

**PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DE VALPARAÍSO**

**FACULTAD DE AGRONOMÍA**

**ÁREA DE FRUTICULTURA**

---



**TALLER DE LICENCIATURA**

**EVALUACIÓN DE PORTAINJERTOS DE PALTO DE RAZA ANTILLANA,  
MEXICANA Y GUATEMALTECA BAJO CONDICIONES  
DE ESTRÉS POR HIPOXIA.**

**CLAUDIA PATRICIA SOTO IBARRA**

**QUILLOTA CHILE**

**2004**

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

1.	INTRODUCCIÓN	1
2.	REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	3
2.1	Origen del Palto	3
2.2	Morfología y fisiología del Palto	4
2.3	Estrés en Frutales	7
2.3.1	Factores de estrés de suelo en Palto	7
2.3.2	Efectos de la salinidad en frutales	8
2.3.2.1	Mecanismos de adaptación a la salinidad	10
2.3.2.2	Estrés por salinidad en Palto	11
2.3.3	Efectos del anegamiento en frutales	12
2.3.3.1	Regulación génica y hormonal de las plantas	15
2.3.3.2.	Adaptaciones anatómicas	16
2.3.3.3.	Desbalance metabólico entre brote y raíz	17
2.3.3.4.	Efecto de hipoxia en la raíz	19
2.3.3.5.	Respuesta fisiológica	20
2.3.3.6.	Estrés por anegameinto en Palto	25
2.4.	Uso de portainjertos resistentes	26
2.5.	Uso de soluciones nutritivas para el riego de cultivo hidropónico.	32
3.	MATERIAL Y MÉTODO	34
3.1.	Diseño y distribución de materiales	34
3.2.	Infraestructura	34
3.3.	Plantas	35
3.4.	Transplante	36
3.5.	Riego y solución nutritiva	35
3.6.	Mediciones	38

3.7.	Diseño Experimental	39
4.	PRESENTACIÓN Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	42
4.1	Análisis por serie/variedad de portainjerto	42
4.1.1.	Diámetro basal	42
4.1.2.	Variación de la altura de la planta	44
4.1.3.	Variación del largo del brote apical	46
4.1.4.	Número de hojas viejas	48
4.1.5.	Número de brotes rojos	51
4.1.6.	Análisis de correlación	53
4.2.	Análisis por raza	54
4.2.1.	Diámetro basal	54
4.2.2.	Altura de la planta	55
4.2.3.	Largo del brote apical	56
4.2.4.	Número de hojas viejas	58
4.2.5.	Numero de brotes rojos	59
4.3.	Alteraciones de la raíz	61
5.	CONCLUSIONES	64
6.	RESUMEN	65
7.	ABSTRACT	66
8.	LITERATURA CITADA	67

ANEXOS

## 1. INTRODUCCIÓN

La creciente plantación de paltos (*Persea americana* Mill) en la zona centro-norte de Chile, ha generado el desplazamiento de la especie hacia zonas de suelos marginales y laderas de cerro, debido a la escasez y alto costo de suelos profundos y calidad superior (CASTRO, 2002).

Si bien, existe un claro consenso en el mundo en cuanto a que la variedad comercial "Hass", es por el momento la mejor opción por sus cualidades organolépticas y de postcosecha, no ocurre así con la elección del portainjerto, dada la gran diversidad de suelos donde se ha establecido este frutal (WHILEY, SCHAFFER y WOSTENHOLME, 2002).

Dentro de los fenómenos observados por la plantación de suelos marginales se encuentra el estrés por hipoxia causado por anegamiento, el cual, se presenta principalmente en suelos pesados de fácil saturación. Este fenómeno causa serios daños en el sistema radical, promueve un debilitamiento en la nutrición de la planta y permite el ataque de patógenos con mayor facilidad (JACKSON y DREW, 1984).

La semilla hija de Mexícola sigue siendo la más utilizada en Chile como portainjerto, presenta serias dificultades frente al patógeno más importante de esta especie *Phytophthora cinnamomi*, además, de la obtención de huertos altamente heterogéneos. Sin embargo, la cantidad de huertos sobre otros portainjertos como el clonal Duke 7 ha tenido buena aceptación (CASTRO, 2002) ya que, ha presentado muy buena resistencia frente a *P. cinnamomi* (GARBOR, 1990). En cuanto a portainjertos de raza antillana, se han desarrollado exitosamente en Israel y se han seleccionado series que presentan resistencia a la salinidad, mientras que en las Islas Canarias, España, la selección se ha concentrado respecto de su tolerancia a *P. cinnamomi* (GALLO-LLOVET, 1999). La variedad Nabal, perteneciente a la raza botánica Guatemalteca, se ha transformado en un portainjerto de mediana popularidad, por la tolerancia a sales que se ha documentado en Israel y al igual que Duke 7 se encuentra bajo evaluación.

En base a los antecedentes revisados, se piensa que existen diferencias en cuanto al crecimiento vegetativo y respuesta fisiológica de los 16 portainjertos pertenecientes a las tres variedades botánicas, al ser sometidos a condiciones de estrés por hipoxia provocado por el exceso de riego.

El objetivo principal de esta investigación, es determinar el comportamiento agronómico en cuanto al crecimiento vegetativo y fisiológico de 16 especies de portainjertos de palto pertenecientes a las distintas razas.

Los objetivos específicos son:

- Determinar la tasa de crecimiento del brote apical de las muestras en el periodo de estrés post trasplante y el periodo de estrés por hipoxia para las distintas series/variedades y razas de palto.
- Determinar la evolución del diámetro de tronco en el periodo de estrés post trasplante y el periodo de estrés por hipoxia para las distintas series/variedades y razas de palto.
- Determinar la relación entre defoliación y brotación en las muestras
- Observar y determinar la presencia de alteraciones en la raíz durante el periodo en que se lleva a cabo el ensayo.

## 2. REVISIÓN BIBLIOGRAFICA

### 2.1. Origen del Palto:

El género *Persea americana* (Clus.) Millar, pertenece a la familia de las *Lauraceae*. Junto con las *Annonaceae*, *Magnoliaceae* y *Protaceae*, este género se encuentra dentro de las plantas de flor más antiguas. Se distingue el subgénero *Eriodaphne* por primera vez en Sud América, y el subgénero *Persea* en América Central, al cual pertenecen las paltas comestibles como se conocen (SCORA y BERG, 1990). Se reconocen tres especies en el subgénero *Persea*; *P. schiedeana* Nees, *P. parvifolia* Williams y *P. americana* Mill. Según SCORA, WOLSTENHOLME y LAVI (2002), se conocen además taxas que surgen de polimorfismo y que se pueden considerar desde el punto de vista botánico como variedades o subespecies, a las que se les refiere comúnmente como razas hortícolas en la literatura popular.

Hace 300 años, la primera descripción de los tres grupos de razas de palta fue dada por Fray Bernardo Cobo en su "Historia de Nuevo Mundo". El describió en 1653 la palta de piel delgada de gran tamaño (hoy conocida como raza Antillana), la palta redonda de Guatemala (raza guatemalteca) y la palta pequeña de México (raza mexicana) de piel suave y delgada. A principio del siglo 20, los agricultores de California y Florida, comenzaron a utilizar los nombres Antillana (West Indian), Guatemalteca y Mexicana a las distintas razas de palto, sin darse cuenta que estos términos ya habían sido utilizados hace 300 años antes por Cobo (ZENTMEYER, SCHIEBERT y POPENOE, 1987). Existe actualmente una opinión consensual que indica que la raza Antillana probablemente se originó en la costa Pacífico de América Central, en un área que fluctúa entre Guatemala y Panamá (KNIGHT, 2002). Como resultado de la amplia distribución del germoplasma del palto, se han llevado a cabo un número considerable de cruces interraciales, hasta el punto en que hoy en día, la mayoría de los cultivares de importancia económica tanto en zonas tropicales como subtropicales son el resultado de hibridaciones entre las razas (KNIGHT, 2002).

Desde la llegada de los conquistadores a América en el siglo XVI , la palta, fruto de *Persea americana* Mill, ha sido introducida a muchos países del mundo, con climas benignos lo cual ha permitido un gran desarrollo de la industria de este fruto de los indígenas americanos (ZENTMEYER, SCHIEBERT y POPENOE, 1987).

En la época de la conquista española, la palta, se producía desde el norte de México, pasando por Centro América hasta el norte de Sud América, como también en la región andina de Perú y Venezuela. 400 años más tarde, luego de un gran desarrollo de esta industria en Latinoamérica, existe una producción significativa alrededor del mundo, como por ejemplo en Australia, Brasil, República Dominicana, Guatemala, Israel, México, Sud África y Estados Unidos (ZENTMEYER, SCHIEBERT y POPENOE, 1987). En Chile, el cultivo del palto es una de las especies frutales que presenta el mayor índice de plantación en los últimos años, alcanzándose una superficie cercana a las 27.000 hectáreas, las que se encuentran plantadas principalmente con el cultivar Hass, y se distribuye entre la III y la VII región (CASTRO, 2002).

## 2. 2. Morfología y Fisiología del Palto:

BERG (1992) reconoció que existen diferencias notables en cuanto a tolerancias climáticas, forma de copa, forma de hoja, floración y características del fruto entre las distintas razas del género *Persea americana*. En general, la raza Guatemalteca tienen mas genes de utilidad hortícola y por lo tanto dominan el germoplasma de los cultivares de palto subtropical, las de mejor reputación, se reconocen por la calidad de la fruta, semilla pequeña y maduración tardía de la fruta. Las paltas provenientes de árboles de raza mexicana de buena calidad son escasas, pero han contribuido con genes que promueven una maduración más temprana y tolerancia a frío. La raza Antillana y sus híbridos con guatemalteca dominan la industria mundial tropical y sub-tropical. La fruta de paltos de raza antillana, se reconoce por su contenido de

aceite relativamente bajo, pero alto contenido de azúcar y por su bajo sabor “almendrado” que se encuentra en cultivares subtropicales.

Los árboles de semilla de origen guatemalteco y antillano en su lugar de origen, pueden alcanzar alturas que sobrepasan los 30 metros, mientras que los de origen mexicano generalmente no sobrepasan los 15 metros de altura. Los árboles injertados, sin embargo, pueden ser aminorados en su tamaño en forma variada dependiendo del vigor del portainjerto. Los árboles cultivados en zonas subtropicales, pueden alcanzar más de 10-15 metros pero por lo general se mantienen a 5-7 metros dada la dificultad de hacer manejos fitosanitarios y cosecha. (WHILEY y SCHAFFER, 1994).

Los palto que han crecido en forma libre y sin restricción, se caracterizan por tener una copa redondeada y un follaje muy denso. La copa, sin embargo puede tener tendencia erecta ('Bacon, Edranol y Reed), mas redondeada ('Hass') o levemente aplanada (Fuerte) (WHILEY, SCHAFAER y WOLSTELHOLME, 2002).

Las raíces de Palto, tienen la habilidad de penetrar varios metros en suelos uniformes, sin embargo, presentan limitaciones en suelos con capas desuniformes y no son capaces de crecer desde una textura y estructura de suelo dada a otra. (WHILEY, SCHAFAER y WOLSTELHOLME, 2002).

Se distribuyen de manera uniforme verticalmente y horizontalmente en un suelo homogéneo. La temperatura, fertilidad de suelo, presencia de oxígeno y napas freáticas también influyen en la distribución de las raíces en el suelo (DURAND, 1987).

Según WHILEY, SCHAFAER y WOLSTELHOLME (2002) en general el número y ubicación de las raíces que se encuentran a lo largo de la raíz principal, junto con el diámetro y ángulo de inserción, determinan la capacidad de exploración de suelo en una planta, afectará su disponibilidad de nutrientes y agua. Por su parte BARRERA,

BORYS y MARTÍNEZ (1981), señalan que los factores genéticos tanto de la variedad como el portainjerto parecen afectar la distribución de las raíces de palto y algunos componentes de su tamaño.

En un estudio llevado a cabo para evaluar diferencias entre raíces de plantas de semillas antillanas y guatemalteca, BORYS, BARRERA y LUNA (1985), señalan que en ambas razas existe gran cantidad de raíz secundaria y terciaria, aunque éstas se encuentran de manera muy corta, además, casi la mitad de las raíces laterales se encuentran en el tercio basal del sistema radical. Se encontró que las raíces de paltos provenientes de raza antillana, presentan mayor desarrollo, esto es mayor longitud y grosor que raíces provenientes de paltos de raza guatemalteca, los portainjertos de raza antillana, poseen una mayor capacidad de retención de agua que guatemaltecos y mexicanos. La excelente capacidad para enraizar explica el mejor comportamiento de huertos establecidos sobre portainjertos antillanos, en comparación a los mexicanos y guatemaltecos bajo las condiciones de Israel. Esto, por su parte, ha llevado a que se recomiende el uso de portainjertos antillanos para suelos profundos, mientras que los portainjertos guatemaltecos se adecuan mejor en suelos menos profundos.

TAPIA (1993), señala que el palto Hass, principal variedad comercial, presenta dos flashes de crecimiento en la zona central de Chile. El primero comienza en septiembre y termina a fines de octubre, el segundo comienza en marzo y culmina en mayo, sin embargo, estos flash dependen de la cantidad de fruta y de reservas que tenga un árbol. Por su parte, árboles que aún no han presentado floración, sin fruta o árboles jóvenes pueden llegar a presentar tres flash de crecimiento, el primero en septiembre, otro en enero y por último, uno en abril. Cuando declina el crecimiento vegetativo, tiende a aumentar el crecimiento radicular.

### 2.3. Estrés en frutales:

Se entiende por estrés, aquellos factores externos que generan una influencia negativa sobre el árbol frutal. En la mayoría de los casos el estrés, se mide en relación al crecimiento (acumulación de biomasa) o al proceso de asimilación primaria (absorción de CO<sub>2</sub> y minerales), los cuales están relacionados con el crecimiento general del frutal (TAIZ y ZEIGER, 1992)

Debido a que el estrés se define en relación a las respuestas de las plantas, el concepto se asocia íntimamente con la resistencia de la planta a una condición desfavorable, lo que corresponde al acondicionamiento del frutal a un medioambiente adverso. En este sentido, se debe considerar que la planta puede aclimatarse o adaptarse a la nueva condición ambiental adversa, en el primer, caso, la resistencia se logra mediante la exposición creciente a este tipo de estrés, por su parte la aclimatación, se obtiene solo después de varias generaciones de selección lo que mejora el nivel de resistencia pero ahora genéticamente adquirida (TAIZ y ZEIGER, 1992).

La disminución de niveles de estrés, es la clave para la viabilidad comercial, por lo tanto el clima y la elección del suelo son factores muy determinantes. (WOLSTENHOLME, 2002).

#### 2.3.1. Factores de estrés de suelo en Palto

Según BEN YA'ACOV y MICHELSON (1995) los principales factores de estrés de suelo en palto son: suelos calcáreos y alcalinos, suelos ácidos, suelos salinos, suelos anegados de baja aireación y suelos infectados con *Phytophthora*.

### 2.3.2. Efecto de la salinidad en frutales

La salinidad transforma suelos fértiles en infértiles y generalmente produce una reducción del hábitat y la biodiversidad. La salinidad limita el crecimiento vegetativo y el crecimiento reproductivo de las plantas, induciendo severas disfunciones fisiológicas y causando daños en forma directa o indirecta, incluso con bajos niveles de sal (SHANNON, GRIEVE y FRACOIS, 1994).

