcla de arena, humus y musgo en una relación 2:1:1, el cual fue analizado en el Laboratorio de análisis de suelos, aguas y plantas de la Universidad Nacional Agraria La Molina.

Para fines del experimento los sustratos tuvieron las siguientes características químicas registradas en el Anexo 1, resaltando la CE:

Sustrato 1 = 5.32 dS.m⁻¹, considerado como 5.00 dS.m⁻¹ (moderadamente salino).

Sustrato 2 = 3.60 dS.m⁻¹, considerado como 3.00 dS.m⁻¹ (ligeramente salino).

Sustrato 3 = 1.26 dS.m⁻¹, considerado como 1.00 dS.m⁻¹ (muy ligeramente salino).

Cabe mencionar que al finalizar el experimento se realizó un nuevo análisis de los mismos sustratos mencionados líneas arriba, cuyas características químicas finales están registradas en el Anexo 2; los sustratos tuvieron variaciones para todas las características químicas, que en la mayoría de los casos fueron inferiores a las iniciales, probablemente por los riegos que tuvieron un efecto de lavado sobre los sustratos.

Sustrato 1 = 5.32 dS.m⁻¹, al final del experimento fue 2.84 dS.m⁻¹.

Sustrato 2 = 3.60 dS.m⁻¹, al final del experimento fue 2.54 dS.m⁻¹.

Sustrato 3 = 1.26 dS.m⁻¹, al final del experimento fue 1.77 dS.m⁻¹.

3.3. CARACTERÍSTICAS DEL AGUA DE RIEGO

El agua con el que se regó se clasificó por la conductividad eléctrica como medio (C2) el cual indica que plantas sensibles pueden mostrar estrés salino y por la relación de adsorción de sodio como bajo (S1) el cual indica que dicha agua puede usarse para el riego de casi todos los suelos sin peligro de destrucción de la estructura (Anexo 3).

3.4. CARACTERÍSTICAS DEL MATERIAL VEGETAL

Se utilizó semillas de cuatro variedades de portainjertos de palto, de las cuales se detalla las principales características:

- **Zutano:** fue originada en 1926 por W.L. Truitt en Fallbrook California. Es una de las variedades con más resistencia al frío (-3.3 °C). La fruta es de color verde claro, piriforme, de cascara delgada; el tamaño va desde 10 a 13 cm de largo, con un peso promedio de 200 - 400 gr. Esta fruta no presenta mucha demanda, posee una maduración muy rápida después de cosechada. El hábito de crecimiento del árbol es erecto, por lo que se puede utilizar en cortinas cortavientos. Es un excelente productor y es precoz en la entrada en producción. La semilla es mediana a grande con cerca de un 65% de aprovechamiento de la pulpa. De calidad mala a mediocre, con textura acuosa y sabor pobre. En California está muy extendido como polinizador de Hass y en España también se ha utilizado como cortavientos (Romero, 2015). Es un híbrido de la raza Antillana que se adapta muy bien a climas subtropicales, como portainjerto es vigoroso, presenta tolerancia a la salinidad pero es sensible a encharcamientos o suelos con mal drenaje.
- **Duke 7:** proviene de un patrón de semilla mexicana, es un patrón vigoroso con buena tolerancia al frío, produce precozmente, induce una menor vecería en Hass que otros patrones. No se recomienda utilizarlo en suelos poco aireados o cuando se presenten problemas de salinidad.
- **Verónica:** variedad originada en la Estación Experimental Agrícola de La Molina del cruce de la raza guatemalteca y raza mexicana. El fruto tiene cierto parecido a la “Nabal”, es ovoide, pequeño, de 225 a 300 gramos en promedio. La cascara es de color verde oscuro, ligeramente áspera, gruesa, leñosa, granular. Madura en la Molina de Junio a Julio. La calidad es buena, la semilla es de tamaño mediano. Las plantas son vigorosas

aunque de tamaño pequeño, lo cual indicaría la conveniencia de plantar un número mayor de árboles por hectárea (Franciosi, *et al.* 1969).

- **Israel:** variedad originada en la Estación Experimental Agrícola de La Molina.

Para la práctica del injerto se utilizó yemas de los cultivares Hass y Fuerte:

- **Hass:** es el principal cultivar comercial en el mundo, resultado del cruce de progenitores desconocidos (pero más cercanos al guatemalteco), fue lograda en el Estado de California en los Estados Unidos, por Rudolph G. Hass. Su floración corresponde al Tipo “A” (Teliz y Mora, 2007). La planta es medianamente vigorosa, produciendo cosechas comparativamente altas en años alternos. Tiene una menor tolerancia relativa a la concentración de sales. Su fruto de 170 g a 350 g, es una pulpa cremosa de sabor excelente, sin fibra, contenido de aceite de 23,7%, cáscara algo coriácea, rugosa, color púrpura oscuro al madurar, semilla pequeña y adherida a la cavidad, el grado de conservación y de resistencia al transporte es excelente (Rimache, 2007). Los cultivares modernos, casi en su mayoría proviene de la combinación de dos y a veces de las tres razas del aguacate; en el caso del “Hass” cuenta entre un 10% a 15% de genes de raza Mexicana y el resto de raza guatemalteca. La raza mexicana le da una menor adaptación a climas más templados, por lo que le confiere la posibilidad de ubicarse en una gran amplitud de altitudes. La “Hass” es una variedad adaptada a las condiciones ecológicas de la costa y la selva alta del país. En la costa central se cosecha en noviembre a diciembre; en la selva, en épocas más tempranas (MINAGRI - DGPA, 2015)
- **Fuerte:** es una variedad híbrido resultado del cruce de un progenitor de la raza guatemalteca y otro mexicano. Se originó en Puebla - México. De acuerdo a su comportamiento en la floración, corresponde al Tipo “B”. El árbol muestra buen vigor, a menudo algo compacto y porte medio. Cultivar bastante plantado en diversos lugares, en el Perú viene siendo reemplazada por otras variedades con menos problemas de producción. El fruto es piriforme, de tamaño mediano, con 300 g a 400 g de peso en promedio. La cáscara es ligeramente áspera al tacto, medianamente gruesa de color verde y consistencia carnosa. Tiene una producción alternada, habiendo años en que las cosechas son muy bajas. Cuando las condiciones para la polinización no son buenas, una gran parte de la cosecha puede consistir en frutos sin semillas, de forma alargada, de 2

cm. a 6 cm. de largo (llamados dedos) además cuando la temperatura durante la floración es extrema (muy baja o alta) la polinización y cuajado pueden ser muy pobres. Tiene un regular comportamiento al transporte y almacenamiento para cubrir distancias relativamente grandes. En condiciones de la Costa peruana no es una variedad recomendable (al nivel del mar); en la sierra o en la selva alta (de 700 a 1 800 m.s.n.m.) se comporta muy bien, con buenas cosechas. En la costa central del Perú el período de cosecha se extiende desde mayo hasta agosto; en otras áreas, las condiciones ambientales permiten tener frutas en épocas diferentes. Su producción está orientada básicamente al mercado interno (MINAGRI - DGPA, 2015).

3.5. CARACTERÍSTICAS DEL CAMPO EXPERIMENTAL

El experimento fue instalado con una distribución aleatoria de los tratamientos en cada bloque (Anexo 4) y las bolsas de sustrato fueron colocadas sobre mesas de cemento en el vivero del CELM – INIA.

- N° de tratamientos:	24
- N° de unidades experimentales:	96
- Número de bloques:	4
- N° de bolsas por unidad experimental:	2
- N° de bolsas por bloque:	48
- N° total de bolsas:	192

3.6. OTROS MATERIALES

De vivero: Bolsas de polietileno, cuchilla de injertar, mochila pulverizadora y otras herramientas; pesticidas, carteles, libreta de campo, bolsas de papel Kraft, balanza, etc.

De laboratorio: Balanza de precisión, agua desionizada y destilada, bolsas de papel Kraft, plumones de tinta indeleble y demás instrumentos, equipos, materiales e insumos del Laboratorio de análisis de suelos, aguas y plantas de la Universidad Nacional Agraria La Molina.

3.7. METODOLOGIA

El manejo y conducción del experimento fue similar al de un vivero comercial diferenciándose solo en los tratamientos aplicados.

3.7.1. FACTORES EN ESTUDIO

1. Niveles de salinidad del sustrato (S):

- $S_1 =$ Sustrato de 5.00 dS.m^{-1}
- $S_2 =$ Sustrato de 3.00 dS.m^{-1}
- $S_3 =$ Sustrato de 1.00 dS.m^{-1}

2. Portainjertos de palto (P):

- $P_1 =$ Zutano
- $P_2 =$ Duke 7
- $P_3 =$ Verónica
- $P_4 =$ Israel

3. Injertos (I):

- $I_1 =$ Hass
- $I_2 =$ Fuerte

3.7.2. TRATAMIENTOS

De las combinaciones de los factores en estudio resultaron los siguientes tratamientos (Tabla 5).

Tabla 5. Combinación de tratamientos.

Trat.	Identificación	Descripción
T1	S1P1I1	Sustrato de 5.00 dS/m - Portainjerto Zutano - Injerto Hass
T2	S1P1I2	Sustrato de 5.00 dS/m - Portainjerto Zutano - Injerto Fuerte
T3	S1P2I1	Sustrato de 5.00 dS/m - Portainjerto Duke 7 - Injerto Hass
T4	S1P2I2	Sustrato de 5.00 dS/m - Portainjerto Duke 7 - Injerto Fuerte
T5	S1P3I1	Sustrato de 5.00 dS/m - Portainjerto Verónica - Injerto Hass
T6	S1P3I2	Sustrato de 5.00 dS/m - Portainjerto Verónica - Injerto Fuerte
T7	S1P4I1	Sustrato de 5.00 dS/m - Portainjerto Israel - Injerto Hass
T8	S1P4I2	Sustrato de 5.00 dS/m - Portainjerto Israel - Injerto Fuerte
T9	S2P1I1	Sustrato de 3.00 dS/m - Portainjerto Zutano - Injerto Hass
T10	S2P1I2	Sustrato de 3.00 dS/m - Portainjerto Zutano - Injerto Fuerte
T11	S2P2I1	Sustrato de 3.00 dS/m - Portainjerto Duke 7 - Injerto Hass
T12	S2P2I2	Sustrato de 3.00 dS/m - Portainjerto Duke 7 - Injerto Fuerte
T13	S2P3I1	Sustrato de 3.00 dS/m - Portainjerto Verónica - Injerto Hass
T14	S2P3I2	Sustrato de 3.00 dS/m - Portainjerto Verónica - Injerto Fuerte
T15	S2P4I1	Sustrato de 3.00 dS/m - Portainjerto Israel - Injerto Hass
T16	S2P4I2	Sustrato de 3.00 dS/m - Portainjerto Israel - Injerto Fuerte
T17	S3P1I1	Sustrato de 1.00 dS/m - Portainjerto Zutano - Injerto Hass
T18	S3P1I2	Sustrato de 1.00 dS/m - Portainjerto Zutano - Injerto Fuerte
T19	S3P2I1	Sustrato de 1.00 dS/m - Portainjerto Duke 7 - Injerto Hass
T20	S3P2I2	Sustrato de 1.00 dS/m - Portainjerto Duke 7 - Injerto Fuerte
T21	S3P3I1	Sustrato de 1.00 dS/m - Portainjerto Verónica - Injerto Hass
T22	S3P3I2	Sustrato de 1.00 dS/m - Portainjerto Verónica - Injerto Fuerte
T23	S3P4I1	Sustrato de 1.00 dS/m - Portainjerto Israel - Injerto Hass
T24	S3P4I2	Sustrato de 1.00 dS/m - Portainjerto Israel - Injerto Fuerte

3.7.3. DISEÑO EXPERIMENTAL

Se utilizó el Diseño de Bloques Completos al Azar (DBCA) en arreglo factorial de 3S x 4P x 2I, con veinticuatro tratamientos y cuatro bloques. Empleando la prueba de Tukey, con un nivel de 5% de probabilidad los promedios fueron comparados.

3.7.4. INSTALACIÓN DEL EXPERIMENTO

a. Adquisición y germinación de las semillas de los portainjertos de palto

Las cuatro variedades de portainjertos de palto fueron proporcionadas por el Centro Experimental La Molina (CELM) – INIA; que demostró gran interés por la ejecución del presente experimento.

Las semillas debidamente identificadas por variedad (100 semillas por cada portainjerto) fueron escarificadas, luego fueron desinfectadas con un fungicida a una dosis de 10 g en 5 litros de agua, posterior a ello fueron sumergidas por 15 minutos en una solución de ácido giberélico con la finalidad de acelerar el proceso de germinación. Por último, se sembró las semillas en arena en camas almacigueras y se cubrió con una capa de humus, y se esperó que germine.

b. Preparación, llenado y lavado del sustrato

Se mezcló arena, humus y musgo en una proporción 2:1:1. Se procedió a llenar las bolsas con 7 kilogramos de dicho sustrato. Para la aplicación del factor en estudio niveles de salinidad del sustrato se aplicó distintos volúmenes de agua para obtener las conductividades eléctricas requeridas para el experimento, el sustrato 1 no se lavó, el sustrato 2 se lavó con un volumen equivalente a la capacidad de campo más el 50% de dicho volumen y por último el sustrato 3 se lavó con el doble del volumen equivalente a la capacidad de campo.

c. Muestreo del sustrato después del lavado

Después de lavar el sustrato se dejó en reposo por un periodo de 7 días para lograr un equilibrio y estabilización del mismo; posteriormente, se realizó un muestreo con un sacabocado, por tanto se obtuvo 3 muestras, una de cada sustrato las cuales fueron analizadas en el laboratorio; con lo que se obtuvo conductividades eléctricas en promedios de 5, 3 y 1 dS.m⁻¹ respectivamente (Anexo 1), como punto de partida para la instalación del experimento.

d. Preparación de las unidades experimentales y trasplante de los portainjertos de palto

Antes del trasplante se desinfectó el sustrato por cada bolsa, se le añadió un volumen de 400 ml de solución fungicida. Luego, de las camas almacigueras se extrajo las distintas variedades de portainjertos con variaciones de tamaño entre 5 a 10 cm de altura y fueron sumergidas en una solución enraizante. Después de la preparación de los portainjertos se sembró las cuatro variedades en cada tratamiento correspondiente. Después del trasplante, se agregó 200 g de humus como capa superficial y se aplicó 300 ml de agua por cada bolsa, con la finalidad de estabilizar la materia orgánica.

e. Injerto

Después de 3 meses del trasplante, se injerto cada portainjerto con el cultivar de injerto correspondiente Hass o Fuerte según la distribución de los tratamientos.

f. Labores culturales

Las labores de riego, control de malezas, plagas y enfermedades se realizó de acuerdo al grado de incidencia de éstas y a las necesidades del cultivo.

3.7.5. CARACTERÍSTICAS EVALUADAS

Se evaluaron las siguientes características:

a. Altura de planta

Las evaluaciones se realizaron al final del experimento, para lo cual se midió con un centímetro desde el cuello de planta hasta el ápice todas las plantas de cada unidad experimental y se expresó en centímetros (cm).

b. Diámetro de tallo del patrón

Al finalizar el experimento se midió con un vernier, 3 cm debajo de la unión injerto – patrón todas las plantas de cada unidad experimental y se expresó en milímetros (mm).

c. Materia seca aérea

Después de seccionar en partes cada planta, se sometió a secado a estufa a 70 °C todos los órganos seccionados hasta peso constante. Para materia seca aérea se consideró la suma de los pesos secos del tallo del portainjerto, tallo del injerto y hojas del injerto y se expresó en gramos/planta.

d. Materia seca de raíces

Después de seccionar en partes cada planta, se sometió a secado a estufa a 70 °C todos los órganos seccionados hasta peso constante. Para materia seca de raíces se consideró solo el peso seco de la raíz y se expresó en gramos/planta.

e. Materia seca total

Después de seccionar en partes cada planta, se somete a secado a estufa a 70 °C todos los órganos seccionados hasta peso constante. Para materia seca total se consideró la suma de los pesos secos del tallo del portainjerto, tallo del injerto, hojas del portainjerto y hojas del injerto y se expresó en gramos/planta.

f. Concentración de sodio en hojas del portainjerto, hojas del injerto y raices

Con las muestras secas y previamente molidas de manera independiente se analizó la concentración de sodio en laboratorio mediante digestión húmeda y posteriormente se determinó la concentración por absorción atómica y el resultado se expresó en %.

g. Concentración de cloruros en hojas del portainjerto, hojas del injerto y raices

Con las muestras secas y previamente molidas de manera independiente se analizó la concentración de cloruros en laboratorio mediante titulación con nitrato de plata y el resultado se expresó en %.

h. Daño foliar

Para estimar el daño foliar por toxicidad de sales, al finalizar el experimento cada unidad experimental compuesta por 2 plantas, se caracterizó según la siguiente escala visual de daño foliar:

Tabla 6. Área foliar dañada.

Descripción	Área dañada de la hoja (%)
Sin daño	0
Muy leve	1 - 10
Leve	11 - 20
Moderado	21 - 30
Severo	> 30

IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES

4.1. ALTURA DE PLANTA (cm)

Para altura de planta, el análisis de variancia mostró diferencias significativas para niveles de salinidad del sustrato (S), variedades de portainjertos (P) y para la interacción de variedades de portainjertos por cultivares de injertos (P*I) (Tabla 7). Según Calzada (1970), cuando resulta significativa la interacción de los factores en estudio, entonces el interés de la investigación se centra en la interacción y no en los factores principales.

Al realizar el análisis de variancia de efectos simples para la interacción P*I, mostró diferencias altamente significativas para variedades de portainjertos cuando el injerto Hass es constante (P en I1) y para cultivares de injertos cuando el portainjerto Verónica es constante (I en P3) (Tabla 8).

Para la interacción de cultivares de injertos en variedades de portainjertos, el injerto Hass (I1) presentó mayor respuesta con el portainjerto Verónica (P3), que fue estadísticamente diferente a cuando el injerto Fuerte fue injertado sobre el mismo portainjerto. Asimismo para la interacción de variedades de portainjertos en cultivares de injertos, el portainjerto Verónica (P3) presentó mayor respuesta con el injerto Hass (I1), que fue estadísticamente diferente a los portainjertos Zutano (P1), Duke 7 (P2) e Israel (P4) cuando fueron injertadas con el mismo injerto. Entonces, la interacción del portainjerto Verónica con el injerto Hass (P3*I1) alcanzó mayor altura de planta con un promedio de 61.71 cm (Tabla 8a y 8b).

Los paltos cultivados se componen habitualmente del portainjerto y del cultivar injertado, la respuesta de los árboles a la salinidad depende del comportamiento individual de cada una de las partes, así como de las posibles interacciones portainjerto/injerto que se puedan producir (Forner y Forner, 2010), lo último se ve reflejado en los resultados anteriores, ya que la interacción que resultó mejor al obtener mayor altura de planta en relación a las demás fue el portainjerto Verónica con el injerto Hass.