La tolerancia a sales en plantas, es difícil de cuantificar ya que varía apreciablemente con los diferentes factores ambientales y los factores propios de las plantas (KOZLOWSKI y PALLARDI, 1997).

Las plantas leñosas son generalmente mas tolerantes durante la germinación de la semilla, pero aumentan su sensibilidad en la medida que se convierten en plántula. Sin embargo, son capaces nuevamente de adquirir cierto grado de tolerancia en la medida que se convierten a plantas adultas, a excepción del periodo de antesis. (SHANNON, GRIEVE y FRACOIS, 1994). Existen muchos ejemplos en la variación a la tolerancia dentro de la misma especie o genotipo de plantas leñosas, y se puede señalar que la tolerancia en especies muy relacionadas es muy variable (FRANCOIS y CLARCK, 1978).

Especies tales como: *Malus domestica*, *Prunus armeniaca*, *Pyrus spp*, *Prunus domestica*, *Prunus persica*, *Prunus armeniaca* y *Citrus spp* se consideran tolerantes; *Olea europea* y *Ficcus spp* se consideran moderadamente tolerante y *Phoenix dactilifera* se considera muy tolerante (GUCCI, LOMBARDINI y TATTINI, 1997).

La salinidad afecta negativamente a las plantas alófitas y no alófitas, produciendo daño, inhibiendo el crecimiento, alterando la morfología y anatomía, muchas veces seguido de la muerte. El daño, es mas severo cuando la sal que entra a la planta desde el suelo se deposita en las hojas (DIRR, 1976).

LEWITT (1980) señala que el daño no solo se produce por el efecto osmótico de la sal, sino también como resultado de la acumulación de  $\text{Cl}^-$  y  $\text{Na}^+$ . Ambos causan daño, pero la sintomatología de  $\text{Cl}^-$  generalmente aparece primero.

La salinidad daña las membranas celulares y provoca derrame de contenido celular (HAUTALA, WULFF y OKSANEN, 1992).

En la mayoría de las plantas, el exceso de sales reduce el porcentaje de germinación ya que disminuye el potencial osmótico y además produce intoxicación al embrión. Existen semillas de plantas que acumulan menos de 10% de los iones que se acumulan en el brote, lo que indica que poseen mecanismos de exclusión en el embrión (UNGAR, 1991).

La salinidad reduce el crecimiento vegetativo y reproductivo de plantas (NOBLE y ROGERS, 1994). El crecimiento del brote, se ve mermado por la inhibición de la expansión foliar, el crecimiento de los internudos y la abscisión foliar. El bajo crecimiento se relaciona con altos contenidos de cloruro en las hojas (SHORTLE, KOTHEIMER y RICH, 1972).

El exceso de sal reduce fuertemente la floración, polinización, desarrollo del fruto, producción y calidad de fruta y semilla (SHANNON, GRIEVE y FRACOIS, 1994).

La morfología y anatomía de las plantas, se ve alterada por las sales presentes en el suelo o en el agua de riego. Las hojas, generalmente son más gruesas y más suculentas que plantas que crecen en un medio no salino, las células epidermales y las cutículas de plantas salinizadas, también son más gruesas y esto les permite tener una mayor área superficial lo cual podría aumentar la absorción de  $\text{CO}_2$  por unidad de área (SHANNON, GRIEVE y FRACOIS, 1994).

La salinidad no solo inhibe la tasa del crecimiento cambial, sino también la anatomía de los derivados cambiales, además de aumentar la producción de fibra y cristales

de oxalato de calcio en la corteza. También se produce suberización de la hipodermis y endodermos de las raíces, con la formación de la banda de Caspari más cercana a la punta de la raíz que en plantas no salinizadas (SHANNON, GRIEVE y FRACOIS, 1994).

El bajo crecimiento va acompañado por la inhibición de la actividad enzimática, fotosintética, respiratoria y metabólica. La salinidad afecta la síntesis de carbohidratos, como también el transporte de fotosintatos hacia los nuevos tejidos (LEWITT, 1980), se disminuye la actividad enzimática (FLOWERS, TROKE y YEO, 1977), el intercambio gaseoso (KOZLOWSKI y PALLARDY, 1997), metabolismo proteico y nutrición mineral (DUTT, BAL y BANDYPADHAY, 1991).

#### 2.3.2.1. Mecanismos de adaptación a la salinidad

Las plantas se han adaptado tolerando niveles de sal en sus tejidos o excluyéndola de ellos (GUCCI, LOMBARDINI y TATTINI, 1997). La sal que se absorbe generalmente queda retenida en las vacuolas de tal forma de bajar la concentración a la que se expone el citoplasma y cloroplastos (SHANNON GRIEVE y FRACOIS, 1994). El citoplasma puede contener altos niveles de compuestos orgánicos que contrapesan la alta concentración de sal en vacuolas (GUCCI, LOMBARDINI y TATTINI, 1997).

El mecanismo de evasión a las sales puede ser pasivo, activo o a medida que la sal ingresa a la planta (KOZLOWSKI y PALLARDY, 1997). Algunas plantas exudan sales a través de glándulas especiales, esto se ve influido por la concentración de sal en el medio, la temperatura, presión de oxígeno e inhibidores del metabolismo (WAISEL, 1972).

En vista de las diferencias en cuanto a resistencia de árboles frutales a la salinidad, es que los cultivares de interés comercial se injertan, en patrones que son capaces

de excluir la sal (BLUM, 1988). En el caso de palto, la variedad comercial injertada en portainjerto mexicano resultó ser menos tolerante a sales que sobre un patrón guatemalteco, esto se atribuye a la diferencia en exclusión de sales de ambos patrones. El árbol menos tolerante contenía mayores concentraciones de cloruro en las hojas (DOWNTON, 1978).

Muchas plantas se adaptan a la salinidad por más de un mecanismo y éstos interactúan, por lo que la adaptabilidad a la salinidad es determinada por los efectos integrados de varios mecanismos (GORHAM, 1996).

#### 2.3.2.2. Estrés por salinidad en Palto

Los paltos sometidos a estrés por anegamiento sufren un daño notable en hojas, produciéndose borde café y epinastia por el alto contenido de sal que esta acumula (BEN-YA'ACOV, 1968). Por su parte ARPAIA (1992) y OSTER *et al.* (1985) encontraron que los niveles de salinidad no afectaron el contenido de sal ni cloruros en raíces.

Existen claras diferencias en cuanto al nivel de daño que sufre cada raza y el nivel de daño, se correlaciona con el contenido de cloro 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 (DIAZ *et al.*, 1984).

La raza mexicana y guatemalteca son las más sensibles y la más tolerante es la raza antillana. La salinidad provoca una mejora en el desarrollo radical en paltos de raza antillana, por su parte, las plantas antillanas y guatemaltecas fueron capaces de absorber más nutrientes bajo condiciones de salinidad, principalmente Ca, mientras que los portainjertos mexicanos reaccionaron absorbiendo más K. (BEN-YA'ACOV y MICHELSON, 1995).

### 2.3.3. Efectos del anegamiento en frutales.

El anegamiento de suelos en forma temporal o continuo ocurre como resultado de desborde de ríos, drenaje inadecuado y encharcamiento de agua por presencia de capas impermeables (WAINWRITE, 1980). Algunos suelos pueden sufrir inundaciones producto de la infiltración de sodio, alterando las condiciones del suelo por alto intercambio de sodio, causando la dispersión de los coloides bloqueando los poros impidiendo el movimiento de aire y agua (SHANNON, GRIEVE y FRACOIS *et al.*, 1994). Por su parte, las inundaciones con movimiento superficial de agua provocan la erosión y embancamiento de suelo en otras áreas. Además, involucra la disgregación del suelo, defloculación de las arcillas del suelo y destrucción de los agentes cementantes (BRINSON *et al.*; 1981 BRINK, 1954).

Las inundaciones afectan el suelo a través de la alteración de la estructura, provocando una falta de oxígeno, acumulación de CO<sub>2</sub>, induciendo descomposición anaeróbica de la materia orgánica y reduciendo el hierro y el magnesio. Además, influye en la distribución de muchas especies leñosas, ya que inhibe la germinación de las semillas como también el crecimiento vegetativo, desarrollo productivo, anatomía de la planta e induce la mortalidad de la planta (KOZLOWSKI y PALLARDI, 1997). Los suelos bien drenados tienen potenciales de reducción de +300 mV o más, mientras que los suelos anegados tienen potenciales de reducción que bordean los -300mV (PEZESHKI y CHAMBERS, 1985).

Los microorganismos típicos de suelos bien aireados son reemplazados por microorganismos anaeróbicos, principalmente bacterias, las que causan desnitrificación y reducción de Fe, Mg y S (KOZLOWSKI y PALLADRI, 1997). Muchos compuestos potencialmente tóxicos se acumulan en suelos inundados, tales como sulfitos, CO<sub>2</sub>, Mn y Fe soluble los cuales son producidos por reacciones bioquímicas del suelo (WANG, CHEN y TUNG, 1967), otros compuestos tóxicos son producidos por las raíces, como gas metano, gas etano, propileno, ácidos grasos, ácidos hidroxil y decarboxílicos, ácidos no saturados, aldehídos, cetonas, diaminas,

mercaptanos y compuestos heterocíclicos los cuales son productos de la descomposición anaeróbica (KOZLOWSKI y PALLARDY, 1984). Además, se aumenta la solubilidad de sustancias minerales, el Fe y Mn sufren reducción y se forman compuestos tóxicos (KOZLOWSKI y PALLARDY 1997)

Las inundaciones en la época de crecimiento afectan en forma negativa todos los estados de desarrollo en las plantas no tolerantes, mientras que inundaciones a corto plazo en la época de baja actividad tienen poco efecto (KOZLOWSKI y PALLARDY, 1997). Las inundaciones adversas pueden provocar un cambio en la distribución y composición vegetal de un determinado sector (HUGHES, 1990).

Las plántulas provenientes de semillas son más sensibles a las inundaciones que plantas más adultas (KENNEDY y KRINARD, 1974).

Las inundaciones afectan negativamente el crecimiento del brote de muchas plantas leñosas, inhibiendo la formación de la hoja, elongación de internodos y expansión de la hoja, causando senescencia y abscisión prematura, provocando el decaimiento del brote (KOZLOWSKY y PALLARDY, 1997).

Algunas de las variaciones del crecimiento cambial como respuesta a inundaciones podría ser asociado con métodos para medir crecimiento cambial, dado que los cambios en el diámetro basal del tronco a veces se complican por la hinchazón o hipertrofia, o ambos (KOZLOWSKI, 1972). La tasa del crecimiento de diámetro se reduce bajo inundación prolongada en la mayoría de las especies (TANG y KOZLOWSKY, 1982), sin embargo, si la inundación ocurre en época de dormancia y el agua se retira antes de la época de crecimiento, la tasa de crecimiento cambial podría ser superior que en plantas no anegadas (BRADFOOT, 1967). En contraste a los efectos inhibitorio de plantas intolerantes, a inundaciones, el diámetro del tronco en algunas plantas tolerantes, se ve aumentado por las inundaciones y para la mayoría de la época de crecimiento, la tasa de crecimiento del brote y diámetro basal fue superior, esto se atribuye a una mayor eficiencia en el aumento de la biomasa por unidad de nutriente absorbido, menos el Fe (McKEVLIN *et al.*, 1995).

Según YAMAMOTO y KOLOWSKY (1987) tanto en gimnospermas como en angiospermas inundaciones prolongadas generalmente provocan un aumento en el tejido parenquimatoso en el xilema y floema.

Según LINZ (2004), la principal preocupación de los productores del sur de Florida en Estados Unidos, son las inundaciones causadas por los altos niveles de los canales. En el este de Canadá existen aproximadamente 280.000 ha de riego y alrededor de 24.000 se encuentran permanentemente inundados (REID, 1977)

Cultivos comerciales de *Annona* como la atemoya "Gefner" ha sido exitosamente injertada sobre *Annona glabra*, una especie no comercial, nativa de la zona de Everglades, Florida. Los cultivos comerciales injertados sobre la tradicional *Annona squamosa* solo son capaces de sobrevivir tres días bajo inundación continua, mientras que sobre *Annona glabra* sobreviven y se desarrollan hasta por 17 meses de inundación continua.

Un trabajo realizado con árboles de carambola, indica que condiciones de inundación de corto plazo puede estimular la floración de carambola, mientras que inundaciones de largo periodo causan daño a las plantas (LINZ, 2004).

El exceso de agua provoca anoxia en el suelo, al cabo de un par de horas la concentración de O<sub>2</sub> permanece alta solo en la capa superficial del suelo (GRAMBELL y PATRICK, 1978). Las raíces de las plantas sufren de hipoxia o anoxia en forma reiterada. En plantas resistentes, la formación de aerenquimas y raíces adventicias cercanas a nudos de los cotiledones es una señal de mecanismos de adaptación (KAWASE, 1981). La interacción de auxina y etileno, es esencial para la formación de raíces adventicias (McNAMARA y MITCHEL, 1989). La capacidad respiratoria de las plantas bajo condiciones de inundación, se considera frecuentemente como un indicador de la viabilidad de las raíces adventicias, como también la integridad de los aparatos respiratorios (KENNEDY y KNIRARD, 1992).

La capacidad fotosintética también ha demostrado ser inhibida en condiciones de inundación. REGEHR, BAZZAZ y BOGGESS (1975) y PHANG-KNIPLING (1976) sugieren que la apertura estomática domina la tasa de intercambio de CO<sub>2</sub> en plantas inundadas. Se ha estudiado que una baja en la conductividad estomatal coincide con la tasa de intercambio de CO<sub>2</sub> y una baja concentración de CO<sub>2</sub> interno se observó en el arándano Rabbiteye (DAVIES y FLORE, 1986a, 1986b).

La reducción en la capacidad respiratoria, es una de las primeras respuestas frente a una condición de anoxia, independiente de la condición climática, las plantas son tolerantes o intolerantes (SU y LIN, 1996; CARPENTER y MITCHEL 1980). Según VARTAPETAİN (1991) en raíces de *Oriza sativa* y *Cucurbita pepo*, se encontró que la integridad de la mitocondria es altamente dependiente de la disponibilidad de oxígeno. Una alta tasa de consumo en el extremo de la raíz, se asocia con respiración, lo cual, es esencial para la actividad metabólica como la generación de ATP. Bajo condiciones de anegamiento, las plantas se encuentran en un estado de hipoxia, su actividad metabólica se ve inhibida y su producción de ATP reducida (SAGLIO *et al.*, 1980). La falta de producción de ATP restringe el aporte de energía para el crecimiento de raíz y por ende disminuye el crecimiento y desarrollo de la parte aérea de la planta (CHUAN-TA Y CHIN-HO, 2000).

#### 2.3.3.1. Regulación génica y hormonal de las plantas

En cuanto a la regulación de la expresión génica, se ha estudiado que en condiciones de inundación se inhibe la traducción de RNAm de proteínas aeróbicas (CHUAN-TA y CHIN-HO, 2000).

La regulación hormonal, también se manifiesta frente a condiciones de inundación en cuanto las plantas exhiben una gran variedad de respuestas morfológicas y anatómicas frente a condiciones de inundación de raíz o planta completa, algunas de ellas parecen ser adaptaciones significativas, como ocurre en un gran número de plantas que desarrollan aerenquimas de lignina, rápida elongación de brotes y hojas

en especies acuáticas o anfibias, cierre estomatal y epinastia foliar. Cada una de estas reacciones está mediada por hormonas vegetales donde el etileno y ácido abscísico juegan un rol fundamental (JACKSON, BRAILSFORD y ELSE, 1993).

La tolerancia a la inundación varía de acuerdo a la especie, genotipo, portainjerto, edad de la planta, tiempo y duración de la inundación y la condición del agua de inundación (KOLOWSKI, KRAMER y PALLARDY, 1991).

#### 2.3.3.2. Adaptaciones anatómicas

Una de las respuestas anatómicas más curiosa en los cultivos inundados o bajo condiciones de anoxia, como maíz, tomate y varias forrajeras, es el desarrollo extensivo de sistemas de aerénquimas en la corteza, lo cual facilita el transporte de gases en condiciones de anegamiento o anoxia de raíces (KONING y LAMBERS., 1991). Está demostrado que el etileno, es el principal promotor del desarrollo de aerénquimas en maíz como también en otras plantas (JACKSON, 1985). Sin embargo, la formación de aerénquimas en arroz se considera como el resultado de un control genético dado que estas siempre se forman en el arroz independiente de las condiciones ambientales (KUO, 1993). La principal característica del arroz, es una alta tasa de extensión vertical, lo cual permite que coleoptilo y brotes tengan acceso a oxígeno, CO<sub>2</sub> y aporte limitado pero no la falta total de oxígeno (JACKSON, BRAILSFORD y ELSE, 1993). La regulación hormonal, se basa en el aumento de la concentración de etileno, la cual interactúa con la giberelina y auxina (COOKSON y OZBORNE, 1978). Auxinas y giberelinas, son prerequisite para la acción del etileno por el aumento de la actividad de la ACC (ácido 1-aminoacilciclopropano-1-carboxílico) sintetasa, lo que hace enriquecer el tallo con etileno (PEARCE, HALL y JACKSON, 1992). Cabe señalar que los efectos de una inundación no son exclusivos de las partes inundadas de la planta. El cierre estomático y la epinastia ocurren en algunas raíces y brotes. Los efectos pueden involucrar ajustes a la translocación de hormonas o sus precursores entre la partes sobre y bajo el agua (JACKSON, BRAILSFORD y ELSE, 1993). Se encontró que la

concentración de ABA aumenta en raíces de arveja durante el 2º, 3º y 4º día de anegamiento, causando un cierre estomático parcial y un enriquecimiento de las hojas con dicha hormona (ZHANG y DAVIES, 1987). Epinastia puede ser inducido por pequeñas dosis exógenas de etileno y los brotes de plantas inundadas contienen cantidades crecientes de este gas producido en forma endógena (JACKSON y CAMPBELL, 1976).

#### 2.3.3.3. Desbalance metabólico entre brotes y raíz

Bajo condiciones de anegamiento, la acumulación de almidón en las hojas, se atribuye a la baja tasa de traslocación de carbohidratos desde las hojas hacia las raíces (BARTA, 1987), al bajo crecimiento de raíces y un bajo metabolismo en las hojas, lo cual causaría una disminución en la demanda por carbohidratos (HSU, TSENG y LIN, 1999).

Se ha estudiado que el contenido total de nitrógeno en el tejido vegetal disminuye bajo estrés por anegamiento en varias especies frutales como es el caso de los cítricos, manzanos, arándanos (LABANAUSKAS, STOZLY y HANDY, 1972) y paltos (SLOWICK *et al.*, 1979).

Bajo estrés por anegamiento, la composición y calidad de las proteínas y aminoácidos, y la actividad de enzimas relacionadas son muy importantes, en particular la nitrato reductasa y glutamina sintetasa, dos enzimas claves en la reducción del nitrógeno y la asimilación de amonio, son altamente afectadas por inundaciones. La actividad de la nitrato reductasa en raíces de plantas inundadas aumenta rápidamente, como también lo hace la capacidad de síntesis de aminoácidos (CRAWFORD, 1978). Por su parte HSU TSENG y LIN (1999), señalan que esto no ocurre en manzano, sino que disminuye significativamente. Esto puede ser atribuido a la baja absorción de nitrato por parte de las raíces. La síntesis de nitrato reductasa está regulada por el sustrato y esta vive por pocas horas por lo que

un bajo consumo de nitrato por parte de las raíces reduce el nivel de síntesis de nitrato reductasa (TAIZ y ZEIGER, 1991).

Los parámetros de intercambio gaseoso de las hojas se han utilizado para estudiar la capacidad fotosintética de las plantas durante periodos de inundación. Excepto en el caso de algunas plantas tolerantes al anegamiento que han desarrollado mecanismos de adaptación que mantienen una mejor capacidad fotosintética (SENA GOMEZ y KOZLOWSKI, 1980). El anegamiento causa un descenso significativo en la mayoría de las plantas intolerantes (PHUNG y KNIPLINE, 1976). Estudios señalan que en arvejas sujetas a condiciones de anegamiento el contenido foliar de ABA aumenta, acompañado del cierre estomático (JACKSON y DREW, 1984). La conductividad estomatal en plantas inundadas comparadas con plantas no inundadas mostró una correlación con la tasa de intercambio de CO<sub>2</sub>, lo cual sugiere que la apertura estomatal es el factor limitante para la tasa de intercambio de CO<sub>2</sub>. (LIAO y LING, 1994).

Se encontró que la concentración interna de CO<sub>2</sub> de las hojas aumenta en forma lineal con la duración de la inundación, a pesar de la reducción de la conductividad estomatal y la respiración aumenta significativamente durante inundación (LIAO Y LING, 1994).

En general las angiospermas leñosas toleran mejor las inundaciones que la mayoría de las gimnospermas (KOLOWSKI y PALLARDY, 1997). Cabe señalar que la sensibilidad a inundaciones varía entre las plantas leñosas relacionadas, es el caso de especies de *Eucalyptus* (CLEMENS y MILLS, 1978), *Pinus* (TANG y KOLOWSKI, 1983) y *Prunus* (MIZUTANI *et al.*, 1979). Las especies de *Prunus* son relativamente sensibles a inundaciones. Por ejemplo, las inundaciones de suelo de dos a cinco días provocan la muerte de ciertos miembros de la taxa *Prunus*, incluyendo *P. dulcis* y *P. persica*. Sin embargo, RANNEY y BIR, (1994) encontraron mucha variación en tolerancia dentro de este género, por ejemplo, basado en la tasa de sobrevivencia, defoliación y fotosíntesis, se encontró que *P. salicina* x (*P. americana*

*x P. nigra*) *x P. cerisifera* "Newport" y "F-12/1" Mazzard son tolerante a la inundación, mientras que *P. caroliniana*, *P. virginiana* "Canada Red" y *P. mumue* "Peggy Clarck" eran sensibles a la inundación. La alta tolerancia en algunas de las especies de *Prunus* se ha atribuido a la baja concentración de glucósidos cianogénicos en las raíces (ROWE y CATLIN, 1971). La tolerancia al anegamiento en cultivares de *Vitis* también varía en gran medida, "St George", "Coudere 3309" y "Riparia Gloire" se encuentran entre los cultivares mas tolerantes, mientras que "Kober 573B", "Seyval" y "Cynthaniana" son mas sensibles (STRIEGLER, HOWELL y FLORE, 1993).

Los portainjertos también varían en su tolerancia, un estudio hecho en dos portainjertos de cítricos mostró que inundaciones prolongadas reduce la capacidad fotosintética, conductividad estomatal, contenido de clorofila y ribulosa bifosfato carboxilasa/oxigenasa (Rubisco), mas en *C. Sinensis* cuando estaba injertada sobre *C. aurantium* que cuando estaba injertada sobre *C.jambiri*. 30 días de inundación fueron esencialmente letales para *C. aurantium*, con mas de 90% de árboles muertos o decaídos, mientras que *C. jambiri* resistió inundaciones hasta 60 días con solo 20% de árboles mostrando decaimiento (VU y YELENOSKY, 1991).

#### 2.3.3.4. Efecto de hipoxia en la raíz

El anegamiento reduce el crecimiento radical en la mayoría de las especies leñosas a través de la inhibición de la formación y ramificación (KOZLOWSKI y PALLARDY, 1997). Las raíces superficiales y de gran esparcimiento son típicas de sistemas radicales sometidos a altos niveles de agua, y debido a que el crecimiento radical se reduce más que el crecimiento del brote, se reduce la relación raíz/brote. Cuando el agua finalmente drena, las plantas previamente inundadas podrían ser menos tolerantes a inundaciones que plantas que nunca han sufrido anegamiento, ya que la absorción de agua por sus pequeños sistemas radicales no pueden suplir adecuadamente la demanda atmosférica (KOZLOWSKI y PALLADRY, 1997).

Dado que las micorrizas son esencialmente aeróbicas, estas son escasas en suelos inundados (THEODORON, 1978). Las inundaciones reducen el número de estos hongos benéficos y suprimen el crecimiento de nuevas poblaciones de micorrizas (FILTER, 1975).

Las inundaciones pueden llevar al desarrollo de pudrición de raíz por el aumento de la actividad de hongos fitopatógenos (FILTER, 1975).

La pudrición de raíces ocurre principalmente por un aumento en la actividad del hongo *Phytophthora*, el cual puede tolerar bajas concentraciones de CO<sub>2</sub> (DUNIWAY y GORDON, 1986). La expresión de la pudrición inducida por *Phytophthora* varía dependiendo de la especie hospedera. Por ejemplo *P. cinnamomi* afecta principalmente las finas raíces de *Persea americana* pero invade la mayoría del sistema radical de la especie *Banksia* (ZENTMYER, 1980). El anegamiento parece promover el desarrollo y dispersión del hongo mas que predisponer a la planta hospedera a la infección (KENERLEY, PAPKE y BRUCK, 1984). Las zoosporas de *Phytophthora* son atraídas por exudados de las raíces, especialmente aminoácidos, azúcares, alcoholes y otros compuestos (CARLILE, 1986). Zoosporas de cinco especies de *Phytophthora* fueron atraídas a vitaminas, compuestos fenólicos, bases nitrogenadas de ácidos nucleicos, nucleótidos, reguladores hormonales de crecimientos, azúcares, ácidos orgánicos y aminoácidos, y las lesiones, en forme de lesiones necróticas fueron evidente en menos de 24 horas (ZENTMYER, 1979).

#### 2.3.3.5. Respuestas fisiológicas

La inhibición del crecimiento y el daño en plantas inundadas se han atribuido a disfunciones fisiológicas múltiples y recurrentes en plantas inundadas, esto incluye la alteración en las relaciones hormonales, minerales, hídricas y de carbohidratos. Bajo condiciones anaeróbicas la actividad de varias rutas metabólicas se ve

reducida o alterada, ocurren cambios en el metabolismo de proteínas, ácidos orgánicos, lípidos y carbohidratos (KOZLOWSKI y PALLARDY, 1997).

#### Fotosíntesis:

La inundación del suelo generalmente es seguida por un rápido descenso en la tasa fotosintética en muchas especies de angiospermas y gimnospermas. Varios estudios han demostrado que la fotosíntesis disminuye pocas horas después de una inundación (CHILDERS y WHITE, 1942; BECKMAN, PERRY y FLORE, 1992). En cítricos, la tasa fotosintética se ve reducida en 24 horas y mucha de esta reducción temprana se ha correlacionado con el cierre estomático, con el resultado de una disminución en la absorción de CO<sub>2</sub> por parte de las hojas (PHUNG y KNIPLING, 1976). Cuando el agua se retira, los estomas se abren nuevamente y la tasa fotosintética aumenta, sin embargo la capacidad para la reapertura varía según la especie y la duración del anegamiento (LARSON *et al.*, 1989).

El cierre estomático de muchas plantas puede ser el resultado de una señal hormonal transmitida desde las raíces hacia el brote. Se cree que ABA y citoquininas están relacionadas con el cierre estomático de las plantas que crecen en condiciones de anegamiento (DAVIES y KOZLOWSKY, 1975)

#### Partición de Carbohidratos

Con la eliminación del último aceptor de electrones de la respiración aeróbica, el sistema de transporte de electrones y la cadena de los ácidos tricarboxílicos se bloquea. Por ende la producción de ATP solo dependerá del metabolismo de la fermentación, se aumenta la actividad de la enzima Alcohol Deshidrogena y la acumulación de etanol (DAVIES, 1980). La fermentación anóxica de las raíces ocurre a través de la Glicólisis y la tasa de fermentación es dependiente de la disponibilidad de azúcares solubles. Condiciones de inundación reducen el

transporte floemático y causa acumulación de fotosintatos en hojas en desmedro de carbohidratos en hojas (CHUAN-TA y CHIN-HO, 2000).

#### Metabolismo anaeróbico de las raíces

Las plantas responden a la anoxia modificando los patrones de síntesis proteica. Estas proteínas sintetizadas como respuesta a la anaerobiosis se denominan polipéptidos anaeróbicos (SACHS, PRICE y SAKURAI, 1980). Se han caracterizado varias formas de reacciones químicas en las proteínas y componentes moleculares y todos los polipéptidos anaeróbicos caracterizados son enzimas glicolíticas (MIERNYK, 1990). Entre los polipéptidos anaeróbicos estudiados, predomina uno denominado ADH y este aumenta su presencia durante condiciones de inundación en muchas plantas con distintas propiedades bioquímicas (SACH *et al.*, 1980).

#### Fermentación etílica

Bajo condiciones de anoxia, se bloquea la fosforilación oxidativa de la mitocondria y las células inevitablemente sufren fermentación anaeróbica, en lugar de utilizar el ciclo de Krebs para abastecer la demanda de ATP (DAVIES, 1980). Durante la fermentación, ADH es responsable del reciclaje de  $\text{NAD}^+$  necesario para que el proceso de glicólisis continúe (SAGLIO *et al.*, 1980). Altos niveles de actividad de ADH y producción de etanol durante anaerobiosis se han observado en plantas tolerantes a inundaciones (AVADHANI *et al.*, 1978; CHIRKOVA, 1978) y la actividad de ADH se correlacionó positivamente con la magnitud del daño por inundación en diferentes genotipos (FRANCIS, DEVITT y SEELE, 1974; LIN y LIN, 1992). Por su parte BARTA (1984) y CRAWFORD (1978) señalan que especies con altos niveles de etanol son menos tolerantes a condiciones de inundación, comparado con plantas tolerantes. Se ha propuesto que la producción de etanol tiene un rol de auto envenenamiento en plantas intolerantes a inundaciones, sin embargo otros estudios,

no apoyan esta idea (JACKSON, HERMAN y GOODENOUGH, 1982). Se ha propuesto una hipótesis basada en el pH por DAVIES (1980) para explicar la corta tolerancia a la inundación en plantas en las que se produce etanol (producto de fermentación menos dañino) en vez de lactato. La acumulación de lactato promueve la acidificación del citoplasma de plantas sensibles a la anoxia como maíz y trigo (MENEGUS *et al.*, 1991).