Tabla 7. Análisis de variancia para altura de planta (cm).

Fuente de Variación	g.l	SC	CM
Bloques	3	304.27	101.42
S	2	558.56	279.28 *
P	3	669.27	223.09 *
I	1	110.51	110.51
S*P	6	78.67	13.11
S*I	2	74.08	37.04
P*I	3	589.84	196.61 *
S*P*I	6	174.44	29.07
Error	69	4734.98	68.62
Total	95	7294.63	
C.V (%) = 15.87		Promedio general = 52.19	

* Significación al 5% de probabilidad

** Significación al 1% de probabilidad

Tabla 8. Análisis de variancia de efectos simples en la interacción de variedades de portainjertos y cultivares de injertos (P*I) para altura de planta (cm).

Fuente de Variación	g.l	SC	CM
P en I1	3	1152.47	384.16 **
P en I2	3	106.64	35.55
I en P1	1	6.51	6.51
I en P2	1	15.04	15.04
I en P3	1	666.76	666.76 **
I en P4	1	12.04	12.04
Error	69	4734.98	68.62

* Significación al 5% de probabilidad

** Significación al 1% de probabilidad

Tabla 8a. Interacción de cultivares de injertos en variedades de portainjertos para altura de planta (cm).

	I1	I2
P1	49.71 a	48.67 a
P2	50.63 a	52.21 a
P3	61.71 a	51.17 b
P4	51.00 a	52.42 a

Comparación en forma horizontal

Tabla 8b. Interacción de variedades de portainjertos en cultivares de injertos para altura de planta (cm).

	P1	P2	P3	P4
I1	49.71 b	50.63 b	61.71 a	51.00 b
I2	48.67 a	52.21 a	51.17 a	52.42 a

Comparación en forma horizontal

En la tabla 9, se presenta la altura promedio de las plantas, crecidas desde el momento del trasplante hasta el día en que se cortó para determinar la materia seca, cuyas tendencias se aprecian en la figura 2, de los cuales se puede afirmar que, la altura de planta difiere entre las variedades de portainjertos – injertos y la salinidad del sustrato, esta evidencia guarda relación a los trabajos de Greif (1959), Pearson (1959); Stein (1969), Richards (1980) y Mendoza (1993), quienes encontraron diferencias significativas de respuestas entre variedades en diferentes niveles de salinidad para los cultivos de alfalfa, arroz, algodón, cebada y vid. Según García y Jáuregui (2008), la salinidad es uno de los principales factores abióticos que limitan la productividad agrícola, debida a que la inmensa mayoría de las plantas cultivadas son sensibles a esta condición; siendo el efecto más común sobre las plantas la reducción del crecimiento y desarrollo debido a una disminución del potencial osmótico del medio y, en consecuencia, de su potencial hídrico; la toxicidad iónica normalmente es asociada con la absorción excesiva de sodio y de cloruros y un desequilibrio nutricional debido a la interferencia de los iones salinos con la absorción de los nutrientes esenciales que requiere la planta; guardando similitud con Núñez *et al.*, (2007); quien sostiene que uno de los primeros efectos fisiológicos que provoca el estrés salino en las

plantas es la reducción del crecimiento debido a una disminución en la capacidad de absorción de agua de éstas; por lo que este se convierte en un buen indicador para evaluar la capacidad de algunos productos de proteger a las plantas contra este tipo de estrés.

Tabla 9. Altura promedio (cm) de variedades de portainjertos y cultivares de injertos de palto en niveles de salinidad del sustrato.

Combinación (portainjertos - injertos)	Salinidad del sustrato (dS.m ⁻¹)			Promedio
	1.00	3.00	5.00	
Zutano - Hass	51.10	50.80	47.30	49.73
Zutano - Fuerte	49.50	48.80	47.80	48.70
Duke 7 - Hass	53.00	50.00	48.90	50.63
Duke 7 - Fuerte	57.30	51.30	48.10	52.23
Verónica - Hass	62.60	63.90	58.60	61.70
Verónica - Fuerte	56.90	51.00	45.60	51.17
Israel - Hass	54.50	53.60	44.90	51.00
Israel - Fuerte	55.90	49.00	52.40	52.43
Promedio	55.10	52.30	49.20	52.20

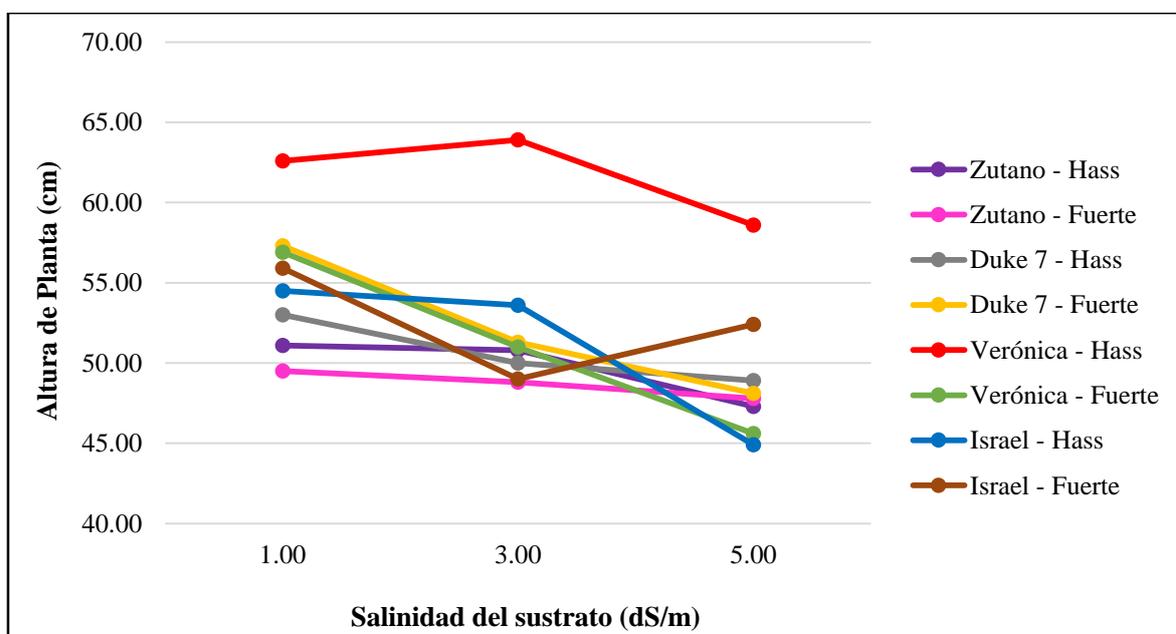


Figura 2. Efecto de la salinidad del sustrato sobre la altura promedio (cm) de variedades de portainjertos y cultivares de injertos de palto.

Como se ha encontrado que la altura de planta disminuye en su respuesta conforme se incrementa la salinidad del sustrato, este comportamiento permitiría generalizar que el nivel de tolerancia del palto es alrededor de hasta $3.00 \text{ dS}\cdot\text{m}^{-1}$ de salinidad (S2), alcanzando un promedio de 52.28 cm de altura (Anexo 5); que coinciden con los límites máximos de tolerancia a la salinidad del suelo encontrados por Ramírez *et al.*, (2010) y Huamán (2017), quienes señalan que es hasta $3.00 \text{ dS}\cdot\text{m}^{-1}$ de conductividad eléctrica en extracto de pasta saturada. Al respecto, diversos autores han indicado que la respuesta general de las plantas en condiciones de salinidad corresponde a una disminución en el crecimiento vegetativo y reproductivo, debido a la interferencia en el funcionamiento metabólico (Kozlowski, 1997). Sin embargo, es posible que a ciertos niveles de sales en el agua de riego se activen mecanismos de adaptación como el crecimiento vegetativo rápido que permite diluir la concentración de sales en los tejidos (Flowers *et al.*, 1988).

Mediante el ordenamiento de los promedios y su prueba de Tukey correspondiente para variedades de portainjertos, se observa que Verónica (P3), Israel (P4) y Duke 7 (P2) son las variedades que más resisten al efecto nocivo de las sales del sustrato con promedios de 56.44, 51.71 y 51.42 cm de altura (Anexo 6); es así, que Forner y Forner (2010), asevera que el tamaño final del árbol estará condicionado por el patrón (tradicionalmente se han considerado los patrones que dan lugar a árboles vigorosos y de gran tamaño como patrones excelentes) y que existen importantes diferencias entre las distintas razas y patrones, siendo el componente del árbol más importante el patrón y de ahí que la elección del mismo es trascendental para obtener el mayor rendimiento posible del cultivo, tanto en condiciones salinas como en otras circunstancias.

4.2. DIÁMETRO DE TALLO DEL PORTAINJERTO (mm)

Para diámetro de tallo del portainjerto, el análisis de variancia manifestó que no existió diferencia significativa para la interacción de los factores en estudio; pero si existió diferencias altamente significativas para variedades de portainjertos (P) (Tabla 10).

Al realizar la prueba de comparaciones de medias de Tukey al cinco por ciento de probabilidad; se determinó que los portainjertos Verónica (P3), Duke 7 (P2) e Israel (P4) resultaron estadísticamente diferentes al portainjerto Zutano (P1) con promedios de 7.48, 7.20 y 7.10 mm respectivamente (Tabla 11). En Verónica, el diámetro del tallo fue 1.21 mm

más gruesa que en Zutano, lo que indica que es más tolerante a las condiciones salinas del sustrato ya que también alcanzó mayor altura al igual que mayor diámetro de tallo haciéndola más vigorosa como portainjerto.

Tabla 10. Análisis de variancia para diámetro de tallo del portainjerto (mm).

Fuente de Variación	g.l	SC	CM
Bloques	3	2.81	0.94
S	2	1.68	0.84
P	3	19.39	6.46 **
I	1	0.77	0.77
S*P	6	2.49	0.42
S*I	2	0.70	0.35
P*I	3	2.80	0.93
S*P*I	6	0.88	0.15
Error	69	29.22	0.42
Total	95	60.74	
C.V (%) = 9.26		Promedio general = 7.00	

* Significación al 5% de probabilidad

** Significación al 1% de probabilidad

Tabla 11. Prueba de Tukey al 5% de probabilidad para diámetro de tallo del portainjerto (mm), variedades de portainjertos en promedio de niveles de salinidad del sustrato y cultivares de injertos.

	Variedades de Portainjertos	Diámetro de tallo del portainjerto (mm)	Agrupación
1	Verónica (P3)	7.48	a
2	Duke 7 (P2)	7.20	a
3	Israel (P4)	7.08	a
4	Zutano (P1)	6.27	b

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p \leq 0,05$)

El diámetro promedio del tallo, se presenta en la tabla 12, cuyas tendencias se observan en la figura 3, en términos generales, para la mayoría de variedades el diámetro del tallo disminuyó conforme se incrementó la salinidad del sustrato acentuándose el mayor efecto al nivel de 3.00 dS.m⁻¹ (S2) y 5.00 dS.m⁻¹ (S1) de conductividad eléctrica; esta tendencia de la

respuesta, guarda relación con lo investigado por Muñoz *et al.*, (2017), quienes encontraron la misma tendencia de decremento del diámetro del tallo conforme aumentaba la salinidad.

Tabla 12. Diámetro promedio del tallo de variedades de portainjertos y cultivares de injertos de palto en niveles de salinidad del sustrato.

Variedades de Palto (portainjerto - injerto)	Salinidad del Sustrato (dS/m)			Promedio
	1.00	3.00	5.00	
Zutano - Hass	6.86	6.09	6.54	6.50
Zutano - Fuerte	6.54	6.00	5.60	6.05
Duke 7 - Hass	7.28	6.78	7.19	7.08
Duke 7 - Fuerte	7.11	7.18	7.66	7.32
Verónica - Hass	7.48	7.45	7.41	7.45
Verónica - Fuerte	7.46	7.68	7.41	7.52
Israel - Hass	7.69	7.00	7.40	7.36
Israel - Fuerte	7.03	6.71	6.63	6.79
Promedio	7.18	6.86	6.98	7.01

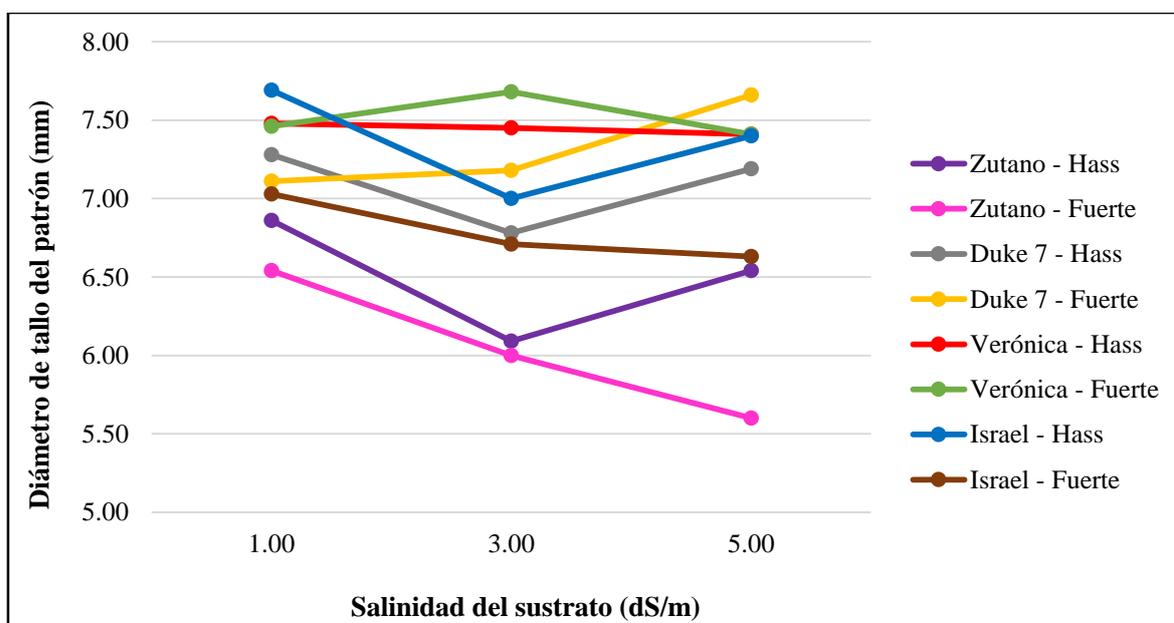


Figura 3. Efecto de la salinidad del sustrato sobre el diámetro promedio del tallo (mm) de variedades de portainjertos y cultivares de injertos de palto.

4.3. MATERIA SECA DE MATERIAL VEGETAL AÉREO (gramos/planta)

Para materia seca de material vegetal aéreo, el análisis de variancia mostró diferencias altamente significativas para niveles de salinidad del sustrato (S), variedades de portainjertos (P) y cultivares de injertos (I); sin embargo no presentó diferencias significativas para la interacción de los factores en estudio (Tabla 13).

Al realizar la prueba de comparaciones de medias de Tukey al cinco por ciento de probabilidad; se determinó para niveles de salinidad que el sustrato de 1.00 dS.m⁻¹ (S3) resulto estadísticamente similar al sustrato de 3.00 dS.m⁻¹ (S2), pero estadísticamente diferente al sustrato de 5.00 dS.m⁻¹ (S1) con un promedio de 11.85 gramos/planta (Tabla 14); para variedades de portainjertos, Verónica (P3) y Duke 7 (P2) resultaron estadísticamente diferentes a los portainjertos Israel (P4) y Zutano (P1), con promedios de 12.21 y 11.10 gramos/planta respectivamente (Tabla 15) y por último para cultivares de injertos, Hass (I1) resulto estadísticamente superior al injerto Fuerte (I2) con un promedio de 11.23 gramos/planta (Tabla 16).

Tabla 13. Análisis de variancia de materia seca para material vegetal aéreo (gramos/planta).

Fuente de Variación	g.l	SC	CM	
Bloques	3	75.86	25.29	**
S	2	123.77	61.89	**
P	3	159.18	53.06	**
I	1	58.59	58.59	**
S*P	6	20.98	3.50	
S*I	2	0.81	0.41	
P*I	3	25.64	8.55	
S*P*I	6	19.27	3.21	
Error	69	382.14	5.54	
Total	95	866.24		
C.V (%) = 22.52		Promedio general = 10.45		

* Significación al 5% de probabilidad

** Significación al 1% de probabilidad

Tabla 14. Prueba de Tukey al 5% de probabilidad para materia seca de material vegetal aéreo (gramos/planta), niveles de salinidad del sustrato en promedio de variedades de portainjertos y cultivares de injertos.

	Niveles de salinidad del sustrato (dS.m ⁻¹)	Materia seca de material vegetal aéreo (gramos/planta)	Agrupación
1	1.00 (S3)	11.85	a
2	3.00 (S2)	10.43	ab
3	5.00 (S1)	9.06	b

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p \leq 0,05$)

Tabla 15. Prueba de Tukey al 5% de probabilidad para materia seca de material vegetal aéreo (gramos/planta), variedades de portainjertos en promedio de niveles de salinidad del sustrato y cultivares de injertos.

	Variedades de Portainjertos	Materia seca de material vegetal aéreo (gramos/planta)	Agrupación
1	Verónica (P3)	12.21	a
2	Duke 7 (P2)	11.10	a
3	Israel (P4)	9.54	b
4	Zutano (P1)	8.94	b

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p \leq 0,05$)

Tabla 16. Prueba de Tukey al 5% de probabilidad para materia seca de material vegetal aéreo (gramos/planta), cultivares de injertos en promedio de niveles de salinidad del sustrato y variedades de portainjertos.

	Cultivares de Injertos	Materia seca de material vegetal aéreo (gramos/planta)	Agrupación
1	Hass (I1)	11.23	a
2	Fuerte (I2)	9.67	b

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p \leq 0,05$)

La materia seca promedio de material vegetal aéreo se presenta en la tabla 17, cuyas tendencias se observan en la figura 4, en términos generales, para todas las combinaciones de portainjertos - injertos el valor de materia seca producida disminuyó conforme se incrementó el nivel de salinidad del sustrato acentuándose el mayor efecto al nivel de 5.00 dS.m⁻¹ (S1) de conductividad eléctrica; esta tendencia de la respuesta, guarda relación con las aseveraciones de diferentes autores como Pearson (1959), Khalil *et al.*, (1967), Salazar (1973), Gill (1979), Mackenzie *et al.*, (1983) y Keck *et al.*, (1984).