El nivel de etanol en raíces de maravilla bajo condiciones de inundación, no aumenta en proporción a los niveles de pirubato descarboxilasa (PDC) y la actividad de ADH, pero declina luego de un aumento inicial durante el primer día. Este fenómeno puede deberse a la difusión o vertimiento del etanol al medio que rodea la raíz. A pesar de que hay muchas plantas que se pueden acomodar a niveles altos de etanol en el medio, la tolerancia del tejido de las plantas al etanol no es definitivo (JACKSON, HERMAN y GOODENOUGH, 1982). BARCLAY y CRAWFORD (1981) señalan que un nivel interno de etanol de 60 mmol/L parece ser el valor letal en la sobrevivencia de la arveja, y la muerte por anoxia ocurre cuando esta concentración se excede. Por consiguiente para evitar el envenenamiento por acumulación excesiva de etanol, es importante excretar este etanol producido por metabolismo anaeróbico (CHUAN-TA y CHIN-HO, 2000).

Claramente, la actividad de PDC es usualmente mucho mas baja que la de ADH, lo que sugiere que la enzima limitante para la síntesis de etanol en raíces inundadas es PDC y no ADH (CHANG *et al.*, 1983). WATERS (1991) sugiere que la alta relación ADH/PDC puede ser necesaria para prevenir la potencial acumulación de acetaldehído lo cual indica que la no acumulación de sustancias tóxicas como acetaldehído es un factor determinante en la tolerancia a inundaciones (CHUAN-TA y CHIN-HO, 2000).

Según la teoría metabólica de CRAWFORD (1978), la tolerancia a condiciones de inundación se consigue minimizando la producción de etanol y se asocia con la desviación de la fermentación etílica a producción de malato. La actividad de la

fosfoenol piruvato carboxilasa (PEPC) y la malato deshidrogenasa (MDH) se requieren para la síntesis de Malato. Adicionalmente la enzima NADP-málica (NADP-ME) debe estar ausente o reprimida para que la decarboxilación del malato sea evitada. Por su parte VANLERBERGHE, FREIL y TURPIN, (1990) proponen que el producto de la fermentación es succinato, en vez de malato. Ellos desarrollaron un modelo en el cual se acumula succinato como subproducto parcial del paso desde fumarato vía oxalacetato y malato, regenerando  $\text{NAD}^+$  y produciendo una ganancia neta de un ATP por cada mol de succinato producido. Sin embargo la alta actividad de NAD-ME podría indicar que el malato es decarboxilado a pirubato luego de su formación.

#### Relaciones minerales (Nutrición)

En general, las condiciones de anegamiento limitan la absorción de los macronutrientes, especialmente N, P y K en plantas no tolerantes. El nitrógeno se agota rápidamente por denitrificación bajo condiciones de hipoxia y la inhibición de la absorción de N también se asocia a los efectos de una baja concentración de  $\text{CO}_2$ . (KOZLOWSKI y PALLADRY, 1984). Por su parte el Fe y el Mn generalmente aumentan ya que ambos son convertidos a formas solubles y esto puede resultar tóxico para algunas plantas (CRAWFORD, 1989).

La absorción de K requiere de transporte de  $\text{O}_2$  desde los tallos expuestos al aire y este transporte se detiene cuando el  $\text{N}_2$  reemplaza el aire en esta zona y las raíces (FISHER y STONE, 1990).

La reducción en la absorción de macronutriente en plantas intolerantes a inundaciones, ha sido atribuida a la pérdida de raíces por pudrición, pérdida de micorrizas y reducción en el metabolismo, transpiración y conductividad hidráulica (ROSEN y CARLSON, 1984).

## Relaciones hormonales

Muchas investigaciones han demostrado correlación entre la abscisión foliar en plantas inundadas y producción de etileno (KAWASE, 1981). Las auxinas, giberelinas y citoquininas retardan la senescencia de hojas, en contraste con etileno, que acelera la abscisión tanto de hojas como frutas (ADDICOTT, 1991). La anatomía anormal que se produce en el tejido xilemático y floemático, se ha atribuido a disfunciones en las relaciones hormonales. Algunos investigadores sugieren que el etileno cumple un importante rol en la inducción de “Madera de reacción” (madera comprimida en gimnospermas y madera tensada en angiospermas) en plantas inundadas (BROWN y LEOPOLD, 1973).

La correlación observada entre la cantidad de etileno producida por plantas inundadas y la formación de raíces adventicias tiende a oscurecer la complejidad del mecanismo de inducción y crecimiento de raíz. Aparte del etileno, la formación de raíces adventicias requiere de un aporte balanceado de hormonas de crecimiento, carbohidratos, nitrógeno, enzimas y cofactores de enraizamiento que actúan en forma sinérgica con auxina (HAISSIG, 1990).

### 2.3.3.6. Estrés por anegamientos en Paltos

En palto, se ha determinado que existe una fuerte relación entre la pudrición de raíz causado por *Phytophthora cinnamomi* y condiciones de inundación. A través de la prevención de la infección de *Phytophthora*, se puede mejorar la tolerancia a inundaciones del palto, esto se ha hecho a través del uso de fungicidas aplicados al suelo o a través de inyecciones directamente al árbol. Sin embargo, esto resulta poco práctico dado que los fungicidas son costosos y los productores no están dispuestos a aplicarlos si no están seguros que sus campos sufrirán inundaciones (LINZ, 2004).

Según LINZ (2004) la mejor solución para mejorar la tolerancia a inundaciones son portainjertos resistentes a la pudrición de raíz causado por *Phytophthora*, sin embargo, no existe portainjerto verdaderamente resistente, algunos se mencionan como que tienen resistencia, pero esto es gracias a que el crecimiento de las raíces supera a la del patógeno. A pesar de que el palto tiene poca o ninguna resistencia, otras especies en el subgénero *Eriodaphne* tienen una alta resistencia a esta enfermedad. Desafortunadamente, estas especies relacionadas son incompatibles. Otra especie resistente es *Persea barbonia*, la cual es nativa de Florida, las plantas que se desarrollan *in vitro* aún se encuentran en estudio, lo cual indica que es una meta a largo plazo. (LINZ, 2004).

#### 2.4. Uso de portainjertos resistentes.

El palto fue domesticado por las culturas nativas de México y América Central hace varios miles de años atrás. Este proceso, se llevó a cabo bajo condiciones de suelo y clima ideal, característico de los países de origen del palto. Ni siquiera hoy en día, factores de estrés como salinidad, alcalinidad, baja aireación y temperaturas extremas son causa de preocupación en estos países (BEN-YA'ACOV, MICHELSON y ZILBERSTAIN, 1992).

Actualmente, el palto se encuentra distribuido alrededor del mundo, donde existen condiciones extremas en las que predominan climas áridos. En muchos casos, se encontró que el pobre desarrollo vegetativo de los árboles, es causado por problemas de suelo y la productividad baja se debe a factores climáticos. Los principales factores de estrés en Israel son: salinidad, alcalinidad, suelos limosos, falta de aireación del suelo y enfermedades del suelo (BEN-YA'ACOV, MICHELSON y ZILBERSTAIN, 1992). La Universidad de California, dedica gran parte de su investigación a la búsqueda de soluciones para sobrellevar el problema de *Phytophthora canamomi* Mill, hongo que provoca grandes pérdidas económicas en Estados Unidos, pero en Chile aún no constituye una gran limitante, sin embargo en

nuestro territorio, se presentan condiciones edafoclimáticas muy diversas que requieren ser resueltas (CASTRO, 2002). La mejor forma de eliminar un problema de estrés de suelo e incluso permitir la sobrevivencia bajo una cierta condición dada de suelo, es a través de la selección y adaptación de portainjertos (BEN-YA'ACOV, MICHELSON y ZILBERSTAIN, 1992).

El desarrollo del árbol, sanidad y productividad en los cultivos frutales son muy dependientes del tipo de portainjerto. Ningún factor de la industria del palto es más importante que los portainjertos, y no existe problema del que se sepa menos o que requiera un mayor tiempo para resolver, pero por alguna razón, la investigación en portainjertos de palto, se desarrolló muy lentamente y se volvió un tema principal de la investigación en California solo cuando la enfermedad de pudrición de raíces causada por *Phytophthora cinnamomi* se hizo importante (BEN-YA'ACOV, 2002).

#### Portainjertos tolerantes a sales

Según OPPENHEIMER (1978) el palto, por ser originario de regiones tropicales, es muy sensible a factores climáticos, en especial la sequía y las bajas temperaturas. Por otro lado, el palto ha demostrado ser sensibles a factores de estrés de suelo, en especial a la salinidad (BERSTAIN, 1965) y la falta de aireación (BEN YA'ACOV, 1979).

La alta sensibilidad que tiene el palto a las condiciones salinas del medio, han hecho indispensable la búsqueda de portainjertos de palto resistentes. En Israel, se cree que el agua de riego de la mayoría de los cultivos de palto pronto será salina y tanto en Israel (OPPENHEIMER, 1947) como en Texas (EE.UU.) (COOPER, 1951) se encontró que la raza antillana era más resistente a salinidad que la raza mexicana. Años más tarde, este conocimiento fue aplicado en Israel y fue posible aumentar algunas plantaciones utilizando portainjertos antillanos donde la fuente de agua era salina.

Se encontraron grandes diferencias dentro de la raza antillana y muchas fueron eliminadas por su alta presencia de clorosis frente al virus Sunblotch. Más tarde, se encontró que algunos portainjertos eran sensibles a la falta de aireación o que producía poco comparados con la raza mexicana (BEN-YA'ACOV *et al.*, 1979).

En 1982, se comenzó un nuevo programa de selección, en la que se identificaron árboles de comportamiento productivo extremadamente bueno, bajo condiciones salinas y se hizo propagación clonal de portainjertos a partir de estas plantas. Tales propágulos fueron fieles a su tipo y se obtuvo producciones satisfactorias bajo condiciones salinas. Se desarrollaron aproximadamente 50 clones los que requieren de suelos bien aireados para que actúen satisfactoriamente (BEN-YA'ACOV, MICHELSON y ZILBERSTAIN, 1992)

El problema de salinidad puede y debe ser resuelto a través del uso de portainjertos. En otros lugares, la pudrición de raíces por *P. cinnamomi* es el principal problema y la salinidad es considerada un problema secundario (BEN-YA'ACOV y MICHELSON, 1995).

En palto, el sodio se transloca y se acumula en raíces y en hojas (BEN-YA'ACOV, 1976). Por su parte OSTER y ARPAIA (1992) encontraron altos niveles de sales en crecimientos nuevos.

Los portainjertos clonales presentan una clara sensibilidad a las sales. El hecho de que las raíces de portainjertos clonales sean adventicias, podría explicar la ausencia a la barrera de sal en estas plantas (BEN-YA'ACOV y MICHELSON, 1995).

Las diferencias que presentan los portainjertos en cuanto a su tolerancia a sales es de gran implicancia para los productores de palta (MICKELBART y ARPAIA, 2002)

Portainjertos mexicanos: Durante la búsqueda de portainjertos resistentes a condiciones salinas, los paltos de origen mexicano también fueron considerados y bajo condiciones salinas, algunas plantas lucían mejor que otras. Lamentablemente, la mayoría de los cultivares injertados sobre esta raza, fueron menos productivas

bajo condiciones salinas que otros árboles del experimento, principalmente del tipo antillano, lo que indica que la sensibilidad a las sales de la raza mexicana se expresa a través de una baja en la producción en vez de un daño foliar aparente. Estos portainjertos no podrán resistir los crecientes niveles de salinidad en el agua de riego (KADMAN y BEN-YA'ACOV, 1976).

Portainjertos Antillanos e híbridos resistentes: Este grupo incluye selecciones tempranas para condiciones de salinidad basado en la apariencia del árbol, principalmente “quemadura de hoja”. A pesar de que estos árboles son altamente resistentes, la mayoría presenta problemas de producción en el cultivar injertado bajo condiciones salinas, por ejemplo, “Maoz”, es sensible a suelos mal aireados y “VC 30” es sensible a clorosis inducida por limo (KADMAN y BEN-YA'ACOV 1976).

Portainjertos antillanos de árboles productivos: Se esperaba que los árboles de raza antillana toleraran la salinidad sin reducción de la producción, y fueron la principal fuente de selección. Actualmente se están evaluando los portainjertos clonales antillanos seleccionados y propagados de árboles altamente productivos. Hay aproximadamente 50 portainjertos en este grupo y 10 de ellos han sido liberados para su uso comercial (KADMAN y BEN-YA'ACOV, 1976).

Según BEN-YA'ACOV<sup>1</sup>, (2002), las variedades de portainjertos antillanos internadas a Chile, pertenecen a los siguientes grupos y sus características principales son las siguientes:

- Nachlat: corresponden a antillanos puros, que presentan una alta resistencia a condiciones de sal y cal presentes en el agua y en el suelo, requieren de suelos de tipo franco-arenoso. Además este grupo de portainjertos confiere algo de enanismo a la variedad comercial injertada en él.
- Waldin: Antillano de parentales desconocidos, fue desarrollado en Florida, posee características similares a Nachlat y soporta suelos francos.

---

<sup>1</sup> Ben Yaacov, B. 2001. Investigador Volcani Center. Israel. Comunicación Personal.

- Degania: Antillano (predominante), con una buena producción bajo condiciones salinas, es un árbol vigoroso y resiste suelos más pesados.
- Ashdot: Antillano (predominante), presenta una buena producción bajo condiciones salinas, es un árbol vigoroso y resiste condiciones de suelo pesado y es sensible a la cal.

Portainjertos para tolerancia a suelos pesados y Phytophthora

ZENTMYER, SCHIEBERT y POPEONE (1987) señala que en 1923 los profesores Horne, Essig y Herma de la Estación Experimental de California, hicieron una referencia breve acerca de una cierta condición de enfermedad causada por exceso de humedad producto de un "hardpan" o algún otro defecto del suelo. Los árboles parecían ser sensibles a inundaciones del suelo y tenían poco poder de recuperación. Por su parte, el mismo año el Dr. Ryerson en un boletín de "Avocado Culture" afirmó que el palto es extremadamente sensible a suelos de mal drenaje y no resisten saturaciones de suelos por más de algunos días. Fuera de estas afirmaciones, poco se sabía de la enfermedad fungosa que ataca la raíz de los paltos llamada *Phytophthora cinnamomi* Mill hasta la década de los años treinta.

Se comenzó una búsqueda en Latinoamérica por portainjertos resistentes a la pudrición de la raíz causada por *Phytophthora cinnamomi* Mill a principio de los años 50, tiempo en el cual, se recolectó valioso material de las 18 especies de *Persea* y otras seis del género *Lauracea* en 18 países de Latinoamérica (ZENTMYER, SCHIEBERT y POPEONE, 1987).

La colección incluía las siguientes especies de *Persea*: *P. alba*, *P. americana* var *americana* y *P. americana* var *guatemalensis* (Mexico y Guatemala, e introducciones no indígenas desde América Central y Sud América, el Caribe, California, Florida y Hawaii), *P. borbonia* (Sue de E.E.U.U.), *P. caerulea* (Honduras, Costa Rica y Venezuela), *P. chrysophylla* (Colombia), *P. donnell-smithii* (Guatemala y Honduras), *P. haenkeana* (Peru), *P. indica* (Islas Canarias y de árboles cultivados

en California), *P. lingue* (Chile), *P. nubigena* (Guatemala, Honduras, Mexico y Nicaragua), *P. drymifolia* (Mexico, América Central y Sud América como también California), *P. schiedeana* (Costa Rica, El Salvador, Guatemala y Mexico), *P. steyermarkii* (Guatemala), *P. vesticula* (Honduras y Costa Rica), *Persea primatogena* 'Guaslípe' (Nicaragua), últimamente una especie nueva de *Persea* desde Guatemala y varias especies relacionadas con el género *Lauracea*, *Aiouea*, *Beilschmedia*, *Nectandra*, *Octoea*, y *Phoebe*. Este programa de recolección se expandió en la Universidad de California, Riverside, en 1971 y el segundo autor concentró su intensa colección en Centroamérica, especialmente en Guatemala. (ZENTMEYER, SCHIEBERT y POPEONE, 1987).

En los últimos 35 años se han llevado a cabo más de 1.800 recolecciones individuales (ZENTMEYER y SCHIEBERT, 1992). Existen antecedentes que sugieren que este patógeno de la raíz no es originario de Sud América y fue probablemente introducido desde otras regiones, posiblemente el Sudeste Asiático (ZENTMEYER y SCHIEBERT, 1992). Este hongo causa serios problemas en palto en la mayoría de los países donde se cultiva, parte destruyendo las raíces alimentarias y luego produce un rápido decaimiento y muerte de los árboles. Miles de hectáreas en California, han muerto o cedido a la improductividad por la depredación de *P. cinnamomi* particularmente en los últimos 40 años (ZENTMEYER y SCHIEBERT, 1992).

Hoy en día, es el más conocido y devastador patógeno del palto, y fue estudiado por primera vez en Puerto Rico por Toker en 1928 (DARVAS, 1978), es el principal causante de la "Pudrición Negra de la Raíz" en palto (SNYMAN, SNYMAN y KOTZE, 1984), y ha sido considerada como la responsable del decaimiento productivo de la industria de palta en Sud África (KOTZE, MOLL y DARVAS, 1987) y como una enfermedad seria en California (GARBOR, 1990).

Los portainjertos G22, G6, Duke 7 y Duke 6, se encuentran entre los más resistentes a *P. cinnamomi*. Duke 7 y Duke 6 fueron seleccionados de plantas de semilla obtenidas en California. La propagación clonal de estos portainjertos se

realiza a través de la técnica de “etiología” desarrollada por Frölich (FROLICH y PLATT, 1971).

## 2.5 Uso de solución nutritiva para el riego de cultivos hidropónicos:

Una disolución nutritiva puede considerarse como una solución acuosa de iones. La composición química de la misma, se determina por las proporciones relativas de cationes, aniones, la concentración total de los iones y por el pH (CADAHIA, 1998).

La formulación y el control de la solución junto con una adecuada elección de las fuentes de sales minerales solubles, se constituye en una de las bases para el éxito del cultivo hidropónico (CARRASCO, 1996).

Para la elección de las sales minerales hay que considerar que en el caso del nitrógeno, el uso de una fuente amoniacal reduciría el costo de la solución nutritiva, sin embargo, existen evidencias a nivel experimental que una proporción mayoritaria de  $\text{NH}_4$  sería perjudicial, por ejemplo, para el caso del tomate (*Lycopersic esculentum*). Por consiguiente, se recomienda que en la formulación no debiera incluirse mas allá de un 20% de esta forma nitrogenada, empleando sales nítricas para suplir la mayor parte de la solución. Respecto del hierro, se encuentra disponible en el mercado bajo la forma de distintas sales. Sin embargo, las sales férricas son inestables y son fácilmente transformables a compuestos insolubles por lo que se dificulta su absorción, por esto, se recomienda el uso de quelatos, es decir, aquellas sales en las cuales el ion Fe, se encuentra unido a un compuesto orgánico. También es importante considerar la incorporación mínima de elementos no esenciales para el crecimiento de las plantas (sulfatos por ejemplo), ya que su incorporación aumenta la concentración de sales de manera innecesaria que podría dificultar la absorción de agua por las plantas (CARRASCO, 1996).

Tanto CARRASCO (1996) como CADAHIA (1998), señalan la importancia de la realización de un análisis de agua, Se debe tener en cuenta su calidad

bacteriológica como la calidad química. El agua de riego contiene iones que corresponden a los elementos esenciales para la planta como  $\text{Ca}^+$ ,  $\text{Mg}^+$ ,  $\text{SO}_4^{-2}$  y B y al fabricar la disolución de fertilizantes se debe restar de la solución ideal. La presencia de  $\text{CO}_3^{2-}$  y  $\text{HCO}_3^-$  causa una neutralización de los ácidos correspondientes para llegar al pH mas adecuado, normalmente entre 5,5 y 6,0 y que corresponde al punto de inflexión de la curva de neutralización del agua. Además del pH, es necesario controlar la CE de la disolución y considerar su incidencia en el cultivo (CARDAHIA, 1998). Esto cobra especial importancia cuando se utiliza un sustrato inerte como perlita ya que carece de capacidad Tampón, por lo cual cualquier descontrol en la CE podría causar serios daños a las plantas de palto.

### 3. MATERIAL Y MÉTODO

Se estableció un ensayo de portainjerto de palto de raza antillana, guatemalteca y mexicana de aproximadamente un año de edad injertado con la variedad comercial Hass. Este ensayo, se llevó a cabo en las dependencias del laboratorio de propagación “Profesor Gregorio Rosenberg” en la Facultad de Agronomía de la Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, Quillota.

El objetivo de utilizar distintas razas de palto, fue verificar bajo condiciones controladas como se comportan frente a condiciones de anegamiento prolongado. Cabe señalar que los portainjertos antillanos internados al país corresponden a series seleccionadas por su resistencia a salinidad.

#### 3.1. Diseño de distribución de los maceteros

Se diseñó la distribución de los maceteros dentro del recinto, optando por cinco hileras con orientación norte-sur, cuatro hileras de 20 maceteros y una hilera de 16 maceteros, en cada hilera, se propuso un ordenamiento tipo zig-zag para usar en forma eficiente el espacio manteniendo distancias adecuadas que permitieron la realización de las labores. Luego, se sorteó la distribución de los patrones injertados en forma aleatoria (Anexo 1).

#### 3.2. Infraestructura

El inicio de los preparativos de infraestructura fue en el mes de noviembre de 2003, época en la cual, se habilitó el sector aledaño al laboratorio y se construyó un sombreadero de 15 m X 15 m, la superficie del suelo fue cubierta con gravilla con dos ingresos peatonales, utilizando polines de pino impregnado de tres pulgadas de diámetro y de 2 m de altura, malla de alambre para limitar el acceso dentro del recinto, malla de semisombra cubriendo el cielo del recinto con el objetivo de

disminuir la intensidad lumínica y malla de semisombra en los bordes para evitar la incidencia del viento sobre el ensayo.

A medida que las temperaturas fueron disminuyendo, producto de la llegada del invierno, el sombreadero sufrió modificaciones estructurales, con la instalación de cerchas que permitieron proteger el ensayo bajo plástico. Esto por su parte, evitó la interferencia de agua de lluvia en los maceteros y permitió mantener una temperatura superior a la temperatura ambiente.

Se habilitaron pediluvios de grava con óxido cuproso en polvo en cada uno de los ingresos al invernadero.

En el mes de enero del 2004, se llevó a cabo la instalación de un equipo de riego con programador automático, con dos recipientes con capacidad para 600 litros de agua, agitador, dos bombas de 0.5 hp de potencia, tuberías madres de PVC y plantas con goteros autocompensados de descarga de 2 lt/hr (Anexo 2).

### 3.3. Plantas:

Las plantas que se utilizaron para este experimento provenían de un grupo de plantas de aproximadamente un año, previamente evaluadas en cuanto a su crecimiento y desarrollo a partir de una siembra y posterior injertación con la variedad Hass. El criterio de selección fue condición fitosanitaria buena, tamaño y desarrollo promedio dentro de la raza y entre ellas, considerando altura entre 80-120 cm y diámetro de tronco entre 10-13 cm. Esta selección, se llevó a cabo una semana previa al trasplante.

Para la evaluación de portainjertos en contenedores, se utilizaron los siguientes portainjertos:

Cuadro 1: Portainjertos evaluados en contenedores y sus características principales.

PORTAINJERTO	TOLERANCIA	SUELO	OTRO
Degania 117	Salinidad	Suelo pesado	
Degania 118	Salinidad	Suelo pesado	
Degania 62	Sal y cal	Suelo pesado	enano
Naoz	Sal y cal	Franco arenoso	
Naoz 6	Sal y cal	Franco arenoso	
Naoz 7	Sal y cal	Franco arenoso	
Naoz 8	Sal y cal	Franco arenoso	
Nashlat 2	Sal y cal	Franco arenoso	
Nashlat 3	Sal y cal	Franco arenoso	
Ashdot 17	Sal	Suelo pesado	
Ashdot 27	Sal	Suelo pesado	
Zriffin 99	Sal	Suelo arenoso	
Walding	Sal y cal	Suelo arenoso	
Duke 7	<i>Phytophthora</i>		
Mexicola		Suelo pesado	
Nabal	cal	Suelo arenoso	

Fuente: Ben Ya'acov, 2002.<sup>2</sup>

Como sustrato, se utilizó perlita calibrada A6 y el contenedor correspondió a maceteros plásticos de 55 litros, perforado en la base para permitir escurrimiento del agua de riego y solución nutritiva.

#### 3.4. Trasplante:

El trasplante (Anexo 3), se realizó a través de la siguiente metodología:

- Marcar las plantas de acuerdo a su raza en origen (invernadero)
- Trasladar las plantas hasta sombreadero
- Romper bolsa y retirarla
- Sumergir el pan de raíces en contenedores con agua hasta aflojarlo (fig 2)

<sup>2</sup> Ben Yaacov, B. 2002. Investigador Volcani Center. Israel. Comunicación Personal.

- Manipular el pan de raíz suavemente hasta retirar todo el sustrato
- Limpiar la masa radicular en otra cubeta de agua
- Sumergir la masa radicular en fungicida Benlate + Captan (1.8 gr/lit c/u)
- Llevar planta con tutor al macetero y verter la perlita hasta llenar el contenedor
- Riego abundante

Al día siguiente del trasplante, las plantas, en su gran mayoría, presentaron decaimiento en brote apical y ramillas, especialmente en brotes rojos (Anexo 4), procediendo a un rebaje de las plantas, dejando en promedio entre 8 y 12 hojas por plantas removiendo por completo los brotes rojos (Anexo 5).

El 12 de enero, seis días después del trasplante, se reemplazaron siete plantas que presentaron síntomas severos de decaimiento. Posteriormente, el día 23 de enero, se llevó a cabo un segundo reemplazo de plantas que no se recuperaron luego del primer trasplante, sumando así un total de 19 plantas reemplazadas.

### 3.5. Riego y solución nutritiva:

Luego del trasplante, se saturó el sustrato con riegos largos y frecuentes. Se observó que la perlita es capaz de retener un alto porcentaje del agua aplicada (90%) manteniendo una condición de constante saturación (Anexo 6).

Cuadro 2: Programación del riego en los meses de enero y febrero de ensayo de portainjertos bajo condiciones de hipoxia.

Hora de inicio	Tiempo de riego			Volumen de riego		
	8/01 -13/01	14/01 -30/01	1/02 -30/02	8/01 -13/01	14/01 -30/01	1/02 -30/02
08:00	10 min	5min	1min	333cc	166.5cc	33.3cc
09:00	10 min	5min	1min	333cc	166.5cc	33.3cc
10:00	10 min	5min	1min	333cc	166.5cc	33.3cc
11:00	10 min	5min	1min	333cc	166.5cc	33.3cc
12:00	10 min	5min	1min	333cc	166.5cc	33.3cc
13:00	10 min	5min	1min	333cc	166.5cc	33.3cc
14:00	10 min	5min	1min	333cc	166.5cc	33.3cc
15:00	10 min	5min	1min	333cc	166.5cc	33.3cc
16:00	10 min	5min	1min	333cc	166.5cc	33.3cc
17:00	10 min	5min	1min	333cc	166.5cc	33.3cc
18:00	10 min	5min	1min	333cc	166.5cc	33.3cc
19:00	10 min	5min	1min	333cc	166.5cc	33.3cc
20:00	10 min			333cc		
Total	120 min	55 min	11 min	4 lt	1.8 lt	0.4 lt

Dado que se utilizó un sustrato inerte, se recurrió al apoyo de una solución nutritiva para suplir los requerimientos de fertilidad de la planta.

Para este ensayo, se utilizó la solución nutritiva conocida como “Solución Hoagland” al 50%, en la cual, se incluyó tanto macronutrientes (Anexo 7) como micronutrientes (Anexo 8) para el riego de saturación del sustrato durante los meses de febrero y marzo del 2004. Posteriormente, se le añadió un bioestimulante radical y un fertilizante foliar en base a fósforo para mantener el abastecimiento de nutrientes sin la necesidad de riego, puesto que el sustrato fue capaz de mantener la condición de saturación por tres meses.

### 3.6. Mediciones:

El largo de brote apical, se midió con huincha de medir cada 15 días, partiendo el 9 de marzo del 2004 y se extendieron hasta el 15 de junio del 2004. Para llevar a cabo

esta labor, se consideró el largo desde la base del brote hasta el ápice de la hoja más distal.

El diámetro basal del tronco, se midió en tres oportunidades, la primera ocasión fue el 8 de enero del 2004, un día después del trasplante, la segunda medición se llevó a cabo el 25 de enero del 2004, dos días después del segundo reemplazo, esto tuvo por objetivo registrar los diámetros de aquellas plantas que habían sido incorporadas al ensayo en reemplazo por aquellas que sufrieron severo estrés post trasplante. Finalmente, la tercera medición de diámetro basal, se llevó a cabo el 15 de julio del 2004, una semana después del trasplante (enero) y la segunda fue en el mes de Junio, luego de la última medición de largo de brote. El instrumento utilizado para realizar esta labor fue un Pié de metro digital.

Hubo dos plantas dentro del ensayo elegidas en forma aleatoria, que fueron sometidas a mediciones de diámetro basal del tronco constantes utilizando un Fitomonitor. La región de la base del tronco considerada para llevar a cabo esta medición, al igual que las tres mediciones manuales, fue la zona en la que se diferencia el tejido que corresponde a la zona radical del tejido del tronco, distinguiéndose un leve cambio de color y textura de la corteza.

Se contabilizaron los brotes rojos que fueron apareciendo en cada planta a partir del 9 de marzo y en forma consecutiva cada 15 días hasta el 15 de julio.

Por su parte, se contaron las hojas maduras que presentaba cada planta, esta medición, al igual que la anterior, se llevó a cabo cada 15 días.

### 3.7. Diseño experimental

El análisis estadístico consistió en detectar, si entre los portainjertos utilizados, existe diferencia significativa para las siguientes variables de respuesta:

- ❖ Diámetro basal
- ❖ Variación de altura de planta entre cada medición
- ❖ Variación de altura de planta durante todo el periodo
- ❖ Variación de crecimiento del brote entre cada medición
- ❖ Variación de crecimiento del brote durante todo el periodo
- ❖ Hojas viejas
- ❖ Brotes rojos

Para esto, se escogió aleatoriamente seis árboles por cada uno de los 16 portainjertos (tratamientos) analizados.

De esta forma, el análisis de la información de basó en un Diseño Completamente Aleatorizado Unifactorial, donde la unidad experimental es un árbol y el factor es “Portainjerto” el cual contiene 16 niveles (tratamientos).