Analizando por variedades de portainjertos, estos difieren en su tolerancia entre variedades, como lo reportado para los cultivos de algodónero, arroz y vid, referidos por Richards (1980), Greif (1959) y Mendoza (1993); siendo el portainjerto más afectado en relación al menos afectado, Zutano con una reducción de casi 27%. La acumulación de materia seca se usa ampliamente como una medida de crecimiento de la planta, porque refleja un balance entre la producción total de fotoasimilados y la respiración. Según Shani y Ben – Gal (2005), su reducción como consecuencia de la salinidad están asociadas con disminuciones equivalentes en la absorción de agua debidas a un efecto osmótico, ya que la materia seca aérea declinó por cada incremento de 1.00 dS.m⁻¹ en la solución del suelo.

La menor acumulación de materia seca observada en los tratamientos salinos pudiera atribuirse al efecto osmótico que resulta de la elevada concentración de sales disueltas que disminuyen el potencial osmótico de la solución y consecuentemente la disponibilidad del agua para la planta (Willadino y Cámara, 2004; Tadeo y Gómez – Cadenas, 2008). Cuanto mayor es la concentración salina del agua del suelo, mayor es la presión osmótica que las plantas han de superar y puede llegar un momento en que la absorción de agua se detiene; por esta razón los síntomas de salinidad coinciden con los de sequía y esto explica la aparente paradoja de que las plantas experimentan sequía en tierras con abundancia de agua salina (Pizarro, 1987). El déficit hídrico inducido por la salinidad restringe el crecimiento y ocasiona una menor tasa de división y elongación celular, así como disminución de la asimilación de CO₂ (Pio *et al.*, 2001).

Asimismo, Pizarro (1987), sostiene que la absorción de agua del suelo por las raíces de las plantas exige a éstas un esfuerzo mayor cuanto más alta sea la salinidad de la solución del suelo, en efecto las raíces se comportan como membranas semipermeables que separan dos soluciones de distinta concentración salina, y por tanto de distinto potencial osmótico: en el

exterior el agua del suelo y en el interior la del xilema; el agua tendría tendencia a atravesar las raíces en el sentido de igualar ambas concentraciones, es decir, a salir de la planta; por tanto, para absorber agua del suelo, la planta debe vencer esa tendencia mediante un esfuerzo adicional.

Los resultados del ensayo aquí reportado son comparables con los señalados por Pio *et al.*, (2001), quienes encontraron que la materia seca de cinco portainjertos de vid disminuyó proporcionalmente con los niveles de salinidad y los reportados por Ojeda y Pire (2011), quienes encontraron que en condiciones de alta salinidad el crecimiento de portainjertos de vid fue sólo un tercio de su crecimiento potencial, la biomasa aérea en 64% y la radical en 58%.

Tabla 17. Materia seca promedio de material vegetal aéreo (gramos/planta) de variedades de portainjertos y cultivares de injertos de palto en niveles de salinidad del sustrato.

Combinaciones (portainjertos - injertos)	Salinidad del sustrato (dS.m ⁻¹)			Promedio
	1.00	3.00	5.00	
Zutano - Hass	10.50	10.25	9.75	10.17
Zutano - Fuerte	8.38	7.88	6.88	7.71
Duke 7 - Hass	12.25	11.63	9.75	11.21
Duke 7 - Fuerte	12.38	10.80	9.75	10.98
Verónica - Hass	15.88	11.88	10.25	12.67
Verónica - Fuerte	12.88	11.75	10.63	11.75
Israel - Hass	12.25	10.63	9.75	10.88
Israel - Fuerte	10.25	8.63	5.75	8.21
Promedio	11.85	10.43	9.06	10.45

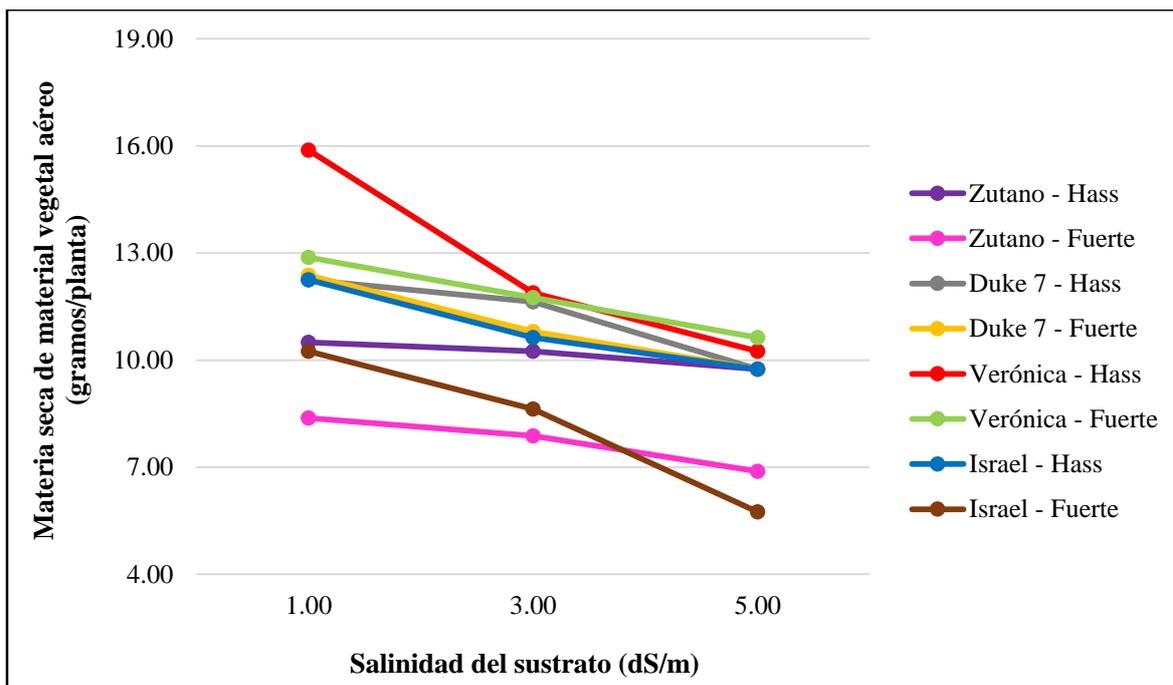


Figura 4. Efecto de la salinidad del sustrato sobre la materia seca promedio (gramos/planta) de variedades de portainjertos y cultivares de injertos de palto.

4.4. MATERIA SECA DE RAICES (gramos/planta)

Para materia seca de raíces, el análisis de variancia indicó que no existieron diferencias significativas para la interacción de los factores en estudio; pero si existió diferencias altamente significativas para niveles de salinidad del sustrato (S) y variedades de portainjertos (P) (Tabla 18).

Al realizar la prueba de comparaciones de medias de Tukey al cinco por ciento de probabilidad; se determinó para niveles de salinidad, que el sustrato de 1.00 dS.m⁻¹ (S3) resulto estadísticamente similar al sustrato de 3.00 dS.m⁻¹ (S2), con promedios de 7.06 y 6.62 gramos/planta respectivamente; pero estadísticamente diferentes al sustrato de 5.00 dS.m⁻¹ (S1) que obtuvo un promedio de 5.73 gramos/planta (Tabla 19); y para variedades de portainjertos se determinó que Duke 7 (P2) e Israel (P4) resultaron estadísticamente superiores a Zutano (P1) con promedios de 7.63 y 6.90 gramos/planta respectivamente (Tabla 20).

La materia seca de raíces del portainjerto Duke 7 (P2) fue estadísticamente similar al de Israel (P4), al igual que Israel (P4) a Verónica (P3); mientras que el portainjerto más afectado

en relación al menos afectado fue Zutano (P1) con una reducción del 34%. En general, el comportamiento de la materia seca radical fue similar a la de la parte aérea.

Tabla 18. Análisis de variancia para materia seca de raíces (gramos/planta).

Fuente de Variación	g.l	SC	CM
Bloques	3	24.33	8.11 *
S	2	29.27	14.63 **
P	3	86.27	28.76 **
I	1	6.34	6.34
S*P	6	5.08	0.85
S*I	2	3.88	1.94
P*I	3	10.13	3.38
S*P*I	6	6.37	1.06
Error	69	146.21	2.12
Total	95	317.87	
C.V (%) = 22.49		Promedio general = 6.47	

* Significación al 5% de probabilidad

** Significación al 1% de probabilidad

Tabla 19. Prueba de Tukey al 5% de probabilidad para materia seca de raíces (gramos/planta), niveles de salinidad del sustrato en promedio de variedades de portainjertos y cultivares de injertos.

	Niveles de salinidad del sustrato (dS.m ⁻¹)	Materia seca de raíces (gramos/planta)	Agrupación
1	1.00 (S3)	7.06	a
2	3.00 (S2)	6.62	a
3	5.00 (S1)	5.73	b

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p \leq 0,05$)

Tabla 20. Prueba de Tukey al 5% de probabilidad para materia seca de raíces (gramos/planta), variedades de portainjertos en promedio de niveles de salinidad del sustrato y cultivares de injertos.

	Variedades de Portainjertos	Materia seca de raíces (gramos/planta)	Agrupación
1	Duke 7 (P2)	7.63	a
2	Israel (P4)	6.90	ab
3	Verónica (P3)	6.33	b
4	Zutano (P1)	5.03	c

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p \leq 0,05$)

La materia seca de raíces estuvo influenciado por los niveles de salinidad del sustrato ya que conforme se incrementó la conductividad eléctrica, esta variable disminuyó como se describe en la Tabla 21, cuyas tendencias se observan en la figura 5, con diferencias significativas a partir del rango de 3.00 a 5.00 $\text{dS}\cdot\text{m}^{-1}$. La disminución de la materia seca de raíces del tratamiento más salino (S1 - sustrato de 5.00 $\text{dS}\cdot\text{m}^{-1}$) en comparación con el menos salino (S3 - sustrato de 1.00 $\text{dS}\cdot\text{m}^{-1}$), fue en promedio de 18.84%.

Tabla 21. Materia seca promedio de raíces (gramos/planta) de variedades de portainjertos y cultivares de injertos de palto en niveles de salinidad del sustrato.

Combinaciones (portainjertos - injertos)	Salinidad del sustrato ($\text{dS}\cdot\text{m}^{-1}$)			Promedio
	1.00	3.00	5.00	
Zutano - Hass	6.00	4.75	5.13	5.29
Zutano - Fuerte	4.88	5.00	3.63	4.50
Duke 7 - Hass	8.00	7.50	6.63	7.38
Duke 7 - Fuerte	8.38	8.25	7.00	7.88
Verónica - Hass	8.00	6.75	5.38	6.71
Verónica - Fuerte	6.63	6.25	5.00	5.96
Israel - Hass	7.75	7.38	7.50	7.54
Israel - Fuerte	6.88	6.25	5.63	6.25
Promedio	7.07	6.52	5.74	6.44

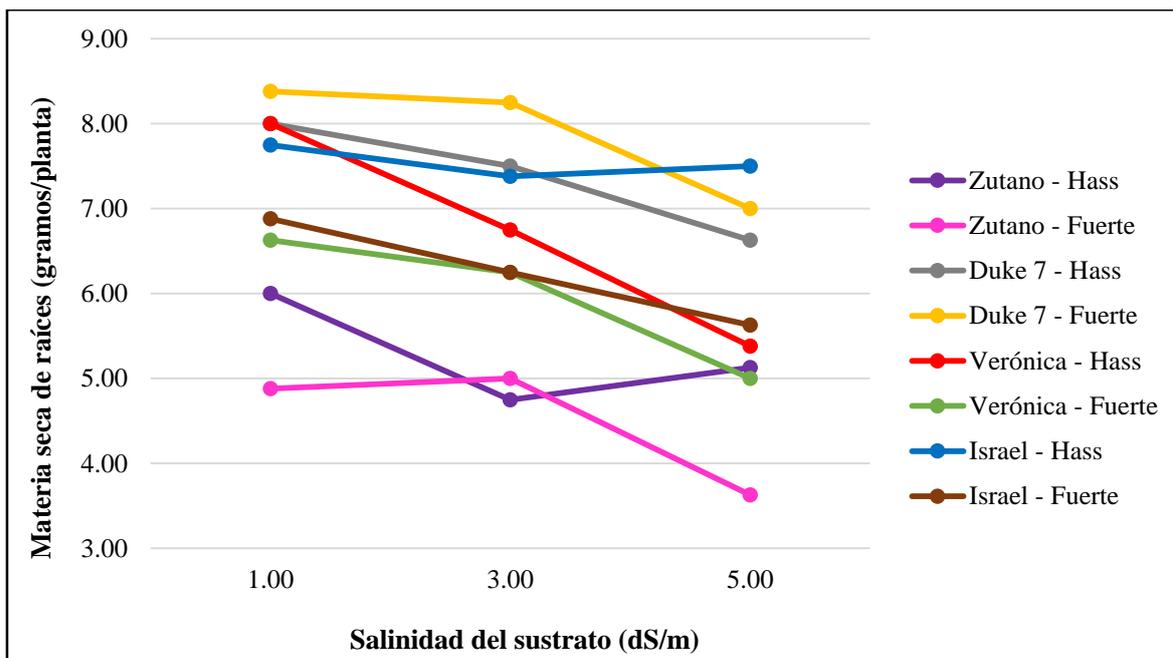


Figura 5. Efecto de la salinidad del sustrato sobre la materia seca promedio de raíces (gramos/planta) de variedades de portainjertos y cultivares de injertos de palto.

4.5. MATERIA SECA TOTAL (gramos/planta)

Para materia seca total del material vegetal, el análisis de variancia mostró que no existieron diferencias significativas para la interacción de los factores en estudio, pero si existieron diferencias altamente significativas para niveles de salinidad del sustrato (S), variedades de portainjertos (P) y cultivares de injertos (I) (Tabla 22).

Al realizar la prueba de comparaciones de medias de Tukey al cinco por ciento de probabilidad; se determinó para niveles de salinidad, que el sustrato de 1.00 dS.m⁻¹ (S3) resulto estadísticamente similar al sustrato de 3.00 dS.m⁻¹ (S2), con promedios de 21.02 y 19.37 gramos/planta respectivamente; pero estadísticamente diferentes al sustrato de 5.00 dS.m⁻¹ (S1) que obtuvo un promedio de 17.11 gramos/planta (Tabla 23); y para variedades de portainjertos se determinó que Duke 7 (P2) e Israel (P4) resultaron estadísticamente superiores a Zutano (P1) con promedios de 21.88 y 19.77 gramos/planta respectivamente (Tabla 24); y para cultivares de injertos, la variedad Hass (I1) resulto estadísticamente superior al injerto Fuerte (I2) con un promedio de 20.28 gramos/planta (Tabla 25).

Tabla 22. Análisis de variancia para materia seca total (gramos/planta).

Fuente de Variación	g.l	SC	CM	
Bloques	3	229.94	76.65	**
S	2	246.15	123.08	**
P	3	433.20	144.40	**
I	1	119.64	119.64	**
S*P	6	38.10	6.35	
S*I	2	22.34	11.17	
P*I	3	69.38	23.13	
S*P*I	6	60.19	10.03	
Error	69	906.36	13.14	
Total	95	2125.30		
C.V (%) = 18.92		Promedio general = 19.16		

* Significación al 5% de probabilidad

** Significación al 1% de probabilidad

Tabla 23. Prueba de Tukey al 5% de probabilidad para materia seca total (gramos/planta), niveles de salinidad del sustrato en promedio de variedades de portainjertos y cultivares de injertos.

	Niveles de salinidad del sustrato (dS.m ⁻¹)	Materia seca total (gramos/planta)	Agrupación
1	1.00 (S3)	21.02	a
2	3.00 (S2)	19.37	a
3	5.00 (S1)	17.11	b

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p \leq 0,05$)

Tabla 24. Prueba de Tukey al 5% de probabilidad para materia seca total (gramos/planta), variedades de portainjertos en promedio de niveles de salinidad del sustrato y cultivares de injertos.

	Variedades de Portainjertos	Materia seca total (gramos/planta)	Agrupación
1	Duke 7 (P2)	21.88	a
2	Verónica (P3)	19.77	ab
3	Israel (P4)	19.06	b
4	Zutano (P1)	15.95	c

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p \leq 0,05$)

Tabla 25. Prueba de Tukey al 5% de probabilidad para materia seca total (gramos/planta), variedades de portainjertos en promedio de niveles de salinidad del sustrato y cultivares de injertos.

	Cultivares de Injertos	Materia seca total (gramos/planta)	Agrupación
1	Hass (I1)	20.28	a
2	Fuerte (I2)	18.05	b

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p \leq 0,05$)

La materia seca promedio, se presenta en la tabla 26, cuyas tendencias se observan en la figura 6, en términos generales, para todas las variedades el valor de materia seca producida disminuyó conforme se incrementó el nivel de salinidad del sustrato acentuándose el mayor efecto al nivel de 5.00 dS.m⁻¹ (S1) de conductividad eléctrica; esta tendencia de la respuesta, guarda relación con la aseveración de Mendoza (1993) quien encontró en vid que la materia seca total disminuía a medida que se incrementaba la salinidad del suelo; sin embargo, Saldaña *et al.*, (2017), solo registro diferencias significativas a nivel de cada órgano de la planta.

Según Martínez *et al.*, (2011); la salinidad origina reducción del crecimiento de los cultivos, ya que retarda el crecimiento de las plantas a través de su influencia sobre varios procesos fisiológicos como la fotosíntesis, conductancia estomática, ajuste osmótico, absorción de iones, síntesis de proteínas, síntesis de ácidos nucleicos, actividad enzimática y balance hormonal; además, puede afectar el proceso de transporte de iones, lo que promueve toxicidad iónica y desbalance nutricional; en consecuencia, las variables de crecimiento vegetativo tales como: masa seca, altura de planta y área foliar, entre otras, son severamente afectadas por la presencia de sales.

Es así, que en el trabajo de Karakas *et al.*, (2016) se encontró que el peso seco se reduce cuanto mayor concentración de NaCl, y particularmente en el peso de frutos se reduce de manera importante (cerca de un 90%). Por otro lado, Coca *et al.*, (2012) obtuvieron una tendencia muy similar en cebollas de bulbo, donde a partir de cincuenta y un después del trasplante, la mayor acumulación de materia seca en el total de la planta se obtiene en las muestras que no estaban sometidas a NaCl, y la menor acumulación de materia seca en las muestras sometidas a la mayor concentración de NaCl.

Tabla 26. Materia seca promedio (gramos/planta) de variedades de portainjertos y cultivares de injertos de palto en niveles de salinidad del sustrato.

Combinaciones (portainjertos - injertos)	Salinidad del sustrato (dS.m ⁻¹)			Promedio
	1.00	3.00	5.00	
Zutano - Hass	18.25	16.75	16.88	17.29
Zutano - Fuerte	14.88	16.46	12.50	14.61
Duke 7 - Hass	23.00	22.50	20.00	21.83
Duke 7 - Fuerte	24.25	22.00	19.50	21.92
Verónica - Hass	25.13	20.00	16.75	20.63
Verónica - Fuerte	20.50	19.25	17.00	18.92
Israel - Hass	23.13	20.00	21.00	21.38
Israel - Fuerte	19.00	18.00	13.25	16.75
Promedio	21.02	19.37	17.11	19.17

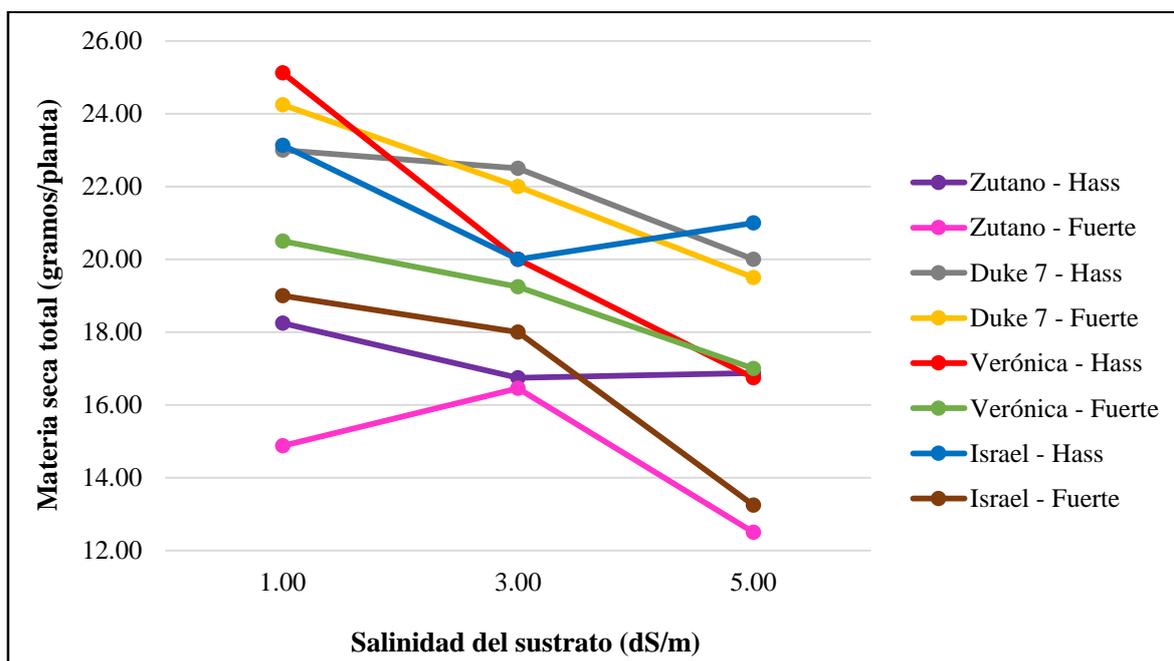


Figura 6. Efecto de la salinidad del sustrato sobre la materia seca promedio (gramos/planta) de variedades de portainjertos y cultivares de injertos de palto.

4.6. CONCENTRACIÓN DE SODIO EN HOJAS DEL PORTAINJERTO (%)

Para concentración de sodio en hojas del portainjerto, el análisis de variancia manifestó que no existieron diferencias significativas para niveles de salinidad del sustrato (S), variedades de portainjertos (P) y para la interacción de los factores en estudio (Tabla 27).

Tabla 27. Análisis de variancia para concentración de sodio en hojas del portainjerto (%).

Fuente de Variación	g.l	SC	CM
Bloques	3	0.02	0.01
S	2	0.01	0.01
P	3	0.01	0.00
S*P	6	0.00	0.00
Error	33	0.06	0.00
Total	47	0.10	

C.V (%) = 16.34 Promedio general = 0.27

* Significación al 5% de probabilidad

** Significación al 1% de probabilidad

La concentración foliar de sodio en las muestras tomadas a los tres meses después del trasplante, es decir, antes de la práctica del injerto, osciló en un rango que va de los 0.16% a 0.34%, con un promedio de 0.27%. En la tabla 28 se observa en general que, las concentraciones de sodio aumentaron conforme se incrementó la salinidad del sustrato, cuyas tendencias se aprecian en la figura 7, observándose que la acumulación máxima fue en el sustrato de 5.00 dS.m⁻¹ (S1) con promedios de 0.30, 0.30, 0.28 y 0.26% de sodio para el portainjerto Duke 7, Israel, Verónica y Zutano respectivamente. Schaffer y Whiley (2002), encontraron que los portainjertos de raza mexicana son considerados los más sensibles a la condición salina, los portainjertos de raza guatemalteca son intermedios y los de la raza antillana los más tolerantes a la condición salina; lo que coincide con lo encontrado en el presente ensayo donde el portainjerto Zutano (raza antillana) fue el que acumuló menos sodio en relación a las demás; mientras Verónica (raza guatemalteca) e Israel presentaron una acumulación de sodio intermedia y finalmente Duke 7 (raza mexicana) fue el que acumuló más sodio, sin embargo no existió diferencias estadísticas significativas entre ellos. Los resultados encontrados para concentración de sodio se asemejan a lo indicado por Ayers (1953) y Embleton (1953), quienes sostienen que se alcanzan niveles tóxicos en las hojas

cuando la concentración está en más de 0.25% a 0.50%; al igual que D. Jones (1983) quien determinó que los daños se producen en hojas con niveles superiores a 0.25%; sin embargo, Kadman (1964) asegura que aun con un 1% de sodio se presentan daños en las hojas; aunque según Pizarro (1987) algunos iones producen efectos tóxicos en las plantas, incluso en concentraciones muy inferiores a las necesarias para perjudicar a los cultivos vía efecto osmótico o vía dispersión de los coloides.

Tabla 28. Concentración de sodio promedio (%) en hojas de portainjertos de palto bajo niveles de salinidad del sustrato.

Variedades de portainjertos de palto	Salinidad del Sustrato (dS.m ⁻¹)			Promedio
	1.00	3.00	5.00	
Zutano	0.24	0.25	0.26	0.25
Duke 7	0.26	0.29	0.30	0.28
Verónica	0.26	0.27	0.28	0.27
Israel	0.24	0.27	0.30	0.27
Promedio	0.25	0.27	0.29	0.27

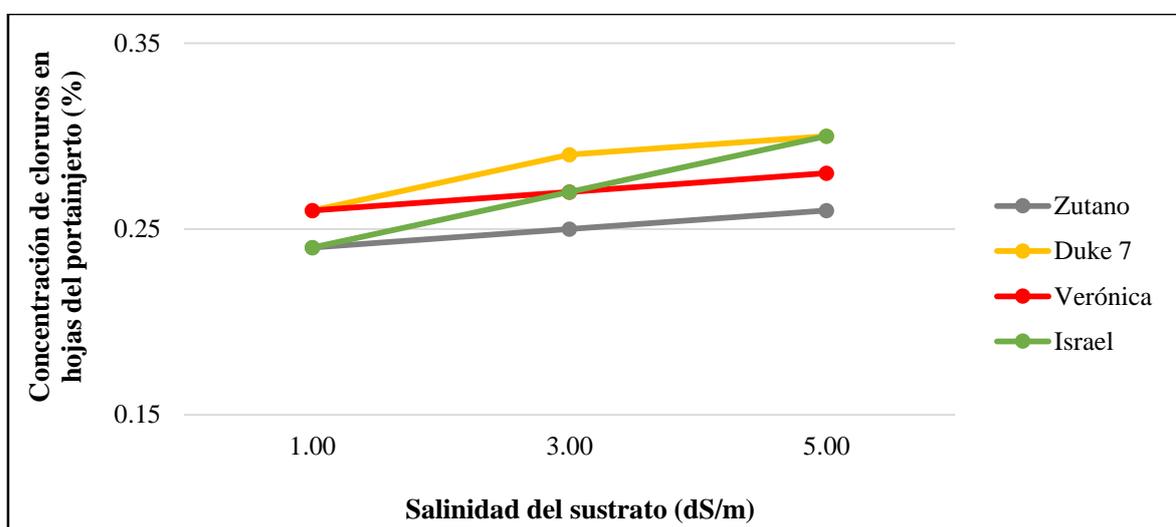


Figura 7. Efecto de la salinidad del sustrato sobre la concentración promedio de sodio (%) en hojas de portainjertos de palto.

Según Pizarro (1987), las plantas absorben sodio del suelo con el agua. A medida que el agua es transpirada el sodio se va concentrando en las hojas y cuando alcanza ciertas

concentraciones produce efectos tóxicos; asimismo, sostiene que los síntomas de toxicidad por sodio consisten en quemadura del tejido en los bordes exteriores de las hojas; a medida que el daño aumenta las quemaduras avanzan entre los nervios hacia el centro de la hoja; estos síntomas se observan antes en las hojas más antiguas ya que se requiere cierto tiempo antes de que la acumulación alcance proporciones de toxicidad, es así que el efecto tóxico del sodio no depende de la concentración absoluta de este catión en el suelo, sino de su proporción respecto al calcio; por tal razón la tolerancia de los cultivos se relaciona con el porcentaje de sodio intercambiable del suelo.

Si bien el contenido foliar de K^+ , no indicó diferencias significativas para niveles de salinidad del sustrato y variedades de portainjertos, el K^+ se encontraba dentro de los intervalos normales de este nutriente para paltos (0.90 a 2.00%) con un promedio de 1.90%. La concentración foliar de K^+ alcanzada por las plantas correspondientes al sustrato de 3.00 y 5.00 $dS\cdot m^{-1}$ fue mayor al del sustrato de 1.00 $dS\cdot m^{-1}$; asimismo, los portainjertos Duke 7 (P2) y Verónica (P3) concentraron más K^+ que Israel (P4) y Zutano (P1) descritas en el Anexo 7. Según Al – Yassin (2004), ciertos efectos adversos de la salinidad han sido atribuidos a deficiencias de K^+ , aunque en el caso de paltos no siempre se observa una reducción en la concentración de este catión en las plantas sometidas a estrés. En términos generales se detectó que en el sustrato de mayor salinidad hubo incremento de los niveles de K^+ foliar, según Greenway y Munns (1980) y Maathuis y Amtmann (1999), uno de los mecanismos de tolerancia a la salinidad desarrollado por plantas no halófitas es la selectividad del K^+ por sobre el Na^+ cuando se produce la movilización de estos elementos desde el xilema hacia el floema, lo que favorecería el incremento de la relación K^+/Na^+ a nivel de órganos vegetativos.

Las concentraciones foliares de Ca^{+2} , indicaron que no hubo diferencias significativas para niveles de salinidad del sustrato y variedades de portainjertos, sin embargo el Ca^{+2} se encontraba por debajo de los intervalos normales de este nutriente para paltos (1.20 a 2.00%) alcanzando solo un promedio de 0.67% a nivel foliar (Anexo 7), pero se incrementó en las raíces (1.16%). El Ca^{+2} contribuye a dar estructura a las membranas celulares, y su desplazamiento por Na^+ en plantas sometidas a estrés salino puede alterar la permeabilidad selectiva (Meloni *et al.*, 2018). Autores como Embleton y Jones (1966), sostienen que un aumento en la cantidad de K^+ , reduce las concentraciones de Cl^- y Ca^{+2} en hojas maduras de palto. Asimismo, Ben – Ya'acov y Michelson (1995), reportaron que los portainjertos

antillanos y guatemaltecos fueron capaces de absorber más nutrientes bajo condiciones de salinidad, principalmente Ca^{+2} , mientras que los portainjertos mexicanos reaccionaron absorbiendo más K^{+} ; situación que se vio reflejada en los resultados de esta investigación.

El contenido foliar de Mg^{+2} , no indicó diferencias significativas para niveles de salinidad del sustrato y variedades de portainjertos, el Mg^{+2} se encontró dentro de los intervalos normales de este nutriente para paltos (0.25 a 0.80%) con un promedio de 0.38% (Anexo 7). La salinidad del sustrato no redujo las concentraciones de Mg^{+2} en hojas del portainjerto, al igual que en las raíces (0.51%). El Mg^{+2} forma parte de la molécula de clorofila, y afecta el tamaño, estructura y funcionamiento de los cloroplastos, de esta manera una deficiencia de Mg^{+2} puede inhibir la fotosíntesis, contribuyendo a la inhibición del crecimiento.

4.7. CONCENTRACIÓN DE CLORUROS EN HOJAS DEL PORTAINJERTO (%)

Para concentración de cloruros en hojas del portainjerto, el análisis de variancia manifestó que no existieron diferencias significativas para variedades de portainjertos (P), variedades de injertos (I) y para la interacción de los factores en estudio, sin embargo si existieron diferencias significativas para niveles de salinidad del sustrato (S) (Tabla 29).

Al realizar la prueba de comparaciones de medias de Tukey al cinco por ciento de probabilidad; se determinó para niveles de salinidad, que el sustrato de 1.00 dS.m^{-1} (S3) resultó estadísticamente similar al sustrato de 3.00 dS.m^{-1} (S2), con promedios de 0.39 y 0.47% de cloruros respectivamente; pero el sustrato de 1.00 dS.m^{-1} (S3) fue estadísticamente diferente al sustrato de 5.00 dS.m^{-1} (S1) que obtuvo un promedio de 0.52% de cloruros (Tabla 30).

La concentración foliar de cloruros en las muestras tomadas a los tres meses después del trasplante, es decir, antes de la práctica del injerto, osciló en un rango que va de los 0.23% a 0.73%, con un promedio de 0.46%. En general, las concentraciones de cloruros se incrementaron conforme se incrementó la salinidad del sustrato, observándose que la acumulación máxima fue en el sustrato de 5.00 dS.m^{-1} (S1) con promedios de 0.60, 0.53, 0.53 y 0.40% de cloruros para el portainjerto Israel, Duke 7, Verónica y Zutano respectivamente, como se muestra en la tabla 31 y cuyas tendencias se aprecian en la figura 8.

Tabla 29. Análisis de variancia para concentración de cloruros en hojas del portainjerto (%).

Fuente de Variación	g.l	SC	CM
Bloques	3	0.01	0.00
S	2	0.12	0.06 **
P	3	0.09	0.03
S*P	6	0.04	0.01
Error	33	0.36	0.01
Total	47	0.62	
C.V (%) = 22.78		Promedio general = 0.46	

* Significación al 5% de probabilidad

** Significación al 1% de probabilidad

Tabla 30. Prueba de Tukey al 5% de probabilidad para concentración de cloruros en hojas del portainjertos (%), niveles de salinidad del sustrato en promedio de variedades de portainjertos.

	Niveles de salinidad del sustrato (dS.m ⁻¹)	Cloruros (%)	Agrupación
1	5.00 (S1)	0.52	a
2	3.00 (S2)	0.47	ab
3	1.00 (S3)	0.39	b

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p \leq 0,05$)

Los resultados encontrados para concentración de cloruros se asemejan a lo indicado por Pizarro (1987), quien sostiene que los niveles perjudiciales son del orden del 0.30 – 0.50% respecto a la hoja en peso seco; siendo similar a lo encontrado por García (2003) quien indica que para plantas muy sensibles los síntomas se presentan cuando las hojas acumulan entre 0.30 y 1.00 % de cloruros en base seca y la susceptibilidad varía entre especies y los síntomas aparecen a concentraciones diversas en el tejido. Fenn (1968), señala que una alta concentración de cloruros en las hojas de palto, crea una creciente presión osmótica, que restringe el movimiento de agua en las células, lo que produce una deshidratación y un desorden en la actividad metabólica, que hacen que se presenten los síntomas característicos.

Tabla 31. Concentración promedio de cloruros (%) en hojas de portainjertos de palto bajo niveles de salinidad del sustrato.

Variedades de portainjertos de palto	Salinidad del Sustrato (dS.m ⁻¹)			Promedio
	1.00	3.00	5.00	
Zutano	0.34	0.42	0.40	0.39
Duke 7	0.43	0.48	0.53	0.48
Verónica	0.43	0.47	0.53	0.48
Israel	0.38	0.50	0.60	0.49
Promedio	0.40	0.47	0.52	0.46

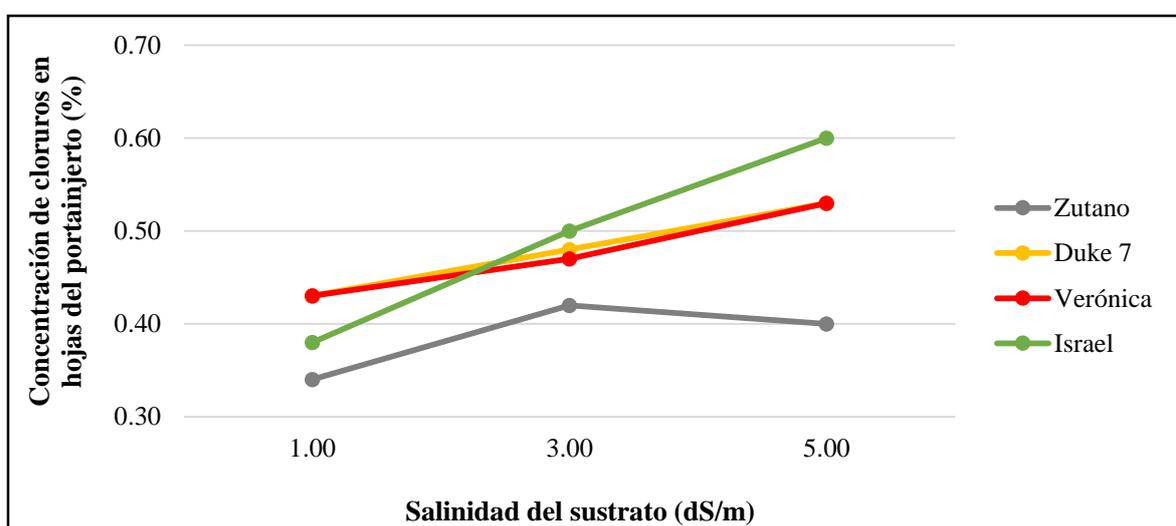


Figura 8. Efecto de la salinidad del sustrato sobre la concentración promedio de cloruros (%) en hojas de portainjertos de palto.

Los cloruros no son adsorbidos por el complejo de cambio, pero se encuentra disuelto en la solución del suelo, de donde puede ser absorbido por las raíces y conducido a las hojas, donde se puede acumular hasta niveles perjudiciales (Pizarro, 1987); asimismo, este ión se mueve libremente por la corriente transpiratoria hasta las hojas en donde se acumula y si la concentración de cloruros en ellas excede la tolerancia de la planta se presentan síntomas de toxicidad, los cuales incluyen quemaduras que se inician por los ápices de las hojas y se extiende a los largo de las márgenes a medida que la severidad de la toxicidad aumenta y en casos extremos se produce necrosis y defoliación (García, 2003), es por ello que la planta absorbe el cloruro que está en la solución del suelo y lo acumula en las hojas llegando a

concentraciones que pueden ser tóxicas especialmente en especies sensibles como es el caso del palto. Embleton y sus colaboradores (1966), indican que aunque son posibles las excepciones, parece ser una regla general que el cloruro se acumula en los tejidos de las plantas, a medida que aumentan su edad; esto es claramente visible en las hojas y se puede aplicar a todos los tejidos.