Además se realizó un análisis que consiste en detectar si, entre las razas Antillana (A), Mexicana (M) y Guatemalteca (G), existe diferencia significativa para las variables de respuesta antes mencionadas

De esta forma el análisis de la información de basó en un Diseño Completamente Aleatorizado Unifactorial donde la unidad experimental es un árbol y el factor es “Razas” el cual contiene tres niveles (tratamientos).

Para la realización del Análisis de Varianza, fue necesario comprobar el cumplimiento del supuesto de normalidad de las observaciones, lo cual se realizó a través de la prueba de Kolmogorov-Smirnov.

Para la realización del Análisis de Varianza, fue necesario comprobar el cumplimiento del supuesto de normalidad de las observaciones. Sin embargo, en este análisis el Teorema Central del Límite permite aproximar una variable a la

distribución normal considerando que la cantidad de observaciones es alta ( $n=96$ ). De esta forma, el estudio se puede realizar sin problemas a través de un Análisis de Varianza usual.

Cabe señalar que se llevó a cabo un análisis de correlación entre las variables número de hojas viejas y número de brotes rojos para la comparación entre variedades/series y entre las distintas razas botánicas

## 4. PRESENTACIÓN Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

### 4.1 Análisis por serie/variedad de portainjerto:

#### 4.1.1 Diámetro basal

El análisis de varianza efectuado con los valores de evolución del diámetro basal del tronco, indica que los valores-p obtenidos, son mayores que el nivel de significación 0,05, y por lo tanto, no se rechazan las hipótesis nulas respectivas. De esta forma, no existe efecto de los portainjertos sobre el diámetro basal.

En base a esto, se puede señalar que no existe diferencia significativa de la evolución del diámetro basal del tronco entre las distintas variedades de portainjertos entre el mes de enero-marzo y marzo-junio (Cuadro 3).

Cuadro 3: Promedios y desviaciones estándar, obtenidos para diámetro basal de plantas de palto cv. Hass injertados sobre portainjertos de raza Antillana, Guatemalteca y Mexicana entre enero-marzo y marzo-junio 2004.

Portainjerto	Promedio Ener-Mar	Desviación estándar	Promedio Mar-Jun	Desviación estándar
ZR 99	0.73 a	0.35	0.77 a	0.60
NABAL	0.69 a	0.69	0.99 a	0.39
NAOZ 6	1.45 a	0.49	0.32 a	0.28
NAT 3	0.76 a	0.82	0.44 a	0.50
WA	0.95 a	1.02	0.86 a	1.05
ASH 17	1.12 a	0.51	0.27 a	0.37
NAT 2	0.86 a	0.11	0.72 a	0.84
NAOZ 7	0.95 a	0.49	0.68 a	0.49
DE 62	0.77 a	0.71	0.65 a	0.85
NAOZ 8	0.59 a	0.38	4.38 a	0.89
MEX	0.99 a	0.59	0.41 a	0.39
DE 117	0.76 a	0.67	0.55 a	0.45
ASH 27	1.15 a	0.66	0.13 a	0.12
DE 118	0.97 a	0.22	0.23 a	0.27
DUKE 7	0.50 a	0.43	0.66 a	0.57
NAOZ	1.59 a	1.04	1.03 a	1.04

*Letras diferentes indican diferencia significativa según test de Kruskal-Wallis*

De acuerdo a los resultados obtenidos a través del test de varianza Kruskal-Wallis, se presume que entre enero y marzo las plantas sufrieron de un estrés post trasplante y que entre marzo y junio dicho estrés ya no jugaría un papel determinante en el desarrollo, sino que el estrés por hipoxia parecería ser el factor con mayor incidencia. De este modo, la tasa de crecimiento del diámetro basal del tronco no fue significativamente distinta en ningunas de las dos épocas contempladas en este ensayo. El cambio de estación con el consiguiente cambio de temperaturas, parece haber tenido influencias positivas o negativas en ninguna de las variedades o series.

#### 4.1.2. Variación de la altura de la planta

El análisis de varianza, indica que los valores-p obtenidos, son mayores que el nivel de significación 0,05, y por lo tanto, no se rechazan las hipótesis nulas respectivas. De esta forma, no existe efecto de los portainjertos sobre la variación de altura de planta.

Al igual como ocurrió en la evolución del diámetro del tronco, se observó que en la variación de la altura de la planta, no hubo diferencia significativa entre los distintos portainjertos (Cuadro 4). Cabe notar los altos valores de desviación estándar, obtenidos para altura (cm) de plantas entre 9 marzo y 14 junio (Cuadro 4 y 5). Esto sugiere que el número de repeticiones para medir este parámetro en particular pudo haber sido muy pequeño considerando la variabilidad de los datos.

A pesar que Degania 62, es considerada una serie de portainjertos que otorga características enanizantes sobre la variedad injertada, esto no se vio reflejado en este ensayo. Es posible pensar que las plantas en su conjunto se encontraban limitadas en su crecimiento por la condición de estrés, por lo que esta característica específica de la serie no se evidenció en forma significativa. De este modo, la tasa de crecimiento de la altura de la planta no varió significativamente entre las variedades/series de palto evaluadas en este ensayo.

Cuadro 4: Promedios y desviaciones estándar, obtenidos para altura (cm) de plantas de palto cv. Hass injertados sobre portainjertos de raza Antillana, Guatemalteca y Mexicana entre 9 marzo - 23 marzo, 23 marzo- 6 abril, 6 abril y 26 abril, 26 abril - 5 mayo 2004.

Portainjerto	Promedio 9/3-23/3	Desviación estándar	Promedio 23/3-6/4	Desviación estándar	Promedio 6/4-26-4	Desviación estándar	Promedio 26/4-5/5	Desviación estándar
ZR 99	0.00 a	0.00	8.28 a	8.40	9.42 a	5.71	3.17 a	2.16
NABAL	0.58 a	0.80	8.00 a	12.21	1.50 a	2.35	1.00 a	1.73
NAOZ 6	2.25 a	3.39	16.00 a	11.30	4.83 a	4.16	1.25 a	1.08
NAT 3	2.33 a	2.42	6.58 a	4.81	4.42 a	4.59	0.67 a	0.61
WA	2.00 a	3.16	10.42 a	9.50	7.42 a	5.83	2.67 a	2.64
ASH 17	2.42 a	3.53	11.67 a	8.38	5.42 a	5.19	1.75 a	1.70
NAT 2	7.75 a	6.51	11.92 a	14.17	3.58 a	4.58	1.25 a	1.44
NAOZ 7	2.75 a	4.88	8.92 a	10.74	3.25 a	5.00	2.75 a	3.21
DE 62	1.00 a	1.55	5.17 a	7.81	3.92 a	5.87	1.42 a	2.15
NAOZ 8	0.67 a	1.03	7.92 a	8.47	6.00 a	5.67	2.50 a	2.35
MEX	0.75 a	1.17	5.42 a	7.33	3.42 a	2.78	1.75 a	3.13
DE 117	5.42 a	7.85	10.50 a	10.91	6.67 a	5.95	1.92 a	3.04
ASH 27	5.58 a	7.88	4.17 a	5.14	7.08 a	7.54	2.33 a	2.82
DE 118	3.25 a	5.88	9.83 a	10.89	2.87 a	4.82	3.08 a	6.41
DUKE 7	2.33 a	4.76	6.22 a	6.31	4.08 a	5.12	1.00 a	1.45
NAOZ	3.92 a	7.91	8.50 a	12.17	8.75 a	5.31	4.25 a	4.33

*Letras diferentes indican diferencia significativa según test de Kruskal-Wallis*

Es posible apreciar que en todas las variedades/series hubo crecimiento en altura (cm) durante los meses de marzo y mayo, sin embargo, hay un mayor nivel de crecimiento entre el 23 de marzo y el 6 de abril, comparado con los demás períodos, lo cual podría deberse a que por un lado, la temperatura ambiental en esta fecha favorece el desarrollo del palto, y por otro lado, ha pasado un mes y medio desde el trasplante por lo que se asume que existe algún nivel de recuperación del estrés post trasplante. Este factor también afecta el crecimiento posterior, las temperaturas invernales no favorecen el crecimiento vegetativo del palto.

En el cuadro 5, se puede apreciar con claridad que el crecimiento es menor, comparado con los meses más cálidos. Se estima que el estrés post trasplante ya no estaría afectando el crecimiento, pero si la condición de hipoxia, sumado a las bajas temperaturas invernales.

Cuadro 5: Promedios y desviaciones estándar, obtenidos para altura (cm) de plantas de palto cv. Hass injertados sobre portainjertos de raza Antillana, Guatemalteca y Mexicana entre 5 mayo-18 mayo, 18 mayo-1 junio, 1 junio-14 junio y todo el período entre 9 marzo y 14 junio 2004.

Portainjerto	Promedio 5/5-18/5	Desviación estándar	Promedio 18/5-1/6	Desviación estándar	Promedio 1/6-14/6	Desviación estándar	Promedio 9/3-14/6	Desviación estándar
ZR 99	2.17 a	1.75	0.83 a	0.98	1.17 a	1.13	23.17 a	11.77
NABAL	0.33 a	0.41	0.08 a	0.20	0.25 a	0.42	10.83 a	16.45
NAOZ 6	1.08 a	1.32	0.67 a	0.88	0.50 a	0.32	25.67 a	18.66
NAT 3	0.67 a	0.75	0.92 a	2.01	2.22 a	2.75	16.00 a	10.30
WA	1.42 a	1.43	0.17 a	0.41	1.00 a	1.22	23.42 a	9.68
ASH 17	0.92 a	0.97	0.00 a	0.00	1.33 a	0.75	22.25 a	11.11
NAT 2	0.58 a	0.66	0.17 a	0.41	4.50 a	8.60	20.50 a	5.14
NAOZ 7	0.58 a	0.80	0.00 a	0.00	0.50 a	0.84	13.25 a	18.93
DE 62	1.10 a	1.54	0.15 a	0.37	0.33 a	0.41	13.58 a	15.97
NAOZ 8	0.92 a	1.20	4.92 a	9.04	1.58 a	3.40	21.25 a	15.57
MEX	0.58 a	0.80	0.08 a	0.20	0.08 a	0.20	8.92 a	12.29
DE 117	1.58 a	2.33	0.97 a	1.77	0.72 a	0.84	26.08 a	17.87
ASH 27	2.53 a	2.81	0.38 a	0.58	1.58 a	2.44	22.00 a	12.93
DE 118	0.45 a	0.73	0.17 a	0.26	0.42 a	0.38	15.50 a	14.80
DUKE 7	0.67 a	1.03	0.50 a	1.00	0.33 a	0.41	12.83 a	13.90
NAOZ	2.08 a	2.06	1.00 a	1.22	0.75 a	0.76	26.25 a	15.48

*Letras diferentes indican diferencia significativa según test de Kruskal-Wallis*

De acuerdo al análisis estadístico llevado a cabo, no existe diferencia significativa. Hubo gran variabilidad en las mediciones de crecimiento dentro de las mismas variedades/series, lo que se puede apreciar a través de la desviación estándar, es decir, dentro de la misma variedad/serie, se presentaron plantas con mucho crecimiento y otras con escaso crecimiento.

#### 4.1.3. Variación de largo del brote apical

De acuerdo al análisis estadístico llevado a cabo, no existe efecto de los portainjertos sobre la variación de altura de brote.

De estos valores, se deduce que la tasa de crecimiento del brote entre cada medición y durante todo el periodo de medición (Cuadro 6) no fue significativamente distinta entre las series/variedades.

El crecimiento del brote apical, es un parámetro que refleja con mayor detalle el crecimiento de la planta, pero los resultados obtenidos no difieren. Sin embargo, se identifica una menor desviación estándar en los resultados obtenidos para crecimiento de brote apical, en comparación a la altura de la planta.

Los primeros crecimientos de brote, se apreciaron con mayor incidencia a finales de marzo y fue precisamente ese mes cuando se observó el mayor crecimiento. Durante los siguientes meses, se produjo una desaceleración del crecimiento del brote apical, lo que se presume fue causado por el estrés por hipoxia.

Una vez mas, se observa en general, una gran desviación estándar, en todas las variedades/series, especial la serie Naoz 8. Sin embargo, cabe señalar que la variedad Nabal, proveniente de semillas de huertos no compactos (a diferencia de las semillas israelitas) presentan la más baja desviación estándar, incluso inferior al portainjerto clonal Duke 7, lo cual podría reflejar que la variedad Nabal presenta homogeneidad relativamente alta bajo estas condiciones.

Cuadro 6: Promedios y desviaciones estándar, obtenidos para altura (cm) del brote apical de plantas de palto cv. Hass injertados sobre portainjertos de raza Antillana, Guatemalteca y Mexicana entre 26 abril-5 mayo, 5 mayo-1 junio, 1 junio-14 junio y todo el período entre 26 abril y 14 junio 2004.

Portainjerto	Promedio 26/4-5/5	Desviación estándar	Promedio 5/5-18/5	Desviación estándar	Promedio 18/5-1/6	Desviación estándar	Promedio 1/6-14/6	Desviación estándar	Promedio 26/4-14/6	Desviación estándar
ZR 99	2.83 a	2.07	2.00 a	1.26	1.42 a	1.59	0.83 a	0.98	6.92 a	5.63
NABAL	0.42 a	0.66	0.17 a	0.41	0.17 a	0.26	0.17 a	0.41	0.83 a	1.33
NAOZ 6	1.25 a	1.13	1.17 a	1.33	0.25 a	0.27	0.58 a	0.58	3.17 a	2.52
NAT 3	1.17 a	0.98	0.75 a	0.61	1.42 a	2.01	0.50 a	0.55	3.08 a	2.60
WA	2.33 a	2.58	1.33 a	1.83	0.33 a	0.26	0.42 a	0.38	4.25 a	4.13
ASH 17	1.42 a	1.56	0.83 a	1.17	0.33 a	0.52	0.38 a	0.63	2.55 a	2.82
NAT 2	1.80 a	1.59	1.18 a	1.79	1.12 a	2.18	0.37 a	0.50	4.30 a	5.39
NAOZ 7	1.08 a	1.20	0.17 a	0.41	0.25 a	0.42	1.22 a	2.38	4.13 a	7.87
DE 62	0.67 a	1.08	0.92 a	1.56	0.08 a	0.20	0.17 a	0.26	1.58 a	2.76
NAOZ 8	2.17 a	2.86	2.83 a	3.92	1.50 a	2.51	1.08 a	1.96	7.58 a	10.89
MEX	0.88 a	1.39	0.58 a	0.74	0.25 a	0.42	0.08 a	0.20	1.55 a	2.41
DE 117	2.42 a	2.85	1.37 a	2.68	0.88 a	1.55	0.42 a	0.80	4.92 a	7.61
ASH 27	2.75 a	2.07	2.50 a	3.35	0.67 a	1.21	0.92 a	0.86	6.42 a	6.79
DE 118	3.50 a	7.86	0.75 a	0.76	0.50 a	1.22	0.58 a	1.43	4.58 a	7.03
DUKE 7	1.00 a	1.45	0.42 a	0.66	0.17 a	0.26	0.08 a	0.20	1.67 a	2.32
NAOZ	3.17 a	3.04	2.62 a	2.38	1.13 a	1.50	0.83 a	1.33	7.42 a	7.38

*Letras diferentes indican diferencia significativa según test de Kruskal-Wallis*

#### 4.1.4. Número de hojas viejas

El análisis de varianza indica que los valores-p obtenidos, son mayores que el nivel de significación 0,05, y por lo tanto, no se rechazan las hipótesis nulas respectivas. De esta forma, no existe efecto de los portainjertos sobre el número de hojas viejas.