Eaton (1966) y Bernstein (1965), coinciden con Forner y Forner (2010) y señalan que el palto es una de las especies frutales más sensibles al exceso de sales, especialmente en cloruros y sodio, que gradualmente se acumulan en el suelo y son absorbidos por la planta. Sin embargo, Embleton (1966), sostiene que hay una consistente evidencia que indica que generalmente los portainjertos de la raza antillana son más tolerantes a condiciones de alta concentración de cloruros en el suelo que los portainjertos de la raza guatemalteca, y estos más tolerantes que los de la raza mexicana y señala que esta tolerancia está asociada con una baja acumulación de cloruros en las hojas y una menor necrosis en las hojas, coincidiendo con lo encontrado en el presente ensayo donde el portainjerto Zutano (raza antillana) tuvo la menor acumulación de cloruros, seguido del portainjerto Verónica (raza guatemalteca) y del portainjerto Duke 7 (raza Mexicana) conforme aumentaba la salinidad del sustrato. Schaffer y Whiley (2002), reiteran que los portainjertos de la raza mexicana son considerados los más sensibles a la condición salina, la raza guatemalteca son de tolerancia intermedia y los de la raza antillana los más tolerantes a la condición salina.

Como ya encontramos anteriormente, las concentraciones foliares de K^+ , fue mayor en las hojas que en la raíz, estos resultados sugieren la traslocación del K^+ desde las raíces hacia las hojas, contribuyendo al ajuste osmótico, o para compensar el incremento de la concentración de iones Cl^- en estos tejidos. La traslocación de K^+ ha sido demostrada en otros géneros como Brassica y Hordeum. Wolf y Jeschke (1987) también observaron la traslocación de K^+ desde hojas adultas hacia hojas jóvenes vía floema y la retraslocación de Na^+ hacia hojas jóvenes y adultas a través del xilema, en plantas de cebada sometidas a estrés salino. En cuanto al S foliar, no mostró diferencias significativas para niveles de salinidad del sustrato y variedades de portainjertos, el S se encontró dentro de los intervalos normales de este nutriente para paltos (0.20 a 0.60%) con un promedio de 0.39% (Anexo 7).

4.8. CONCENTRACIÓN DE SODIO EN RAICES (%)

Para concentración de sodio en raíces, el análisis de variancia expresó que no existieron diferencias significativas para la interacción de los factores en estudio; pero si existió diferencias altamente significativas para niveles de salinidad del sustrato (S) y variedades de portainjertos (P) (Tabla 32).

Al realizar la prueba de comparaciones de medias de Tukey al cinco por ciento de probabilidad; se determinó para niveles de salinidad del sustrato que el sustrato de 5.00 dS.m⁻¹ (S1) resulto estadísticamente diferente a los sustratos de 3.00 dS.m⁻¹ (S2) y 1.00 dS.m⁻¹ (S3) al obtener la menor concentración de sodio en raíces con un promedio de 0.41% (Tabla 33). Asimismo para variedades de portainjertos, el portainjerto Zutano (P1) resulto estadísticamente diferentes a Duke 7 (P2), Verónica (P3) e Israel (P4) al obtener la menor concentración de sodio en raíces con un promedio de 0.42% (Tabla 34).

Tabla 32. Análisis de variancia para concentración de sodio en raíces (%).

Fuente de Variación	g.l	SC	CM
Bloques	2	0.10	0.05 *
S	2	0.33	0.17 **
P	3	0.14	0.05 **
I	1	0.01	0.01
S*P	6	0.06	0.01
S*I	2	0.04	0.02
P*I	3	0.00	0.00
S*P*I	6	0.05	0.01
Error	46	0.48	0.01
Total	71	1.22	
C.V (%) = 20.00		Promedio general = 0.50	

* Significación al 5% de probabilidad

** Significación al 1% de probabilidad

Tabla 33. Prueba de Tukey al 5% de probabilidad para concentración de sodio en raíces (%), para niveles de salinidad del sustrato en promedio de variedades de portainjertos y cultivares de injertos.

	Niveles de salinidad del sustrato (dS.m ⁻¹)	Sodio (%)	Agrupación
1	1.00 (S3)	0.57	a
2	3.00 (S2)	0.51	a
3	5.00 (S1)	0.41	b

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p \leq 0,05$)

Tabla 34. Prueba de Tukey al 5% de probabilidad para concentración de sodio en raíces (%), para variedades de portainjertos en promedio de niveles de salinidad del sustrato y cultivares de injertos.

	Variedades de Portainjertos	Sodio (%)	Agrupación
1	Verónica (P3)	0.54	a
2	Duke 7 (P2)	0.52	a
3	Israel (P4)	0.50	a
4	Zutano (P1)	0.42	b

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p \leq 0,05$)

La concentración radical de sodio en las muestras tomadas a los nueve meses después del trasplante, es decir, al finalizar el experimento, osciló en un rango que va de los 0.28% a 0.75%, con un promedio de 0.50%. En las raíces el contenido de sodio fue mayor en los portainjertos Verónica (P3), Duke 7 (P2) e Israel (P4) sin diferencias estadísticas entre ellos; es de destacar que la concentración de sodio fue notablemente mayor en las raíces que en el follaje de los portainjertos; siendo Zutano (P1) que acumulo menos sodio en relación a las anteriores, comprobándose en ocasiones una traslocación impedida de las raíces a las hojas (Kadman, 1964), parece ser que en la mayor parte de los casos cuanto más impedida es la traslocación de sodio a las hojas más tolerante es la planta; sin embargo puede haber excepciones; ya que también encontró que algunos patrones mexicanos permitían la acumulación de cantidades considerables de sodio en las hojas.

En la tabla 35, en general se observó una disminución en la concentración de este elemento a nivel de raíces conforme se incrementó la salinidad del sustrato, cuyas tendencias se presentan en la figura 9, mientras el contenido de éste a nivel de hojas no presentó diferencias significativas. De acuerdo con Flowers y Yeo (1988), en plantas leñosas perennes (como los cítricos y uvas de mesa) el sodio es retenido en las raíces y tallos, quienes actúan como filtro y amortiguan el paso de sodio a la parte aérea, y es el cloruro el que se acumula en los brotes y es más dañino para la planta.

Los resultados muestran que a medida que la salinidad aumentó, las plantas de palto fueron menos tolerantes a ella conforme aumento la concentración de sodio en su parte aérea. En la salinidad de 1.00 dS.m⁻¹ (S3) y 3.00 dS.m⁻¹ (S2), la concentración de sodio en la raíz fue casi el doble que en las hojas del patrón y cincuenta veces más que en las hojas del injerto, lo cual se debió al menor transporte de sodio observado en dicho nivel de salinidad; mientras que en la salinidad de 5.00 dS.m⁻¹ (S1), la concentración de sodio en las raíces fue solo 1.4 veces más que en las hojas del patrón y veinte veces más que en las hojas del injerto (Anexo 8).

Según, Villa *et al.*, (2006), esto muestra que el mecanismo de control del transporte de sodio a la parte aérea de la planta funciona, ya que la planta concentró la mayor cantidad de sodio en sus raíces. Se ha reportado que un transporte reducido de sodio a la parte aérea de las plantas está asociado con una mayor tolerancia de éstas a la salinidad (Marschner, 1998; Wilson *et al.*, 2002). La tolerancia de las plantas a las sales está en función de la habilidad del sistema radical para excluir o limitar el transporte de iones tóxicos como sodio y cloruros a los tallos y hojas (Renault *et al.*, 2001; Singh *et al.*, 2003) y reestablecer su balance hídrico para que su crecimiento prosiga (Maurel y Chrispeels, 2001).

El contenido de K⁺ en las raíces fue 1.82% en promedio, siendo el sustrato de 1.00 y 3.00 dS.m⁻¹ que acumularon más K⁺ en relación al sustrato de 5.00 dS.m⁻¹ y los portainjertos Verónica e Israel acumularon más K⁺ que Zutano y Duke 7 con promedios de 1.96 y 1.95% respectivamente; con respecto a la concentración de Ca⁺² presente en las raíces, éste fue el doble que en las hojas de los portainjertos y fue Duke 7 quien concentró en mayor cantidad este elemento (1.26%); magnesio fue la mitad en relación al potasio con una concentración promedio de 0.51% (Anexo 10), lo último nos indica el antagonismo existente entre Mg⁺² y K⁺.

Tabla 35. Concentración promedio de sodio (%) en raíces de variedades de portainjertos y cultivares de palto bajo niveles de salinidad del sustrato.

Combinaciones (portainjertos - injertos)	Salinidad del sustrato (dS.m ⁻¹)			Promedio
	1.00	3.00	5.00	
Zutano - Hass	0.49	0.37	0.47	0.44
Zutano - Fuerte	0.51	0.44	0.26	0.40
Duke 7 - Hass	0.57	0.52	0.49	0.53
Duke 7 - Fuerte	0.58	0.52	0.44	0.51
Verónica - Hass	0.65	0.58	0.44	0.56
Verónica - Fuerte	0.63	0.60	0.33	0.52
Israel - Hass	0.61	0.52	0.39	0.51
Israel - Fuerte	0.53	0.54	0.43	0.50
Promedio	0.57	0.51	0.41	0.50

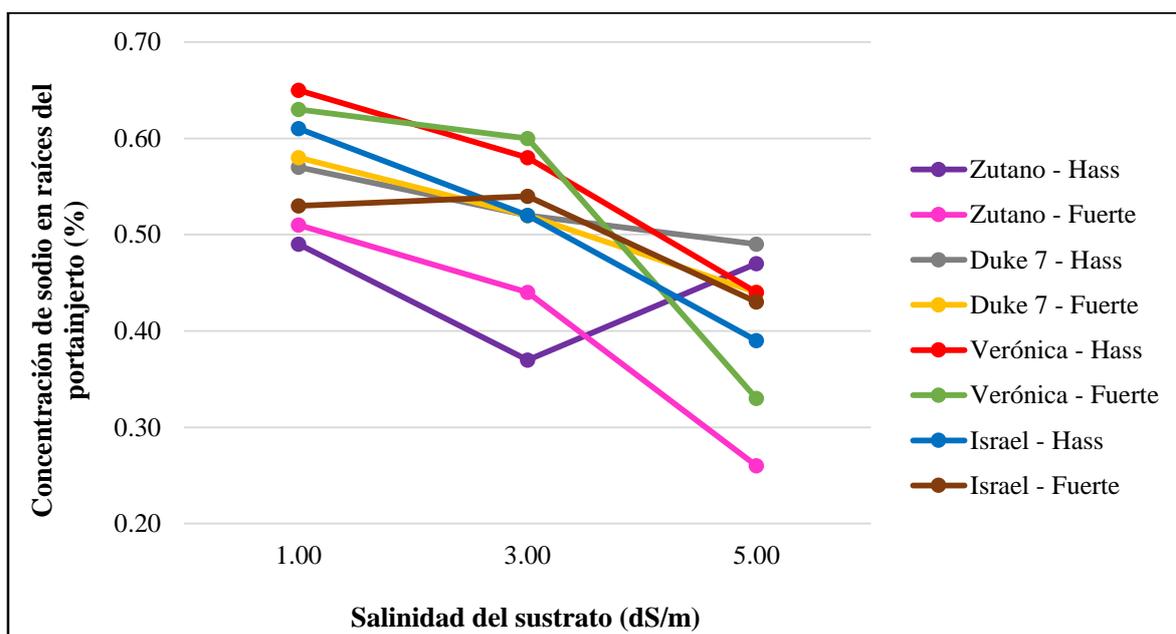


Figura 9. Efecto de la salinidad del sustrato sobre la concentración promedio de sodio (%) en raíces de variedades de portainjertos y cultivares de injertos de palto.

4.9. CONCENTRACIÓN DE CLORUROS EN RAICES (%)

Para la concentración de cloruros en raíces, el análisis de variancia mostró que no existieron diferencias significativas para la interacción de los factores en estudio; pero si existió diferencias altamente significativas para niveles de salinidad del sustrato (S) y variedades de portainjertos (P) y diferencias significativas para cultivares de injertos (I) (Tabla 36).

Al realizar la prueba de comparaciones de medias de Tukey al cinco por ciento de probabilidad; se determinó para niveles de salinidad del sustrato que el sustrato de 5.00 dS.m⁻¹ (S1) resulto estadísticamente similar al sustrato de 3.00 dS.m⁻¹ (S2) pero estadísticamente diferentes a sustrato de 1.00 dS.m⁻¹ (S3) al obtener las menores concentraciones de cloruros en raíces con promedios de 1.03 y 1.08% (Tabla 37). Asimismo para variedades de portainjertos, Zutano (P1) y Duke 7(P2) resultaron estadísticamente diferentes a Verónica (P3) al obtener las concentraciones más bajas con promedios de 0.99 y 1.02% de cloruros respectivamente (Tabla 38). Por último, el injerto Fuerte (I2) fue estadísticamente diferente al injerto Hass (I1) al obtuvo la menor concentración con un promedio de 1.05% de cloruros (Tabla 39).

Tabla 36. Análisis de variancia para concentración de cloruros en raíces (%).

Fuente de Variación	g.l	SC	CM
Bloques	2	0.38	0.19 *
S	2	0.56	0.28 **
P	3	0.99	0.33 **
I	1	0.28	0.28 *
S*P	6	0.13	0.02
S*I	2	0.13	0.06
P*I	3	0.24	0.08
S*P*I	6	0.13	0.02
Error	46	2.27	0.05
Total	71	5.11	
C.V (%) = 19.96		Promedio general = 1.12	

* Significación al 5% de probabilidad

** Significación al 1% de probabilidad

Tabla 37. Prueba de Tukey al 5% de probabilidad para concentración de cloruros en raíces (%), para niveles de salinidad del sustrato en promedio de variedades de portainjertos y cultivares de injertos.

	Niveles de salinidad del sustrato (dS.m ⁻¹)	Cloruros (%)	Agrupación
1	1.00 (S3)	1.24	a
2	3.00 (S2)	1.08	b
3	5.00 (S1)	1.03	b

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p \leq 0,05$)

Tabla 38. Prueba de Tukey al 5% de probabilidad para concentración de cloruros en raíces (%), para variedades de portainjertos en promedio de niveles de salinidad del sustrato y cultivares de injertos.

	Variedades de Portainjertos	Cloruros (%)	Agrupación
1	Verónica (P3)	1.29	a
2	Israel (P4)	1.17	ab
3	Duke 7 (P2)	1.02	b
4	Zutano (P1)	0.99	b

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p \leq 0,05$)

Tabla 39. Prueba de Tukey al 5% de probabilidad para concentración de cloruros en raíces (%), para variedades de portainjertos en promedio de salinidad del sustrato y cultivares de injertos.

	Cultivares de Injertos	Cloruros (%)	Agrupación
1	Hass (I1)	1.18	a
2	Fuerte (I2)	1.05	b

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p \leq 0,05$)

Se nota visiblemente que el portainjerto Zutano acumulo menos cloruros en las raices en relación a las demás con un promedio de 0.99%, Ben Ya'acov (1970) encontró que las variedades de raza antillana son las menos afectadas por las sales y solo se observa ligeros daños en las plantas injertadas en estos patrones; según Kadman y Ben Ya'acov (1969), exhiben están tolerancia por impedir la entrada de cloruros al sistema radicular, o bien por

una resistencia específica de los tejidos frente a las elevadas concentraciones de cloruros que pueden ser absorbidos.

La concentración radical de cloruros en las muestras tomadas a los nueve meses después del trasplante, es decir, al finalizar el experimento, osciló en un rango que va de los 0.62% a 1.93%, con un promedio de 1.12%. En las raíces el contenido de cloruros fue mayor en los portainjertos Verónica (P3) e Israel (P4) sin diferencias estadísticas entre ellos; es de destacar que la concentración de cloruros fue notablemente mayor en las raíces que en el follaje de los portainjertos. En general, se observó una disminución en la concentración de éste elemento a nivel de raíces conforme se incrementó la salinidad del sustrato como se muestra en la tabla 40 y cuyas tendencias se observan en la figura 10.

Según Forner y Forner (2010), los paltos en su conjunto, pueden ser considerados como especies sensibles a la salinidad; sin embargo, existen importantes diferencias entre las distintas razas y patrones; teniendo en cuenta que los paltos cultivados se componen habitualmente del patrón y de la variedad injertada, la respuesta de los árboles a la salinidad depende del comportamiento individual de cada una de las partes, así como de las posibles interacciones injerto/patrón que se puedan producir; es así que la interacción patrón/injerto que absorbió menos cloruros conforme se incrementaba la salinidad fue Zutano – Fuerte; sin embargo, además sostiene que el componente del árbol más importante es el patrón y de ahí que la elección del patrón adecuado sea trascendental para obtener el mayor rendimiento posible del cultivo, tanto en condiciones salinas como en otras circunstancias; es así que se puede asumir que fue el patrón quien le otorgo esta característica, ya que Zutano pertenece a la raza Antillana que está catalogada como de tolerancia alta a la salinidad del sustrato.

El S en raíces fue menor que los Cl⁻ con un promedio de 0.82%, siendo el portainjerto Verónica, Israel y Duke 7 los que concentraron este elemento en mayor cantidad en relación a Zutano (Anexo 10).

Tabla 40. Concentración promedio de cloruros (%) en raíces de variedades de portainjertos y cultivares de injertos de palto bajo niveles de salinidad del sustrato.

Combinaciones (portainjertos - injertos)	Salinidad del Sustrato (dS.m ⁻¹)			Promedio
	1.00	3.00	5.00	
Zutano - Hass	1.08	1.03	0.95	1.02
Zutano - Fuerte	1.07	0.98	0.86	0.97
Duke 7 - Hass	1.18	0.94	0.98	1.03
Duke 7 - Fuerte	1.11	0.96	0.95	1.01
Verónica - Hass	1.54	1.25	1.22	1.34
Verónica - Fuerte	1.19	1.31	1.20	1.23
Israel - Hass	1.63	1.13	1.22	1.33
Israel - Fuerte	1.13	1.00	0.89	1.01
Promedio	1.24	1.08	1.03	1.12

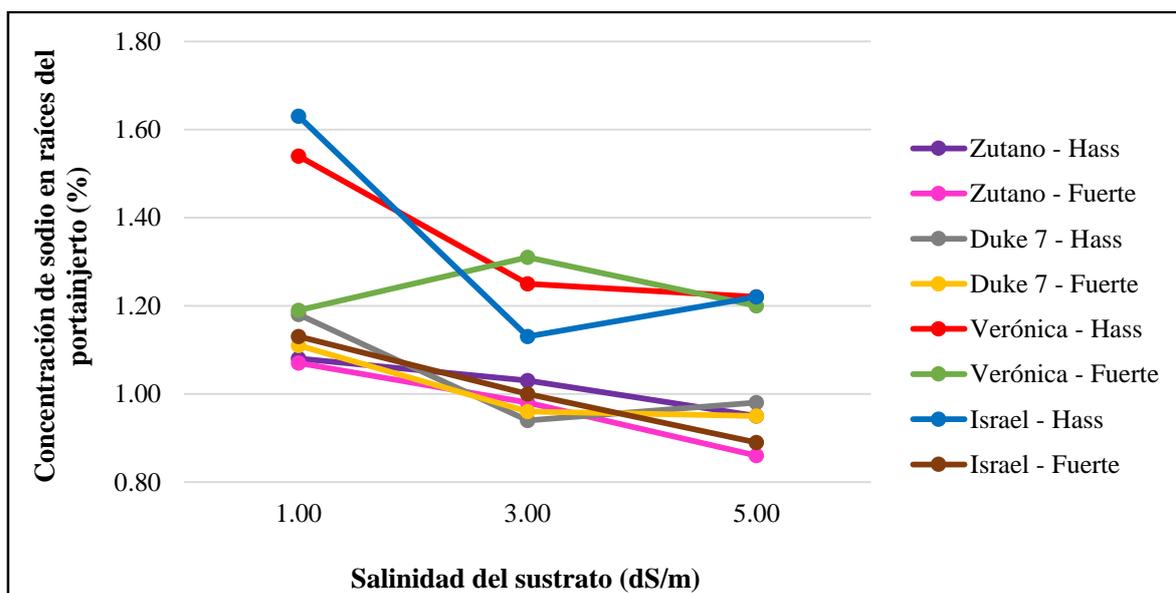


Figura 10. Efecto de la salinidad del sustrato sobre la concentración promedio de cloruros (%) en raíces de variedades de portainjertos y cultivares de injertos de palto.

4.10. CONCENTRACIÓN DE SODIO EN HOJAS DEL INJERTO (%)

Para concentración de sodio en hojas del injerto, el análisis de variancia manifestó que no existieron diferencias significativas para la interacción de los factores en estudio; pero si existió diferencias altamente significativas para niveles de salinidad del sustrato (S) (Tabla 41).

Al realizar la prueba de comparaciones de medias de Tukey al cinco por ciento de probabilidad; se determinó para niveles de salinidad que el sustrato de 1 dS.m⁻¹ (S3) resulto estadísticamente similar al sustrato de 3.00 dS.m⁻¹ (S2), pero diferente al sustrato de 5.00 dS.m⁻¹ (S1), al obtener la menor concentración de sodio con un promedio de 0.010% (Tabla 42).

La concentración foliar de sodio en las muestras tomadas a los nueve meses después del trasplante, es decir, al finalizar el experimento, osciló en un rango que va de los 0.010% a 0.020%, con un promedio de 0.0124%. En general, las concentraciones de sodio no fluctuaron significativamente conforme se incrementó la salinidad del sustrato, observándose que la acumulación máxima fue en el sustrato de 5.00 dS.m⁻¹ (S1) con promedios de 0.02% para la mayoría de los portainjertos – injertos (Tabla 43).

Tabla 41. Análisis de variancia para concentración de sodio en hojas del injerto (%).

Fuente de Variación	g.l	SC	CM
Bloques	2	0.00	0.00
S	2	0.00	0.00 **
P	3	0.00	0.00
I	1	0.00	0.00
S*P	6	0.00	0.00
S*I	2	0.00	0.00
P*I	3	0.00	0.00
S*P*I	6	0.00	0.00
Error	46	0.00	0.00
Total	71	0.00	
C.V (%) = 26.35		Promedio general = 0.012	

* Significación al 5% de probabilidad

** Significación al 1% de probabilidad

Tabla 42. Prueba de Tukey al 5% de probabilidad para concentración de sodio en hojas del injerto (%), para niveles de salinidad del sustrato en promedio de variedades de portainjertos y cultivares de injertos.

	Niveles de salinidad del sustrato (dS.m ⁻¹)	Sodio (%)	Agrupación
1	5.00 (S1)	0.015	a
2	3.00 (S2)	0.013	a
3	1.00 (S3)	0.010	b

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p \leq 0,05$)

Tabla 43. Concentración promedio de cloruros (%) en raíces de variedades de portainjertos y cultivares de injertos de palto bajo niveles de salinidad del sustrato.

Combinaciones (portainjertos - injertos)	Salinidad del sustrato (dS.m ⁻¹)			Promedio
	1.00	3.00	5.00	
Zutano - Hass	0.01	0.01	0.01	0.01
Zutano - Fuerte	0.01	0.02	0.01	0.02
Duke 7 - Hass	0.01	0.01	0.01	0.01
Duke 7 - Fuerte	0.01	0.01	0.02	0.02
Verónica - Hass	0.01	0.01	0.02	0.02
Verónica - Fuerte	0.01	0.01	0.02	0.02
Israel - Hass	0.01	0.01	0.01	0.01
Israel - Fuerte	0.01	0.01	0.02	0.02
Promedio	0.01	0.01	0.02	0.01

Los resultados de estos análisis son similares a los señalados por Macchiavello (1970), en veinticinco huertos de palto fuerte, aun cuando obtuvo promedio y rangos algo superiores, como son un rango de 0.020 a 0.053% y un promedio de 0.031%. Sin embargo, a esas concentraciones, el sodio aparentemente no constituye un problema nutricional, por cuanto estos valores son relativamente bajos y están lejos de alcanzar los niveles tóxicos que señala la literatura para este cultivo, además de no existir en la zona síntomas característicos en el follaje. Según Ayers (1953) y Embleton (1966), un exceso de sodio en palto se produce con

más de 0.25% a 0.50%, mientras Kadman (1964), señala que con un 1.00 % de sodio se presentan daños en las hojas. Eaton (1966), señala que los síntomas producidos por exceso de sodio en palto, se caracteriza por pequeñas áreas necróticas que aparecen intervenalmente y en los bordes de cualquier parte de la lámina. A medida que el exceso aumenta en severidad, estas áreas necróticas aumentan en tamaño y pueden abarcar gran parte de la zona intervenal o necrosar casi totalmente el margen de la lámina. Las áreas necróticas se caracterizan por ser concéntricas y presentar variaciones en intensidad de su coloración café.

Las concentraciones de K^+ fueron superiores al Na^+ en todos los casos, es decir, en las raíces y hojas de portainjertos e injertos, acentuándose más en las hojas del injerto con un promedio de 1.86% que está dentro de los rangos para paltos sin diferencias significativas entre Hass y Fuerte; mientras el Ca^{+2} se mantuvo constante con un promedio de 1.05% pero fue mayor que en las hojas de los portainjertos y las concentraciones de Mg^{+2} fueron similares en las hojas del injerto y raíces con promedios de 0.52 y 0.51% (Anexo 11).

4.11. CONCENTRACIÓN DE CLORUROS EN HOJAS DEL INJERTO (%)

Para concentración de cloruros en hojas del injerto, el análisis de variancia mostró que no existieron diferencias significativas para la interacción de los factores en estudio; pero si existieron diferencias significativas para niveles de salinidad del sustrato (S), variedades de portainjertos (P) y cultivares de injertos (I) (Tabla 44).

Al realizar la prueba de comparaciones de medias de Tukey al cinco por ciento de probabilidad; se determinó para niveles de salinidad que el sustrato de 1.00 dS.m^{-1} (S3) y 3.00 dS.m^{-1} (S2) resultaron estadísticamente diferentes al sustrato de 5.00 dS.m^{-1} (S1) al obtener las menores concentraciones de cloruros con promedios de 0.33 y 0.34% respectivamente (Tabla 45). Asimismo para variedades de portainjertos, Verónica (P3), Zutano (P1) e Israel (P4) resultaron estadísticamente diferentes a Duke 7 (P2) al obtener las menores concentraciones con un promedio de 0.32, 0.34 y 0.36% de cloruros respectivamente (Tabla 46). Por último, para cultivares de injerto, Fuerte (I2) resulto estadísticamente diferente al injerto Hass (I1) al obtener la menor concentración con un promedio de 0.33% de cloruros (Tabla 47).

La concentración foliar de cloruros en las muestras tomadas a los nueve meses después del trasplante, es decir, al finalizar el experimento, osciló en un rango que va de los 0.16% a

0.58%, con un promedio de 0.36%. En general, las concentraciones de cloruros aumentaron conforme se incrementó la salinidad del sustrato, observándose que la acumulación máxima fue en el sustrato de 5.00 dS.m⁻¹ (S1) con promedios de 0.50 y 0.51% para la interacción portainjerto/injerto de Israel – Hass y Duke 7 – Fuerte respectivamente como se observa en la tabla 48 y cuyas tendencias se muestran en la figura 11.

Los resultados de estos análisis, coinciden con los niveles encontrados en California por Hass (1952) y Cooper (1966), que señalan que hojas con síntomas contenían sobre 0.22% de cloruros hasta 1.48% encontrados en diversos cultivares; también coinciden con la concentración tóxica excesiva que propone Embleton (1966), que es de 0.25% a más.

Tabla 44. Análisis de variancia para concentración de cloruros en hojas del injerto (%).

Fuente de Variación	g.l	SC	CM	
Bloques	2	0.08	0.04	*
S	2	0.05	0.03	*
P	3	0.06	0.02	*
I	1	0.05	0.05	*
S*P	6	0.01	0.00	
S*I	2	0.01	0.00	
P*I	3	0.04	0.01	
S*P*I	6	0.06	0.01	
Error	46	0.35	0.01	
Total	71	0.71		
C.V (%) = 24.61		Promedio general = 0.36		

* Significación al 5% de probabilidad

** Significación al 1% de probabilidad

Tabla 45. Prueba de Tukey al 5% de probabilidad para concentración de cloruros en hojas del injerto (%), para niveles de salinidad del sustrato en promedio de variedades de portainjertos y cultivares de injertos.

	Niveles de salinidad del sustrato (dS.m ⁻¹)	Cloruros (%)	Agrupación
1	5.00 (S1)	0.39	a
2	3.00 (S2)	0.34	b
3	1.00 (S3)	0.33	b

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p \leq 0,05$)

Tabla 46. Prueba de Tukey al 5% de probabilidad para concentración de cloruros en hojas del injerto (%), para variedades de portainjertos en promedio de niveles de salinidad del sustrato y cultivares de injertos.

	Variedades de Portainjertos	Cloruros (%)	Agrupación
1	Duke 7 (P2)	0.40	a
2	Israel (P4)	0.36	b
3	Zutano (P1)	0.34	b
4	Verónica (P3)	0.32	b

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p \leq 0,05$)

Tabla 47. Prueba de Tukey al 5% de probabilidad para concentración de cloruros en hojas del injerto (%), para variedades de injertos en promedio de niveles de salinidad del sustrato y cultivares de portainjertos.

	Cultivares de Injertos	Cloruros (%)	Agrupación
1	Hass (I1)	0.38	a
2	Fuerte (I2)	0.33	b

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p \leq 0,05$)

La concentración foliar promedio de cloruros para cultivares de injertos, fue mayor en Hass que en Fuerte, que se asemeja a lo encontrado por Razeto (1976), quien observó un mayor nivel foliar promedio de cloruros en el cultivar Hass con 0.061% en comparación al cultivar Fuerte con 0.040%. Esto guarda relación con lo sostenido por Mickelbart y Arpaia (2002) y Mickelbart *et al.*, (2007), quienes sostienen que en los portainjertos de aguacate con tolerancia relativa a la salinidad, se ha demostrado que ésta se relaciona principalmente con su habilidad para evitar la acumulación de sodio y cloruro en la variedad injertada y en la capacidad de mantener la relación K^+/Na^+ en las hojas más viejas.

El S en hojas del injerto fue similar que los Cl^- con un promedio de 0.36% para ambos casos, concentrado la mitad de S en relación a las raíces (Anexo 11).

Tabla 48. Concentración promedio de cloruros (%) en hojas del injerto de variedades de portainjertos y cultivares de injerto de palto bajo niveles de salinidad del sustrato.

Combinaciones (portainjertos - injertos)	Salinidad del Sustrato (dS.m ⁻¹)			Promedio
	1.00	3.00	5.00	
Zutano - Hass	0.31	0.33	0.37	0.34
Zutano - Fuerte	0.34	0.34	0.36	0.35
Duke 7 - Hass	0.41	0.42	0.51	0.45
Duke 7 - Fuerte	0.36	0.36	0.35	0.36
Verónica - Hass	0.37	0.30	0.36	0.34
Verónica - Fuerte	0.25	0.30	0.37	0.31
Israel - Hass	0.31	0.43	0.50	0.41
Israel - Fuerte	0.33	0.25	0.34	0.31
Promedio	0.34	0.34	0.40	0.36

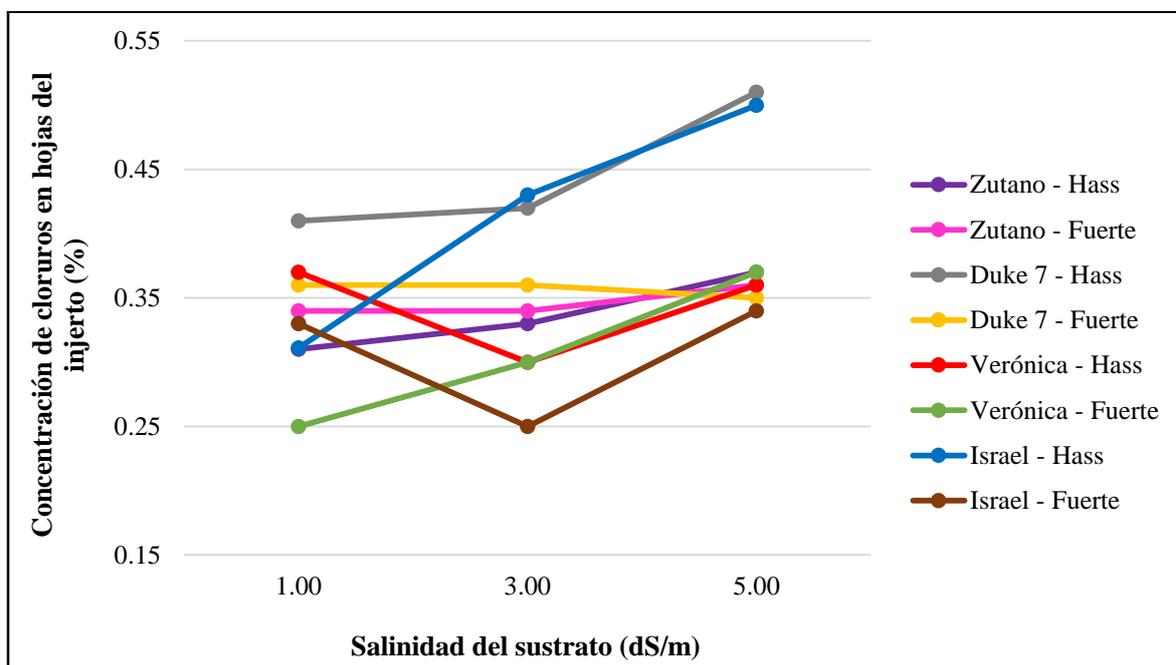


Figura 11. Efecto de la salinidad del sustrato sobre la concentración promedio de cloruros (%) en hojas del injerto de variedades de portainjertos y cultivares de injertos de palto.

4.12. DAÑO FOLIAR (%)

Para daño foliar, el análisis de variancia mostró diferencias significativas para niveles de salinidad del sustrato (S), variedades de portainjertos (P) y para la interacción de niveles de salinidad del sustrato por variedades de portainjertos (S*P) (Tabla 49). Según Calzada (1970), cuando resulta significativa la interacción de los factores en estudio, entonces el interés de la investigación se centra en la interacción y no en los factores principales.

Al realizar el análisis de variancia de efectos simples para la interacción S*P, para niveles de salinidad del sustrato mostró diferencias altamente significativas cuando los portainjertos Duke 7 (S en P2), Verónica (S en P3) e Israel (S en P4) son constantes y diferencias significativas cuando el portainjerto Zutano (S en P1) es constante; asimismo para variedades de portainjertos mostro diferencias altamente significativas cuando el sustrato de 5.00 dS.m⁻¹ (P en S1) y 3.00 dS.m⁻¹ (P en S2) son constantes y diferencias significativas cuando el sustrato de 1.00 dS.m⁻¹ es constante (Tabla 50).

Para la interacción de niveles de salinidad del sustrato en variedades de portainjertos, el sustrato de 1.00 dS.m⁻¹ (S1) y 3.00 dS.m⁻¹ (S2) presentaron mejor respuesta con el portainjerto Zutano (P1) e Israel (P4) respectivamente, que fue estadísticamente diferentes a cuando los mismos sustratos tuvieron como portainjertos a Duke 7 y Verónica; asimismo para la interacción de variedades de portainjertos en niveles de salinidad del sustrato, los portainjertos Zutano (P1), Duke 7 (P2), Verónica (P3) e Israel (P4) presentaron mejor respuesta con el sustrato de 1.00 dS.m⁻¹ (S3) respectivamente, que fue estadísticamente diferente a cuando los mismos portainjertos son sembrados sobre los sustratos de 3.00 dS.m⁻¹ (S2) y 5.00 dS.m⁻¹ respectivamente. Entonces, la interacción del portainjerto Zutano con el sustrato de 1.00 dS.m⁻¹ (P4*S1) alcanzo menor daño foliar con un promedio de 6.00% (Tabla 50a y 50b).

La necrosis de hojas causada por acumulación de sales se debió a la interacción de los factores en estudio. Las plantas que presentaron síntomas de mayor daño correspondieron al portainjerto Duke 7 en el sustrato de 5.00 dS.m⁻¹ (S1) y 3.00 dS.m⁻¹ (S2) que alcanzó el nivel de “daño leve” con un 19.50 y 16.00% respectivamente. El resto de los tratamientos presentó un daño foliar significativamente menor a los indicados. En paltos se ha comprobado que

altos niveles de cloruros provocan necrosis en hojas, y el nivel de daño de este elemento estaría relacionado con su concentración en los tejidos, lo que a su vez estaría regulado por la variedad afectada (Mickelbart y Arpaia, 2002; Mickelbart *et al.*, 2007).

Tabla 49. Análisis de variancia para daño foliar (%).

Fuente de Variación	g.l	SC	CM	
Bloques	3	11.58	3.86	
S	2	392.38	196.19	**
P	3	384.75	128.25	**
S*P	6	71.63	11.94	**
Error	33	86.92	2.63	
Total	47	947.25		
C.V (%) = 13.96		Promedio general = 11.63		

* Significación al 5% de probabilidad

** Significación al 1% de probabilidad

Tabla 50. Análisis de variancia de efectos simples en la interacción de niveles de salinidad del sustrato y variedades de portainjertos (S*P) para daño foliar (%).