Cuadro 7: Promedios y desviaciones estándar, obtenidos para Número de hojas viejas de plantas de palto cv. Hass injertados sobre portainjertos de raza Antillana, Guatemalteca y Mexicana al 9 marzo, 22 marzo, 6 abril y 26 abril 2004.

Portainjerto	Promedio 9/3	Desviación estándar	Promedio 22/3	Desviación estándar	Promedio 6/4	Desviación estándar	Promedio 26/4	Desviación estándar
ZR 99	7.67 a	3.08	7.00 a	2.37	7.50 a	1.87	6.67 a	2.66
NABAL	9.17 a	4.54	8.50 a	4.89	7.67 a	5.35	7.50 a	6.41
NAOZ 6	7.50 a	5.09	7.67 a	4.89	7.00 a	5.40	4.67 a	5.50
NAT 3	4.33 a	1.86	3.33 a	1.51	1.67 a	1.86	4.33 a	4.59
WA	6.17 a	4.36	5.67 a	4.68	4.83 a	5.60	2.00 a	4.43
ASH 17	6.67 a	3.93	6.00 a	3.35	5.17 a	3.87	4.17 a	3.97
NAT 2	6.17 a	5.12	5.50 a	3.99	3.00 a	3.79	3.33 a	5.20
NAOZ 7	6.83 a	5.04	6.17 a	4.54	6.17 a	4.79	7.17 a	6.88
DE 62	8.33 a	6.31	7.67 a	5.89	7.00 a	6.29	7.50 a	6.44
NAOZ 8	7.50 a	2.17	7.33 a	2.16	7.17 a	2.23	5.50 a	3.94
MEX	7.33 a	2.94	7.00 a	3.69	7.33 a	3.44	7.33 a	3.44
DE 117	7.50 a	4.85	7.00 a	5.06	6.83 a	5.04	6.17 a	4.96
ASH 27	6.33 a	5.82	5.50 a	4.46	4.50 a	5.21	4.33 a	5.24
DE 118	7.83 a	4.96	7.33 a	4.68	6.00 a	5.06	4.83 a	4.88
DUKE 7	7.50 a	2.07	6.83 a	1.72	5.83 a	2.93	3.83 a	2.79
NAOZ	9.50 a	3.02	8.83 a	3.19	8.33 a	4.18	7.67 a	3.88

*Letras diferentes indican diferencia significativa según test de Kruskal-Wallis*

La defoliación representa senescencia y renovación del material vegetal y los paltos en general presenta gran caída de follaje, sin embargo los árboles sanos logran reponer y superar esta pérdida y así renuevan su capacidad fotosintética.

Las plantas de este ensayo, no presentaron diferencia significativa de este parámetro entre variedades/series, pero una vez más, se presenta una desviación estándar de los resultados, lo cual señala que dentro de la misma variedad/serie hubo plantas que presentaron una alta defoliación y otras presentaron escasa defoliación durante los meses marzo y abril bajo. La serie israelita Zriffin 99, presentó la más baja desviación estándar y la serie israelita Naoz 7, presentó la más alta (Cuadro 7) cabe recordar que ambas semillas de portainjerto provienen de huertos compactos, sin embargo este hecho no parece pesar bajo estas condiciones.

El Cuadro 8, refleja lo sucedido en los meses mas fríos, sin embargo, aquí tampoco existe diferencia significativa entre las variedades/series respecto del número de hojas caídas. En cuanto a la desviación estándar, se puede apreciar que esta va en aumento a medida que pasan los meses, alcanzando su máximo valor en la última medición en todas las variedades/series. Esto sugiere que aquellas plantas que se vieron afectadas por el estrés post tranplante e hipoxia, sufrieron gran defoliación con el tiempo, mientras que otras plantas, se desfoliaron parcialmente, lo cual, se pudo apreciar en forma visual durante la realización del experimento.

**Cuadro 8:** Promedios y desviaciones estándar, obtenidos para número de hojas viejas de plantas de palto cv. Hass injertados sobre portainjertos de raza Antillana, Guatemalteca y Mexicana al 5 mayo, 18 mayo, 1 junio y 14 junio 2004.

Portainjerto	Promedio 5/5	Desviación estándar	Promedio 18/5	Desviación estándar	Promedio 1/6	Desviación estándar	Promedio 14/6	Desviación estándar
ZR 99	6.00 a	3.74	5.83 a	3.82	5.67 a	3.67	5.33 a	3.93
NABAL	7.17 a	5.98	7.50 a	6.41	7.50 a	6.41	7.50 a	6.41
NAOZ 6	6.50 a	5.89	6.00 a	5.40	6.00 a	5.55	5.83 a	5.49
NAT 3	1.33 a	1.75	1.67 a	2.42	0.67 a	0.82	0.33 a	0.52
WA	3.33 a	4.89	3.50 a	5.05	2.00 a	4.43	1.67 a	3.61
ASH 17	4.67 a	4.46	4.67 a	4.46	4.67 a	4.46	4.67 a	4.46
NAT 2	2.17 a	3.71	2.17 a	3.71	2.17 a	3.71	1.83 a	2.99
NAOZ 7	6.00 a	5.25	6.00 a	5.18	5.83 a	5.04	5.67 a	4.63
DE 62	6.50 a	7.15	6.50 a	7.15	6.33 a	6.95	6.42 a	7.20
NAOZ 8	6.67 a	2.58	6.00 a	2.97	6.17 a	3.19	6.00 a	3.46
MEX	7.00 a	3.74	7.17 a	3.82	7.17 a	3.82	7.00 a	3.74
DE 117	6.17 a	5.27	5.50 a	4.59	5.17 a	4.26	4.80 a	4.92
ASH 27	4.00 a	4.94	3.83 a	5.46	3.83 a	5.46	3.67 a	5.09
DE 118	4.50 a	5.21	4.83 a	4.83	3.83 a	5.15	3.33 a	5.75
DUKE 7	3.67 a	3.50	4.17 a	2.93	3.17 a	3.66	3.67 a	3.39
NAOZ	7.50 a	4.23	6.83 a	4.79	6.17 a	5.12	6.17 a	5.12

*Letras diferentes indican diferencia significativa según test de Kruskal-Wallis*

#### 4.1.5. Número de brotes rojos.

El análisis de varianza indica que los valores-p obtenidos, son mayores que el nivel de significación 0,05, y por lo tanto no se rechazan las hipótesis nulas respectivas. De esta forma, no existe efecto de los portainjertos sobre el número de brotes rojos.

Cuadro 9: Promedios y desviaciones estándar, obtenidos número de brotes rojos de plantas de palto cv. Hass injertados sobre portainjertos de raza Antillana, Guatemalteca y Mexicana al 9 marzo, 23 marzo, 6 abril y 26 abril 2004.

Portainjerto	Promedio 9/3	Desviación estándar	Promedio 23/3	Desviación estándar	Promedio 6/4	Desviación estándar	Promedio 26/4	Desviación estándar
ZR 99	0.00 a	0.00	1.17 a	1.47	3.33 a	2.07	3.17 a	1.83
NABAL	0.00 a	0.00	1.00 a	1.67	1.33 a	2.16	1.33 a	2.16
NAOZ 6	1.33 a	2.80	3.67 a	2.07	4.50 a	3.27	4.00 a	2.90
NAT 3	2.17 a	3.49	3.67 a	2.25	5.83 a	2.32	4.67 a	2.94
WA	2.50 a	6.12	3.00 a	3.41	4.50 a	2.81	4.83 a	2.64
ASH 17	1.67 a	3.61	3.00 a	2.68	3.83 a	2.32	3.83 a	2.32
NAT 2	2.83 a	2.40	3.83 a	2.04	4.50 a	1.76	3.67 a	2.07
NAOZ 7	1.50 a	3.67	1.83 a	2.71	3.67 a	3.44	3.83 a	3.60
DE 62	1.17 a	2.86	3.00 a	3.95	3.67 a	4.03	3.67 a	4.03
NAOZ 8	0.00 a	0.00	1.17 a	1.60	3.17 a	2.86	3.17 a	2.86
MEX	0.00 a	0.00	1.17 a	1.83	2.50 a	2.81	2.50 a	2.81
DE 117	2.33 a	3.14	2.50 a	3.51	3.00 a	2.53	3.00 a	2.53
ASH 27	0.83 a	1.60	1.67 a	2.66	2.67 a	1.75	3.00 a	2.00
DE 118	1.67 a	2.66	3.00 a	3.52	3.83 a	3.13	3.83 a	3.13
DUKE 7	0.83 a	2.04	1.17 a	1.94	2.17 a	2.48	2.00 a	2.45
NAOZ	0.83 a	2.04	2.33 a	2.07	4.33 a	2.58	3.67 a	2.58

*Letras diferentes indican diferencia significativa según test de Kruskal-Wallis*

El Cuadro 9, refleja el nivel de brotación (aparición de brotes rojos), y al igual que todos los parámetros observados anteriormente, no existe diferencia significativa.

Los datos en el Cuadro 9, señalan que entre el mes de marzo y abril la brotación fue baja pero pareja, es decir, se obtuvo una desviación estándar bastante homogénea en especial a finales de abril. Esto puede reflejar que, algunas series brotaron mas tarde, pero hicieron con similar intensidad, lo cual, se puede apreciar comparando las mediciones de principio de marzo y las de finales de abril.

Cuadro 10: Promedios y desviaciones estándar, obtenidos número de brotes rojos de plantas de palto cv. Hass injertados sobre portainjertos de raza Antillana, Guatemalteca y Mexicana al 5 ; mayo, 18 mayo, 1 junio y 14 junio 2004.

Portainjerto	Promedio 5/5	Desviación estándar	Promedio 18/5	Desviación estándar	Promedio 1/6	Desviación estándar	Promedio 14/6	Desviación estándar
ZR 99	2.67 a	2.42	3.33 a	2.07	3.33 a	2.07	3.33 a	2.07
NABAL	1.33 a	2.16	1.33 a	2.16	1.33 a	2.16	1.33 a	2.16
NAOZ 6	4.33 a	2.94	4.17 a	2.71	4.17 a	2.71	4.17 a	2.71
NAT 3	5.67 a	1.86	5.67 a	1.86	5.67 a	1.86	5.67 a	1.86
WA	4.67 a	2.80	4.83 a	2.64	4.83 a	2.64	4.83 a	2.64
ASH 17	3.83 a	2.32	3.67 a	2.25	3.67 a	2.25	3.67 a	2.25
NAT 2	4.00 a	2.10	4.50 a	1.87	4.50 a	1.87	4.50 a	1.87
NAOZ 7	3.83 a	3.71	3.67 a	3.50	3.67 a	3.50	3.67 a	3.50
DE 62	3.50 a	3.83	3.67 a	4.03	3.67 a	4.03	3.67 a	4.03
NAOZ 8	3.17 a	2.86	3.33 a	3.01	3.33 a	3.01	3.33 a	3.01
MEX	2.33 a	2.58	2.33 a	2.58	2.33 a	2.58	2.33 a	2.58
DE 117	3.33 a	2.34	2.83 a	2.04	2.83 a	2.04	2.83 a	2.04
ASH 27	2.67 a	1.75	2.50 a	1.64	2.50 a	1.64	2.50 a	1.64
DE 118	3.83 a	3.13	3.67 a	3.01	3.67 a	3.01	3.67 a	3.01
DUKE 7	1.83 a	2.14	1.83 a	2.14	1.83 a	2.14	1.83 a	2.14
NAOZ	3.83 a	2.64	3.00 a	1.67	3.00 a	1.67	3.00 a	1.67

*Letras diferentes indican diferencia significativa según test de Kruskal-Wallis*

A diferencia del cuadro anterior, en el Cuadro 10, se puede apreciar que la desviación estándar parte siendo bastante homogénea, sin embargo, en las últimas mediciones del ensayo, se contempla que la diferencia se acentuó. Esto puede ser producto de que algunas plantas dentro de las variedades/series siguieron produciendo nuevos brotes en los meses mas fríos, mientras que otras no lo hicieron.

#### 4.1.6. Análisis de Correlación

Debido a que los tratamientos no tuvieron efecto sobre las variables de respuesta “Número de hojas viejas” y “Número de brotes rojos”, se realizó un análisis de correlación lineal para determinar si estas variables están asociadas entre ellas.

Para cumplir con este objetivo, se realizó un análisis estadístico a través del coeficiente de correlación de Pearson. De esta forma, la hipótesis de interés se define como sigue:

$H_0$ : No existe correlación significativa entre el “Número de hojas viejas” y “Número de brotes rojos”

El análisis indica que valor-p es menor que el nivel de significación 0,05, por lo que es posible determinar que la asociación entre “Numero de hojas viejas” y “Número de brotes rojos” es significativa para todas las fechas de evaluación.

Como la correlación es negativa (mayor que 0), entonces se puede indicar que la asociación es indirecta, por lo que a menor número de hojas viejas se tiene mayor número de brotes rojos.

Esta correlación refleja el comportamiento natural del palto, el cual se caracteriza por presentar brotes rojos al comenzar sus períodos de crecimiento, los cuales culminan con la caída de hojas viejas (GIL, 1999). Cabe señalar que en algunas de las muestras, se produjo la pérdida total o parcial de follaje sin presentar previa brotación, esto es una clara señal de estrés en paltos, a pesar de esto, el análisis estadístico reflejó el comportamiento promedio natural del palto, por lo que es posible presumir que este comportamiento en general no se vio afectado por el estrés por hipoxia.

#### 4.2. Análisis por raza:

El análisis de varianza llevado a cabo para evaluar las diferencias existentes entre las distintas razas Antillana, Mexicana y Guatemalteca contempladas en este ensayo respecto de los parámetros medidos, permite observar que las variables de respuesta que presentan un valor-p mayor que 0.05 se distribuyen normalmente, por lo cual, se puede hacer uso del Análisis de Varianza Usual sin problemas; para el resto de los casos fue necesario utilizar la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis por el incumplimiento del supuesto de normalidad de las observaciones.

Las variables “Número de Hojas viejas” y “Número de brotes Rojos” representan una frecuencia de datos, lo que implica que tiene una distribución Binomial. Esta variable no cumple con el supuesto de “normalidad” de las observaciones, el cual es necesario para la realización del Análisis de Varianza usual. Por ello, en este caso, se realiza directamente la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis.

##### 4.2.1. Diámetro basal

El análisis de varianza indica que los valores-p obtenidos, son mayores que el nivel de significación 0,05, y por lo tanto no se rechazan las hipótesis nulas respectivas. De esta forma, no existe efecto de las razas sobre el diámetro basal.

A continuación, se presentan los promedios y las desviaciones estándar, obtenidos para las variables de respuesta respectivas.

Cuadro 11: Promedio y desviación estándar del diámetro basal de plantas de palto cv. Hass injertados sobre portainjertos de raza Antillana, Guatemalteca y Mexicana entre enero-marzo y marzo-junio 2004.