Fuente de Variación	g.l	SC	CM	
S en P1	2	18.67	9.33	*
S en P2	2	252.67	126.33	**
S en P3	2	123.17	61.58	**
S en P4	2	69.50	34.75	**
P en S1	3	258.19	86.06	**
P en S2	3	169.19	56.40	**
P en S3	3	29.00	9.67	
Error	33	86.92	2.63	

* Significación al 5% de probabilidad

** Significación al 1% de probabilidad

Tabla 50a: Interacción de variedades de portainjertos en niveles de salinidad del sustrato para daño foliar (%).

	P1	P2	P3	P4
S1	9.00 b	19.50 a	17.00 a	12.75 b
S2	8.00 b	16.00 a	15.25 a	11.00 b
S3	6.00 a	8.00 a	9.00 a	7.00 a

Comparación en forma horizontal

Tabla 50b: Interacción de niveles de salinidad del sustrato en variedades de portainjertos en para daño foliar (%).

	S1	S2	S3
P1	9.00 a	8.00 a	6.00 b
P2	19.50 a	16.00 a	8.00 b
P3	17.00 a	15.25 a	9.00 b
P4	12.75 a	11.00 a	7.00 b

Comparación en forma horizontal

El portainjerto Zutano presentó la menor área foliar dañada aun al crecer con la mayor concentración de salinidad del sustrato (S3), este portainjerto a nivel foliar también obtuvo las concentración más bajas de cloruros, según Kadman (1964), generalmente hay una buena correlación entre la cantidad de cloruros en las hojas y el grado de lámina afectada. Es de suponer que habría una tolerancia específica a este elemento a nivel foliar, tal como la reportada por Kadman y Ben -Ya'acov (1969) y Castro *et al.*, (2015) quien encontró que el portainjerto UCV7 (de raza antillana) bajo condiciones salinas presentó la menor área foliar dañada. De acuerdo con Kadman (1963), la concentración foliar de cloruros no debiera usarse como criterio de sensibilidad, pues algunas variedades de aguacate con altos niveles de cloruros en las hojas no muestran síntomas aparentes de daño.

El daño foliar evaluado a los tres meses después del trasplante, es decir, antes de la práctica del injerto, osciló en un rango que va de los 4.00% a 22.00%, con un promedio de 11.63%. En general, el daño foliar se incrementó conforme se incrementó la salinidad del sustrato, observándose que el mayor daño foliar fue en el sustrato de 5.00 dS.m⁻¹ (S1) con promedios de 19.50, 17.00, 12.75 y 9.00% para el portainjerto Duke 7, Verónica, Israel y Zutano

respectivamente, como se muestra en la tabla 51 y cuyas tendencias se aprecian en la figura 12.

Tabla 51. Daño foliar promedio (%) en hojas del portainjerto de palto bajo niveles de salinidad del sustrato.

Variedades de portainjerto de palto	Salinidad del sustrato (dS.m ⁻¹)			Promedio
	1.00	3.00	5.00	
Zutano	6.00	8.00	9.00	7.67
Duke 7	8.50	16.00	19.50	14.67
Verónica	9.50	15.25	17.00	13.92
Israel	7.00	11.00	12.75	10.25
Promedio	7.75	12.56	14.56	11.63

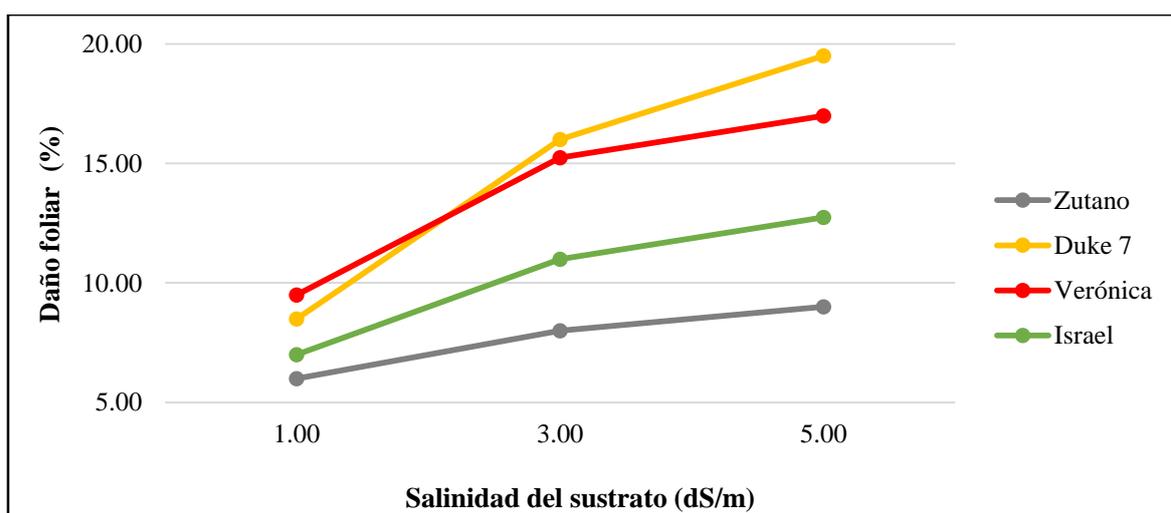


Figura 12. Efecto de la salinidad del sustrato sobre el daño foliar (%) en hojas del portainjerto de palto.

Los portainjertos presentaron distintas estrategias frente a este estrés: Duke 7 (raza Mexicana) aumentó el crecimiento vegetativo y también la absorción de nutrientes, lo que provocó mayor daño foliar (mayor área dañada) por cloruros y sodio; mientras Verónica (raza Guatemalteca) y Zutano (raza Antillana) traslocaron menos cloruros a la parte aérea, lo que los haría más tolerantes y Zutano presentó la menor área foliar dañada frente a condiciones de alta salinidad del sustrato (ANEXO 9), lo que es una notable ventaja en comparación con los resultados obtenidos en Duke 7; estos resultados coinciden con lo reportado por Castro *et al.*, (2015). Cornejo (1964), señala que la tolerancia a las sales puede

ser considerada desde el punto de vista de la capacidad productiva a un nivel dado de salinidad, así cuando se prueba cierto número de variedades de un cultivo dado sobre un suelo que tiene cierto grado de salinización, la variedad de más alto rendimiento puede ser designada como la variedad más tolerante.

Existen claras diferencias en cuanto al nivel de daño que sufre cada raza y el nivel de daño, se correlaciona con el contenido de cloruro en las hojas y eso ha servido de gran ayuda en la selección de portainjertos resistentes, sin embargo esta relación puede ser distinta dependiendo de la sensibilidad del tejido (Díaz *et al.*, 1984).

V. CONCLUSIONES

Para las condiciones en la cual se desarrolló el presente trabajo experimental y en función a los resultados obtenidos podemos concluir lo siguiente:

1. El portainjerto Verónica, cuando fue injertado con Hass presentó mayor altura de planta (61.71 cm) y diámetro (7.48 mm). Asimismo, éste portainjerto alcanzó mayor acumulación de materia seca (19.77 gramos/planta), y presentó menor concentración de cloruros en hojas del injerto (0.32%). No presentó diferencias significativas con los demás portainjertos en la concentración foliar de cloruros y en la concentración de sodio en hojas del injerto.
2. El sustrato de 1.00 dS/m (S3), cuando fue sembrado con el portainjerto Zutano presento menor daño foliar (6.00%). En éste sustrato se presentó menores concentraciones de cloruros en hojas de los portainjertos (0.39%) y presentó menor concentración de sodio y cloruros en hojas del injerto (0.01% y 0.33%). Asimismo alcanzó mayor acumulación de materia seca conjuntamente con el sustrato 3.00 dS/m (S2).
3. El injerto Hass, cuando fue injertado sobre el patrón Verónica presentó mayor altura de planta (61.71 cm). Asimismo, éste injerto alcanzó mayor acumulación de materia seca (20.28 gramos/planta).

VI. RECOMENDACIONES

1. Para una mejor estimación de los resultados en cuanto a la absorción de sodio y cloruros por el cultivo debería de realizarse experimentos similares con más niveles de salinidad
2. Repetir el experimento con intervalos de muestreos periódicos con la finalidad de determinar el momento donde la acumulación de sodio y cloruros son significativos para mostrar quemaduras en las hojas.
3. Efectuar este tipo de trabajos utilizando otros portainjertos de palto.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Alarcón, A. 1999. La calidad del agua de riego para fertirrigación. II parte. Horticultura.
2. Al - Yassin, A. 2004. Influence of salinity on citrus: a review paper. Journal of Central European Agriculture. 263 – 272 p.
3. Ataucusi, S. 2015. Manejo técnico del cultivo de palta. Perú. 39 p.
4. Ayers, A. 1953. Sodium and chloride injury of Fuerte avocado leaves. California Avocado Society Yearbook. 166 – 171 p.
5. Ayers, A., Aldrich, D., Coony, J. 1951. Leaf burn of avocado. California Agriculture. 7 p.
6. Ayers, R. y Westcot, D. 1987. Calidad del agua en la agricultura. FAO. Italia.
7. Ben Ya'acov, A. 1970. Characteristic associated with salt tolerance avocado grafted on Mexican and West Indian rootstocks. Proceedings of the 18th International Horticultural Congress. 136 p.
8. Ben Ya'acov, A. and Michelson, L. 1976. The grower team in avocado research. Hassadeh. 866 – 869 p.
9. Ben Ya'acov, A. 2002. Portainjertos de Palto. Seminario Internacional: Selección y uso de portainjertos y nuevas variedades de palto. Facultad de Agronomía. Pontificia Universidad Católica de Valparaíso. 62 - 75 p.

10. Bernstein, L. 1965. Salt tolerance of fruit crops. Agric. Reserch Service U.S. Department of Agriculture.
11. Bernstein, N., Meiri A., and Zilberstaine M. 2004. Root growth of avocado is more sensitive to salinity than shoot growth. Journal of the American Society for Horticultural Science 129: 188 – 192 p.
12. Calzada, J. 1970. Métodos estadísticos para la investigación. Lima – Perú. 643 p.
13. Castro, M., Fassio, C., Cautin, R., y Ampuero, J. 2015. UCV7, Portainjerto de aguacate tolerante a salinidad. Artículo Científico. Chile. 85 – 92 p.
14. Chapman, H. 1966. Diagnostic criterio for plants and soils. Div. of Agriculture. 8 – 36 p.
15. Coca, A., Carranza, C., Miranda, D., y Rodríguez, M. 2012. NaCl effects on growth, yield and quality parameters in the onion (*Allium cepa* L.) under controlled conditions. Revista Colombiana de Ciencias. Horticultura. 196 – 212 p.
16. Colonia, L. 2013. Manejo integrado en el cultivo de palto. Guía técnica. Agrobanco. 24 p.
17. Cooper. 1966. Avocado and mango nutrition. Horticultural Publication. University New Bruswish. New Jersey.
18. Cornejo, T. 1964. Rice production in salt affected soils in proces of reclamation. Estados Unidos.
19. Diaz, A., Altares, M., Alvarez, C. y Fernandez, M. 1984. Criterios para determinar la tolerancia a la salinidad de portainjertos de aguacates. Anales de Edafologia y Agrobiologia. Madrid. 16 p.
20. Diaz, H., Ayers, A., Cooper, W. and Brusca, N. 1984. Salt tolerance of avocado trees grown in culture solutions. Ann. Rev. Plant Physiol. 85 – 98 p.

21. Eaton, F. 1966. Chloride and total salt and water quality appraisal. University of California. 98 – 125 p.
22. Eaton, F. 1966. Chloride and total salt and water quality appraisal. Diagnostic criterio for plants and soils. University California. 98 – 125 p. 501 – 516 p.
23. Embleton, T. 1966. Avocado and mango nutrition. Horticultural Publication. University New Bruswish. New Jersey.
24. Fenn, L. 1968. On the mechanism of chloride toxicity. California Avocado Soc. Yearbook. 113 – 117 p.
25. Flores, D. 2016. Cultivo de palto. Manual práctico para productores. Perú. 55 p.
26. Flowers, T., and Yeo, A. 1988. Ion relation of salt tolerance. In: Solute transport in plant cells and tissues. Harlow: Longman Scientific and Technical. 392 – 413 p.
27. Flowers, T., Salama, F., and Yeo, A. 1988. Water-use efficiency in rice (*Oryza sativa L.*) in relation to resistance to salinity. Plant, Cell and Environment. 453 – 459 p.
28. Forner, M. y Forner, J. 2010. Comportamiento de nuevos patrones frente a enfermedades y fisiopatías. Instituto Valenciano de Investigaciones Agrarias. 6 p.
29. Franciosi, R., Wolfe, H., Van, E., y Figueroa, R. 1969. El cultivo de palto en el Perú. Boletín técnico de la Dirección General de Investigaciones Agropecuarias Estación experimental Agrícola La Molina. Perú. 10 – 14 p.
30. Galán, V. 1990 Los frutales tropicales en los subtrópicos. Madrid. Ediciones Mundi-Prensa. 173 p.
31. García, A. 2003. Manejo de suelos salinos: características, propiedades y manejo. Misti fertilizantes. 41 – 44 p.

32. García, M. y Jáuregui, D. 2008. Efecto de la salinización con NaCl o Na₂SO₄ sobre la anatomía foliar en dos genotipos de caña de azúcar (*Saccharum spp.*) con tolerancia salina diferencial. 89 – 105 p.
33. García, M. y Medina, E. 2009. Acumulación de iones y solutos orgánicos en dos genotipos de caña de azúcar, estresados con sales simples o suplementadas con calcio. *Bioagro*. 3 – 14 p.
34. Gardiazabal, F. 2004. Factores agronómicos a considerar en la implantación de un huerto de paltos. Segundo Seminario Internacional de paltos. Chile. 17 p.
35. Gill, K. 1979. Effect of soil salinity on grain filling and grain development in barley. *Biology Plantarum*. 241 – 244 p.
36. Greif, P. 1959. Estudio comparativo de resistencia a concentraciones crecientes de sales en el agua de riego entre las variedades de alfalfa San Pedro y Lluta. Tesis Ingeniero Agrónomo. Escuela Nacional de Agricultura. La Molina.
37. Greenway, H. and Munns, R. 1980. Mechanisms of salt tolerance in non - halophytes. *Annual Review of Plant Physiology*. 90 – 149 p.
38. Hass, A. 1950. Effect of sodium chloride on Mexican Guatemalam, and West Indian avocado Seedling. *California Avocado. Soc. Yearbook*. 171 p.
39. Hass, A. 1952. Sodium effects on avocado rootstocks. *California avocado. Soc. Yearbook*. 95 p.
40. Huamán, J. 2017. Cultivo de palto (*Persea americana*) cv. “Hass” para exportación en la empresa agrícola Pampa Baja. Informe profesional de Ingeniero Agrónomo. Perú. 221 p.
41. Kadman, A. 1964. The uptake and accumulations of Sodium in avocado seedlings. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.* 179 – 182 p.

42. Kadman, A. and Ben Ya'acov, A. 1969. Selection of rootstocks and other work related to salinity and lime. The division of subtropical Horticulture. 23 – 40 p.
43. Karakas, S., Cullu, M., Kaya, C., y Dikilitas, M. 2016. Halophytic companion plants improve growth and physiological parameters of tomato plants grown under salinity. Pak. J. Bot. 21 – 28 p.
44. Keck, T., Wagenet, R., Campbell, W., and Knighton, R. 1984. Efects of water and salt stress on growth and acetylene reduction in alfalfa. Soil Sci. Soc. Am. J. 1310 – 1316 p.
45. Khalil, M., Amer, F., and Elgabaly, M. 1967. A salinity – fertility interaction study on corn and cotton. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 683 – 686 p.
46. Kozlowski, T. 1997. Responses of woody plants to flooding and salinity. Tree Physiology Monograph. 1 – 29 p.
47. Macchiavello, C. 1970. Prospección nutricional en 25 huertos de palto Fuerte en la Cruz. Quillota. Universidad Católica Valpo. Facultad de Agronomía. 58 p.
48. Madueño, A., Garcia, D., Martinez, J., y Rubio, C. 2006. Germinación y desarrollo de plántulas de frijolillo "*Rhynchosia minina*" en condiciones de salinidad. México. 9 p.
49. Marschner, H. 1998. Mineral Nutrition of Higher Plants. 2nd Ed. Academic Press. San Diego, CA. 889 p.
50. Martínez, N., López, C., Basurto, M. y Pérez, R. 2011. Efectos pos salinidad en el desarrollo vegetativo. Artículo arbitrado. México. 6 p.
51. Maathuis, F. and Amtmann, A. 1999. K⁺ Nutrition and Na⁺ Toxicity: The Basis of Cellular K⁺/Na⁺ Ratios. Annals of Botany. 123 – 133 p.

52. Maurel, C., Chrispeels, M. 2001. Aquaporins. A molecular entry into plant water relations. *Plant Physiology*. 135 – 138 p.
53. McKenzie, R., Sprout, C., and Clark, N. 1983. The relationship of the yield of irrigated barley to soil salinity as measured by several methods. *Can. J. Soil. Sci.* 63 p.
54. Mejía, E. 2011. Aguacate (*Persea americana* Miller). Universidad Politécnica de Valencia – España. 48 p.
55. Meloni, D., David, R., Ayrault, G., y Abdala, G. 2008. Tolerancia a la salinidad en dos portainjertos de citrus: crecimiento, composición mineral y ajuste osmótico. *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias. Argentina*. 9 p.
56. Mendoza, E. 1993. Evaluación de tolerancia de portainjertos de vid a la salinidad del suelo. Tesis Ingeniero Agrónomo UNA – La Molina. Lima – Perú. 72 p.
57. Mickelbart, M. and Arpaia, M. 2002. Rootstocks influence changes in ion concentrations, growth, and photosynthesis of Hass avocado trees in response to salinity. *Journal of the American Society for Horticultural Science*. 649 – 655 p.
58. Mickelbart, M., Melser, S. and Arpaia, M. 2007. Salinity - induced changes in ion concentrations of ‘Hass’ avocado trees on three rootstocks. *Journal of Plant Nutrition*. 105 – 122 p.
59. MINAGRI - DGPA. 2015. La Palta - Producto Estrella de Exportación. 81 p.
60. Muñoz, D., Jaime, E., Gonzales, J., Gómez, R, y Romero, M. 2017. Efecto de la conductividad eléctrica del agua de riego sobre dos portainjertos de aguacate. Congreso Nacional de riegos. Tarragona. 7 p.
61. Núñez, M., Mazorra, L., Martínez, L., Gonzales, M., y Robaina, C. 2007. Análogos de brasinosteroides revierten parcialmente el impacto del estrés salino en el crecimiento

- inicial de las plántulas de dos genotipos de arroz (*Oryza sativa L.*) Cultivos tropicales. 95 – 99 p.
62. Ojeda, M., y Pire, R. 2011. Efecto de la salinidad en dos portainjertos de vid cultivados a pie Franco o injertado. *Revista Fitoecnica Mexicana*. 12 p.
63. Pearson, G. 1959. Factors influencing salinity of submerged soils and growth of Caloro rice. *Soil Science*. 198 – 206 p.
64. Pio, A., Horst, C., Martínez, H., Martínez, C., Mosquim, P. 2001. Características fisiológicas de portainjertos de vid en soluciones Salinas. *Sci. Agric.* 139 – 143 p.
65. Pizarro, F. 1987. Riegos localizados de alta frecuencia (RLAF): goteo, microaspersión y exudación. Ediciones Mundi – Prensa, Madrid. 73 – 124 p.
66. Ramirez, L., Gonzáles, H., Calderón, G., Velásquez, J., Cetina, V., Castillo, A., y Delgado, A. 2010. Efecto de NaCl y CaCl₂ en el desarrollo de ejes embrionarios de *Persea americana* Mill. Criollo y “Hass” cultivados in vitro. *Revista Chapingo Serie Horticultura*. 7 p.
67. Razeto, P. 1976. Estudio de la toxicidad de cloruros y sodio en palto (*Persea americana* Miller) de la provincia de Quillota. Tesis de Ingeniero Agrónomo. Universidad Católica de Valparaíso – Chile. 85 p.
68. Richards, L. 1980. Diagnóstico y rehabilitación de suelos salinos y sódicos. Departamento de Agricultura de Estados Unidos de América. 59 – 74 p.
69. Rimache, M. 2007. Cultivo de Paltos. Perú.
70. Renault, S., Croser, C., Franklin, A., Zwiazek, J. 2001. Effects of NaCl and Na₂SO₄ on red - osier dogwood (*Cornus stolonifera Michx*) seedlings. *Plant and Soil*. 261 – 268 p.

71. Romero, C. 2015. Manejo Post cosecha de palta Hass (*Persea americana*) para la exportación. Informe de experiencia profesional para Ingeniero en Industrias Alimentarias. Perú. 115 p.
72. Salazar, E. 1973. Estudio comparativo de cuatro variedades de arroz desarrollados en suelos salino – sódicos en proceso de recuperación. Lambayeque – Perú. Tesis Ingeniero Agrícola. UNA – La Molina.
73. Saldaña, T., Bejarano, C., y Guaqueta, S. 2015. Efecto de la salinidad en el crecimiento de planta de tomate tipo chonto. *Agron. Colomb.* 322 – 329 p.
74. Sánchez, K. 2004. Perfil de Mercado de la palta. Programa de desarrollo rural sostenible. Universidad del Pacifico. 94 p.
75. Schaffer, B. and Whiley, A. W. 2002. Environmental Physiology. In: Whiley, A. W., Schaffer, B. and Wolstenholme, B. N. *The Avocado: Botany, Production and Uses.*
76. Schaffer, B., Wolstenholme B. and Whiley A. 2013. *The avocado: Botany, Production and Uses.* 2nd ed. CAB International. Oxford - Shire. UK.
77. Shani, U. y Ben – Gal, A. 2005. Long – term response of grapevines to salinity: osmotic effects and ion toxicity. *Amer. J. Enol. Vitic.* 148 – 154 p.
78. Singh, A., Saini, M., Behl, R. 2003. Screening of citrus rootstocks for salt tolerance in semi-arid climates-a review. *Topics.* 53 – 66 p.
79. Stein, C., y Delgado, A. 1969. Efecto de la salinidad sobre la germinación de cinco variedades de arroz. Programa Nacional de arroz. Universidad Nacional Agraria del Norte – Lambayeque.
80. Tadeo, R., y Gómez – Cadenas, A. 2008. Fisiología de las plantas y el estrés. In: *Fundamentos de Fisiología Vegetal.* Madrid. 577 – 597 p.

81. Teliz, D. y Mora, A. 2007. El Aguacate y su Manejo Integrado. México, Madrid, Barcelona. Ediciones Mundi Prensa.
82. Villa, M., Catalán, E., Inzunza, M y Ulery, A. 2006. Absorción y traslocación de sodio y cloro en plantas de chile fertilizadas con nitrógeno y crecidas con estrés salino. Revista Fitotecnia Mexicana. 11 p.
83. Willadino, L. y Cámara, T. 2004. Origen y naturaleza de los ambientes salinos. In: La ecofisiología vegetal, una ciencia de síntesis. Madrid. 300 – 303 p.
84. Wilson, C., Read, J., and Abo – Kassem, E. 2002. Effect of mixed-salt salinity on growth and ion relations of a quinoa and wheat variety. J. Plant Nutr. 2689-2704 p.
85. Wolf, O. and Jeschke, W. 1987. Modeling of sodium and potassium flows via phloem and xylem in the shoot of salt-stressed barley. Journal of Plant Physiology. 371 – 386 p.
86. Wooley. 1966. Diagnostic criteria for plants and soils. University of California. 501 – 516 p.
87. Yeo, A. 1998. Molecular biology of salt tolerance in the context of whole - plant physiology. Journal of Experimental Botany. 915 – 929 p.

VIII. ANEXOS

ANEXO 1: Análisis especial de suelos - aniones y cationes solubles (características iniciales)

Muestra	pH Pasta Sat.	C.E. Ext. St. dS.m ⁻¹	Cationes Solubles (meq/L)					Aniones Solubles (meq/L)					
			Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	SUMA	NO ₃ ⁻	CO ₃ ²⁻	HCO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	SUMA
Sustrato 1	7.24	5.32	17.05	21.83	10.33	8.23	57.44	4.11	0.00	2.22	16.08	35.00	57.41
Sustrato 2	7.36	3.60	10.70	12.42	6.54	7.26	36.92	2.40	0.00	2.44	23.13	8.80	36.77
Sustrato 3	7.60	1.26	4.20	4.17	3.79	2.78	14.94	0.41	0.00	2.84	3.65	8.00	14.90

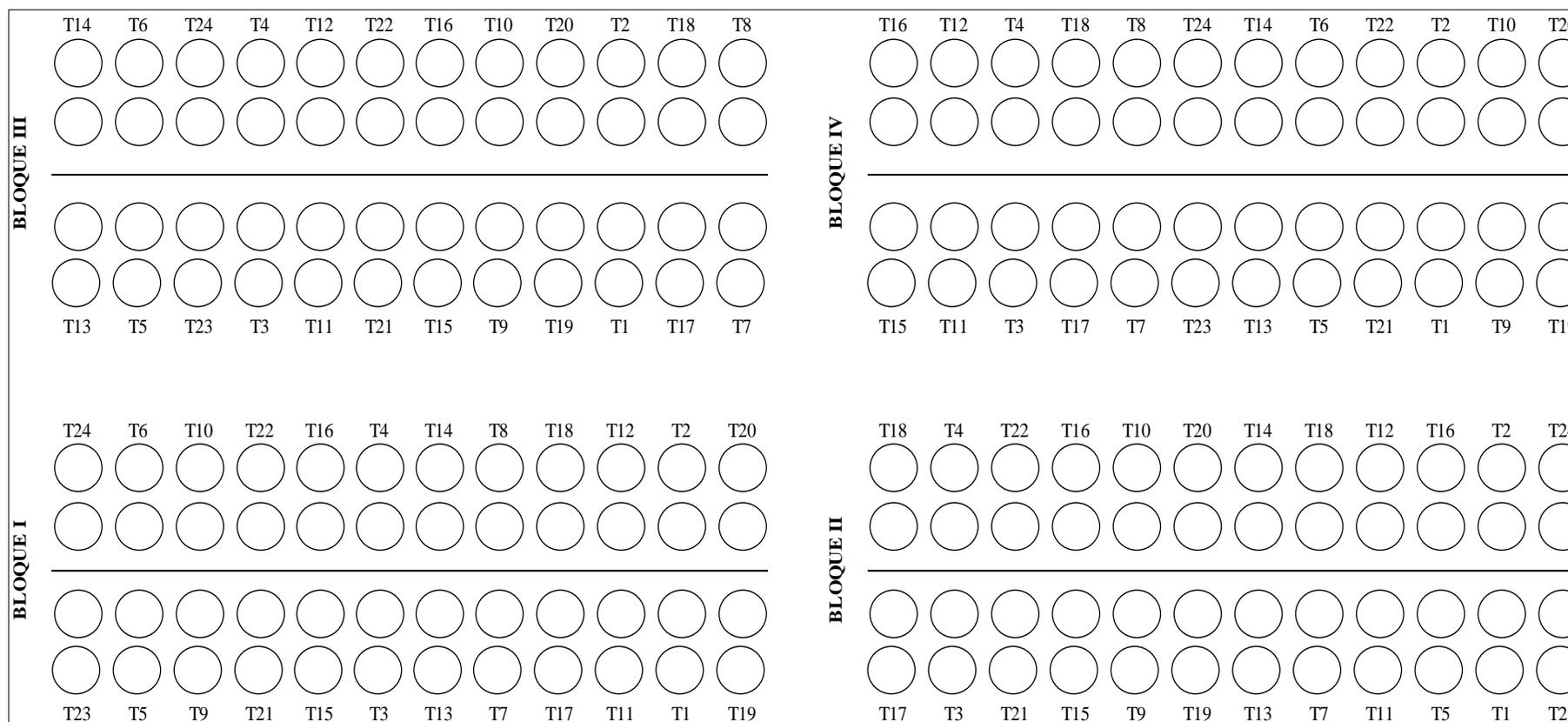
ANEXO 2: Análisis especial de suelos - aniones y cationes solubles (características finales)

Muestra	pH Pasta Sat.	C.E. Ext.St. dS/m	Cationes Solubles (meq/L)					Aniones Solubles (meq/L)					
			Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	SUMA	NO ₃ ⁻	CO ₃ ²⁻	HCO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	SUMA
Sustrato 1	7.14	2.84	6.90	7.33	3.13	2.17	19.53	2.11	0.00	1.22	10.27	6.00	19.60
Sustrato 2	7.16	2.54	5.60	7.08	2.95	2.13	17.76	2.40	0.00	1.44	8.42	5.40	17.66
Sustrato 3	7.06	1.77	4.70	5.08	2.27	2.02	14.07	1.82	0.00	1.94	5.86	3.69	13.31

ANEXO 3: Análisis de agua

Muestra	pH Pasta Sat.	C.E. Ext.St. dS/m	Sodio (%)	RAS	Boro (ppm)	Cationes Solubles (meq/L)					Aniones Solubles (meq/L)					
						Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	SUMA	NO ³⁻	CO ₃ ²⁻	HCO ₃ ³⁻	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	SUMA
Agua	7.20	0.60	14.07	0.53	0.29	4.34	0.78	0.07	0.85	6.04	0.03	0.00	2.11	1.57	2.30	6.01

ANEXO 4: Croquis del campo experimental



ANEXO 5: Prueba de Tukey al 5% de probabilidad para altura de planta (cm), niveles de salinidad del sustrato en promedio de variedades de portainjertos y cultivares de injertos.

	Niveles de salinidad del sustrato (dS.m ⁻¹)	Altura de planta (cm)	Agrupación
1	1.00 (S3)	55.09	a
2	3.00 (S2)	52.28	ab
3	5.00 (S1)	49.19	b

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p \leq 0,05$)

ANEXO 6: Prueba de Tukey al 5% de probabilidad para altura de planta (cm), variedades de portainjertos en promedio de niveles de salinidad del sustrato y cultivares de injertos.

	Variedades de Portainjertos	Altura de planta (cm)	Agrupación
1	Verónica (P3)	56.44	a
2	Israel (P4)	51.71	ab
3	Duke 7 (P2)	51.42	ab
4	Zutano (P1)	49.19	b

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p \leq 0,05$)

ANEXO 7: Concentración promedio (%) de Na⁺, K⁺, Ca²⁺, Mg²⁺, Cl⁻ y S en hojas de portainjertos de palto y niveles de salinidad del sustrato.

Factores		Hojas del portainjerto					
		Na ⁺ (%)	K ⁺ (%)	Ca ²⁺ (%)	Mg ²⁺ (%)	Cl ⁻ (%)	S(%)
Niveles de Salinidad del sustrato (dS/m)	5.00 (S1)	0.29 a	1.94 a	0.64 a	0.37 a	0.52 a	0.28 a
	3.00 (S2)	0.27 a	1.94 a	0.67 a	0.39 a	0.47 ab	0.29 a
	1.00 (S3)	0.25 a	1.82 a	0.66 a	0.40 a	0.39 b	0.29 a
Variedades de portainjertos	Zutano (P1)	0.26 a	1.70 a	0.67 a	0.39 a	0.39 a	0.29 a
	Duke 7 (P2)	0.29 a	1.99 a	0.63 a	0.35 a	0.48 a	0.29 a
	Verónica (P3)	0.27 a	1.98 a	0.69 a	0.41 a	0.48 a	0.29 a
	Israel (P4)	0.27 a	1.91 a	0.64 a	0.39 a	0.49 a	0.28 a

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p \leq 0,05$)

ANEXO 8: Concentración promedio de sodio (%) en diferentes órganos de la planta bajo niveles de salinidad del sustrato.

Factor		Sodio en raíces	Sodio en hojas del injerto	Sodio en hojas del portainjerto
Salinidad del sustrato (dS.m ⁻¹)	1.00 (S3)	0.57 a	0.010 b	0.25 a
	3.00 (S2)	0.51 a	0.013 a	0.27 a
	5.00 (S1)	0.41 b	0.015 a	0.29 a

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p \leq 0,05$)

ANEXO 9: Concentración promedio de cloruros (%) en diferentes órganos de la planta bajo niveles de salinidad del sustrato.

Factor		Cloruros en raíces	Cloruros en hojas del injerto	Cloruros en hojas del portainjerto
Salinidad del sustrato (dS.m ⁻¹)	S3 (1.00)	1.24 a	0.33 b	0.39 b
	S2 (3.00)	1.08 b	0.34 b	0.47 ab
	S1 (5.00)	1.03 b	0.39 a	0.52 a

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p \leq 0,05$)

ANEXO 10: Concentración promedio (%) de Na⁺, K⁺, Ca⁺², Mg⁺², Cl⁻ y S en raíces de portainjertos de palto y niveles de salinidad del sustrato.

Factores		Raíces					
		Na ⁺ (%)	K ⁺ (%)	Ca ⁺² (%)	Mg ⁺² (%)	Cl ⁻ (%)	S(%)
Niveles de Salinidad del sustrato (dS/m)	5.00 (S1)	0.41 b	1.54 b	1.22 a	0.48 a	1.03 b	0.50 c
	3.00 (S2)	0.51 a	1.87 a	1.10 a	0.50 ab	1.08 b	0.91 b
	1.00 (S3)	0.57 a	2.03 a	1.16 a	0.55 b	1.24 a	1.04 a
Variedades de portainjertos	Zutano (P1)	0.42 b	1.76 b	1.09 b	0.46 b	0.99 b	0.66 b
	Duke 7 (P2)	0.52 a	1.60 b	1.26 a	0.58 a	1.02 b	0.82 a
	Verónica (P3)	0.54 a	1.96 a	1.19 ab	0.49 b	1.29 a	0.92 a
	Israel (P4)	0.50 a	1.95 a	1.10 b	0.52 ab	1.17 ab	0.86 a
Cultivares de injertos	Hass (I1)	0.51 a	1.82 a	1.16 a	0.53 a	1.18 a	0.81 a
	Fuerte (I2)	0.48 a	1.81 a	1.16 a	0.49 b	1.05 b	0.82 a

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p \leq 0,05$)

ANEXO 11: Concentración promedio (%) de Na⁺, K⁺, Ca⁺², Mg⁺², Cl⁻ y S en hojas de injertos de palto y niveles de salinidad del sustrato.

Factores		Hojas del Injerto					
		Na ⁺ (%)	K ⁺ (%)	Ca ⁺² (%)	Mg ⁺² (%)	Cl ⁻ (%)	S(%)
Niveles de Salinidad del sustrato (dS/m)	5.00 (S1)	0.015 a	1.85 a	1.03 a	0.52 a	0.39 a	0.37 a
	3.00 (S2)	0.013 a	1.90 a	1.05 a	0.50 a	0.34 b	0.36 a
	1.00 (S3)	0.010 b	1.83 a	1.05 a	0.53 a	0.33 b	0.35 a
Variedades de portainjertos	Zutano (P1)	0.011 a	1.92 a	1.07 a	0.55 a	0.34 b	0.38 a
	Duke 7 (P2)	0.012 a	1.78 a	1.05 a	0.51 a	0.40 a	0.32 b
	Verónica (P3)	0.013 a	1.84 a	1.08 a	0.51 a	0.32 b	0.38 a
	Israel (P4)	0.013 a	1.90 a	0.99 a	0.51 a	0.36 b	0.36 a
Cultivares de injertos	Hass (I1)	0.012 a	1.87 a	1.04 a	0.52 a	0.38 a	0.38 a
	Fuerte (I2)	0.013 a	1.85 a	1.05 a	0.52 a	0.33 b	0.34 b

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p \leq 0,05$)

ANEXO 12: Prueba de Tukey al 5% de probabilidad para daño foliar (%), niveles de salinidad del sustrato en promedio de variedades de portainjertos.

	Niveles de salinidad del sustrato (dS.m ⁻¹)	Área foliar dañada (%)	Agrupación
1	5.00 (S1)	14.56	a
2	3.00 (S2)	12.56	b
3	1.00 (S3)	7.75	c

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p \leq 0,05$)

ANEXO 13: Prueba de Tukey al 5% de probabilidad para daño foliar (%), variedades de portainjertos en promedio de niveles de salinidad del sustrato.

	Variedades de Portainjertos	Área foliar dañada (%)	Agrupación
1	Duke 7 (P2)	14.67	a
2	Verónica (P3)	13.92	a
3	Israel (P4)	10.25	b
4	Zutano (P1)	7.67	c

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p \leq 0,05$)

ANEXO 14: Fotos

FOTOS DURANTE LA EJECUCIÓN DEL EXPERIMENTO



Preparación del sustrato y llenado de bolsas



Distribución de unidades experimentales de manera aleatoria

FOTOS DURANTE LA EJECUCIÓN DEL EXPERIMENTO



Semillas de variedades de portainjertos



Siembra de semillas en camas almacigueras



Germinación de semillas y acondicionamiento para repique

FOTOS DURANTE LA EJECUCIÓN DEL EXPERIMENTO



Repique de camas almacigueras a bolsas



Yemas de cultivares para el injerto



Práctica del injerto

FOTOS DURANTE LA EJECUCIÓN DEL EXPERIMENTO



Cosecha para determinación de materia seca



Seccionado de la planta en partes

FOTOS DURANTE LA EJECUCIÓN DEL EXPERIMENTO



Secado de muestras en estufa



Molienda de muestras para análisis

VISUALIZACIÓN DE HOJAS CON DAÑO FOLIAR EN LOS PORTAINJERTOS