Raza	Promedio Ene-mar	Desviación estándar	Promedio Mar-Jun	Desviación estándar
Guatemalteca	0.69 a	0.69	0.99 a	0.39
Antillana	0.32 a	0.54	0.40 a	0.94
Mexicana	0.50 a	0.56	0.38 a	0.47

*Letras diferentes indican diferencia significativa según test de Kruskal-Wallis*

En todas las variedades/series, se presentó aumento del diámetro basal entre el mes de enero y marzo, que corresponde al período de estrés post transplante y entre el mes de marzo y junio que corresponde al período de estrés por hipoxia, Sin embargo, en ninguno se aprecia diferencia significativa sobre la variable respuesta, lo cual concuerda con todos los parámetros medidos anteriormente.

Es posible apreciar que al final de las mediciones la desviación estándar disminuyó tanto para raza la Guatemalteca como para la Mexicana, sin embargo, aumentó para la raza Antillana, esto se puede deber al hecho que habían muchos mas representantes de esta raza comparados con las otras dos.

#### 4.2.2. Altura de la planta

El análisis de varianza indica que los valores-p obtenidos, son mayores que el nivel de significación 0,05, y por lo tanto no se rechazan las hipótesis nulas respectivas. De esta forma, no existe efecto de las razas sobre la variación de altura de planta.

A continuación, se presentan los promedios y las desviaciones estándar, obtenidos para las variables de respuesta respectivas.

**Cuadro 12: Variación de la altura (cm) de planta entre 9 marzo-3 marzo, 23 marzo-6 abril, 6 abril-26 abril y 25 abril-5 mayo 2004.**

Raza	Promedio 9/3-23/3	Desviación estándar	Promedio 23/3-6/4	Desviación estándar	Promedio 6/4-26/4	Desviación estándar	Promedio 26/4-5/5	Desviación estándar
G	1.42 a	1.91	8.42 a	11.94	1.50 a	2.35	1.00 a	1.73
A	1.53 a	3.31	2.83 a	5.12	2.17 a	4.72	0.61 a	1.06
M	2.74 a	3.61	4.11 a	6.07	2.65 a	3.72	0.68 a	2.51

*Letras diferentes indican diferencia significativa según test de Kruskal-Wallis*

Durante los meses más cálidos (Cuadro 12) no hubo diferencia significativa entre razas respecto de la variación de la altura de la planta, sin embargo, se puede observar que la desviación estándar sufrió una disminución en la medición que comprende finales de abril y principio de mayo.

**Cuadro 13: Variación de la altura (cm) de planta entre 5 mayo- 18 mayo, 18 mayo-1 junio, 1 junio-14 junio y todo el período entre 9 marzo y 14 junio 2004.**

Raza	Promedio 5/5-18/5	Desviación estándar	Promedio 18/5-1/6	Desviación estándar	Promedio 1/6-14/6	Desviación estándar	Promedio 9/3-14/6	Desviación estándar
G	0.33 a	0.41	0.08 a	0.20	0.25 a	0.42	12.08 a	15.73
A	0.46 a	0.80	0.15 a	0.49	0.19 a	0.43	7.68 a	12.66
M	0.44 a	0.79	0.21 a	0.61	0.15 a	0.29	9.97 a	12.53

*Letras diferentes indican diferencia significativa según test de Kruskal-Wallis*

Durante los meses más fríos (Cuadro 13) tampoco hubo diferencia significativa entre las distintas razas respecto de la variación de la altura, y lo mismo se observa para la variación de la altura promedio durante el período de medición, lo cual, sugiere que el portainjerto no tiene efecto sobre este parámetro en las distintas razas de portainjerto de palto.

#### 4.2.3. Largo del brote apical

El análisis de varianza indica que los valores-p obtenidos, son mayores que el nivel de significación 0,05, y por lo tanto, no se rechazan las hipótesis nulas respectivas.

De esta forma, no existe efecto de las razas sobre la variación de largo del brote apical de brote.

A continuación, se presentan los promedios y las desviaciones estándar, obtenidos para las variables de respuesta respectivas.

Cuadro 14: Variación de la altura del brote entre 26 abril-5 mayo, 5 mayo-18 mayo, 18 mayo-1 junio y 1 junio-14 junio 2004.

Raza	Promedio 26/4-5/5	Desviación estándar	Promedio 5/5-18/5	Desviación estándar	Promedio 18/5-1/6	Desviación estándar	Promedio 1/6-14/6	Desviación estándar
G	0.42 a	0.66	0.17 a	0.41	0.17 a	0.26	0.17 a	0.41
A	0.97 a	2.43	0.36 a	0.77	1.85 a	9.37	0.31 a	1.13
M	0.69 a	1.20	0.35 a	0.61	0.15 a	0.29	0.06 a	0.17

*Letras diferentes indican diferencia significativa según test de Kruskal-Wallis*

En el Cuadro 15, se puede apreciar que no existe diferencia significativa entre las distintas razas de portainjerto respecto de la altura del brote apical durante todo el periodo de medición. Por su parte, la desviación estándar tiende a disminuir, lo que podría sugerir que dentro de la misma raza en un principio, se presentó una alta variabilidad en el largo, sin embargo la evolución de este parámetro fue mas homogénea.

En cuanto al largo promedio final (Cuadro 15), se puede apreciar que tampoco se reflejó diferencia significativa entre las distintas razas de portainjerto de palto, lo que podría reafirmar que bajo estas circunstancias no existe efecto del portainjerto sobre el largo del brote apical.

Cuadro 15: Variación de la altura del brote entre 26 abril y 14 junio 2004.

Raza	Promedio	Desviación estándar
Guatemalteca	0.83 a	1.33
Antillana	1.73 a	3.87
Mexicana	1.14 a	2.02

*Letras diferentes indican diferencia significativa según test de Kruskal-Wallis*

#### 4.2.4. Número de hojas viejas.

El análisis de varianza indica que los valores-p obtenidos, son mayores que el nivel de significación 0,05, y por lo tanto no se rechazan las hipótesis nulas respectivas. De esta forma, no existe efecto de los portainjertos sobre el número de hojas viejas.

A continuación, se presentan los promedios y las desviaciones estándar, obtenidos para las variables de respuesta respectivas.

**Cuadro 16: Promedios y desviación estándar de número de hojas viejas al 9 marzo, 23 marzo, 6 abril y 26 abril 2004**

RAZA	PROMEDIO 9/3	DESVIACION ESTANDAR	PROMEDIO 23/3	DESVIACION ESTANDAR	PROMEDIO 6/4	DESVIACION ESTANDAR	PROMEDIO 26/4	DESVIACION ESTANDAR
G	9.17 a	4.54	8.50 a	4.89	7.67 a	5.35	7.50 a	6.41
A	5.57 a	3.65	4.86 a	3.66	4.07 a	4.03	3.29 a	4.12
M	7.42 a	2.54	6.92 a	2.86	6.58 a	3.27	5.58 a	3.64

*Letras diferentes indican diferencia significativa según test de Kruskal-Wallis*

El Cuadro 16 refleja una fuerte caída de hojas durante los primeros meses de medición, lo que puede ser atribuido a un esfuerzo por parte del árbol a balancear la pérdida de masa radical sufrida durante el trasplante, con la parte aérea y además en respuesta al estrés por hipoxia sufrido durante los siguientes meses. No se encontró diferencia significativa entre los portainjertos sobre este parámetro.

**Cuadro 17: Promedios y desviación estándar de número de hojas viejas al 5 mayo, 18 mayo, 1 junio y 14 junio 2004.**

Raza	Promedio 5/5	Desviación estándar	Promedio 18/5	Desviación estándar	Promedio 1/6	Desviación estándar	Promedio 14/6	Desviación estándar
G	7.17 a	5.98	7.50 a	6.41	7.50 a	6.41	7.50 a	6.41
A	3.21 a	4.41	3.29 a	4.39	3.00 a	4.37	2.86 a	4.44
M	5.33 a	4.03	5.67 a	3.67	5.17 a	4.27	5.33 a	3.98

*Letras diferentes indican diferencia significativa según test de Kruskal-Wallis*

Durante los meses fríos (Cuadro 17), la caída de hoja tendió a estabilizarse, posiblemente por alcanzar un nivel de equilibrio entre la parte aérea y la radical. Además, se presume que el estrés post trasplante ya no estaría jugando un rol en esta etapa del ensayo, por su parte, muchas plantas perdieron la totalidad del follaje, posiblemente por la condición de hipoxia prolongada, por lo que esos valores se mantuvieron constantes al final de las mediciones.

#### 4.2.5. Número de brotes rojos.

El análisis de varianza indicó que las variables de respuesta que presentan un valor- $p$  menor que 0.05 se distribuyen normalmente, por lo que se rechazan las hipótesis nulas respectivas. De esta forma, existe efecto de las razas sobre el número de brotes rojos, en las fechas de evaluación indicadas.

A continuación, se presentan los promedios y las desviaciones estándar, obtenidos para las variables de respuesta respectivas.

Cuadro 18: Promedios y desviación estándar de brotes rojos al 9 Marzo, 23 Marzo, 6 Abril y 26 Abril 2004.

RAZA	PROMEDIO 9/3	DESVIACION ESTANDAR	PROMEDIO 23/3	DESVIACION ESTANDAR	PROMEDIO 6/4	DESVIACION ESTANDAR	PROMEDIO 26/4	DESVIACION ESTANDAR
G	0.00 a	0.00	1.00 a	1.67	1.33 a	2.16	1.33 a	2.16
A	3.07 b	4.46	3.79 b	3.29	5.57 b	2.79	5.29 b	2.67
M	0.42 a	1.51	1.17 a	1.89	2.33 a	2.51	2.25 a	2.49

*Letras diferentes indican diferencia significativa según test de Kruskal-Wallis*

En el Cuadro 18, se observa que durante los meses más cálidos de la medición la raza Antillana, presentó significativamente mayor brotación frente al estrés por hipoxia que las razas Mexicana y Guatemalteca, lo que sugiere que esta raza podría tener mayor capacidad de respuesta frente a este tipo de estrés lo que se traduce en una mayor brotación.

Cuadro 19: Promedios y desviación estándar de brotes rojos al 5 mayo, 18 mayo, 1 junio y 14 junio 2004.

RAZA	PROMEDIO 5/5	DESVIACION ESTANDAR	PROMEDIO 18/5	DESVIACION ESTANDAR	PROMEDIO 1/6	DESVIACION ESTANDAR	PROMEDIO 14/6	DESVIACION ESTANDAR
G	1.33 a	2.16	1.33 a	2.16	0.83 a	2.04	0.83 a	2.04
A	5.36 b	2.59	5.07 b	2.94	4.94 b	2.89	4.94 b	2.89
M	2.08 a	2.18	2.08 a	2.37	1.92 a	2.33	1.92 a	2.33

*Letras diferentes indican diferencia significativa según test de Kruskal-Wallis*

Durante los meses mas fríos (Cuadro 19), se mantuvo la superioridad en cuanto a la aparición de brotes rojos en raza Antillana respecto de raza Guatemalteca y Mexicana, lo cual sugiere que el parámetro de brotación podría ser considerado como un indicador de resistencia frente al estrés por hipoxia dentro de las razas de palto.

Existió una gran variabilidad dentro de las series/variedades y también dentro de las razas lo que dio lugar a altísimas desviaciones estándar dentro del análisis estadístico. A partir de esto, se podría señalar que los portainjertos de la raza Antillana, a pesar de provenir de semillas obtenidas en huertos compactos de Israel, presentaron gran diversidad frente al estrés por hipoxia y a los efectos que este acarrea. Respecto de los portainjertos provenientes de semillas hijas de México y Nabal obtenidas en Chile, estas presentan una predecible y alta heterogeneidad, puesto que no provienen de huertos compactos sino todo lo contrario, por lo que la alta desviación estándar que presentaron no fue algo sorprendente.

En el caso de Duke 7 de origen clonal, presentó relativamente bajas desviaciones, sin embargo, en ocasiones esta fue alta y se piensa que es el efecto de la mala condición fitosanitaria en la zona radical que presentaron algunas plantas desde un principio. Frente a este hecho, sería aconsejable aumentar el número de repeticiones.

#### 4.3. Alteraciones de la raíz:

Durante el trasplante de bolsas de ocho litros a contenedores de 55 litros llevada a cabo a principio de enero, se observó que las plantas en general presentaban una buena condición a nivel de sistema radical, en especial la plantas con portainjerto de raza Antillana, las cuales presentaban raíces densas, fibrosas y saludables sin olores desagradables y colores que se limitaban a tonos café claro y amarillo pardoso. Estas raíces se encontraban en todo el perfil de suelo contenido en la bolsa. La condición del sistema radical, se reflejaba perfectamente en la parte aérea, la cual en general era frondosa, saludable y provista de brotes rojos.

Las plantas con portainjertos pertenecientes a hijos de Mexícola y Nabal presentaban una muy buena condición del sistema radical y de la parte aérea. Las plantas con portainjerto clonal Duke 7, presentaban una buena condición del sistema radical en general, pero se notaba una menor densidad de raíces, lo cual, es común en plantas clonales y además presentaban en algunas muestras colores café oscuro en las raíces ubicadas en la parte mas baja de las bolsas, que podría indicar que se trataba de plantas que presentan algunos problemas fitosanitarios de carácter leve (Anexo 9). La parte aérea era notablemente más pequeña que el resto de las series/variedades y presentaban yemas axilares pero no brotes rojos.

En el proceso del trasplante, y a pesar del extremo cuidado que se tomó se produjo la pérdida de masa radical de todas las plantas ya que al tratar de extraer todo el sustrato original salían también trozos de raíz. Es posible pensar que la pérdida de raíces tuvo dos efectos nocivos que se sumaron al estrés por hipoxia, el desbalance (Anexo 10) entre el sistema radical y la parte aérea, que se considera uno de los factores que influye en el estrés post trasplante y que provoca la deshidratación de la parte aérea ya que las raíces ya no son suficientes para suplir la demanda atmosférica, en especial durante los meses de verano. Otro efecto nocivo, es que la pérdida de masa radical crea entrada para patógenos de la raíz y esto se vio confirmado ya que transcurridos tres meses desde el inicio del ensayo, se tomó una

muestra de raíz proveniente de todas las plantas y el resultado confirmó la presencia del hongo *Cylindrocarpon destructans* (Anexo 11) que afecta preferencialmente a plantas de vivero. Se presume que este hongo venía con las plantas ya que se hicieron análisis de laboratorio a raíces de plantas hermanas pero que no habían sido trasplantadas y estas arrojaron un resultado positivo. Las plantas, hermanas no presentaban síntomas de decaimiento, pero a la vez no habían sufrido la pérdida de masa radical ni tampoco contaban con daño radical semejante a las plantas que si habían sido trasplantadas. También se hizo análisis del agua de riego en busca de este patógeno, pero este dio negativo.

Una planta que se presentaba notablemente mas decaída que el resto confirmó la presencia de *Fusarium sp*, además de la presencia de *Cylindrocarpon destructans* en la zona radical. Se piensa que el severo decaimiento de esta planta en particular, es producto de la sumatoria entre la pérdida de gran masa radical durante el trasplante, la presencia de estos patógenos de la raíz y el estrés originado por hipoxia (Anexo 12).

Si bien no se encontró *Phytophthora cinnamomi* Mill en los análisis realizados, no se puede descartar la posibilidad de que alguna vez estuvo presente, ya que pudo haber sucedido que en un principio, y producto del estrés, este patógeno ingresó a través de las lesiones, causó algún tipo de daño y mas tarde desapareció producto de la baja cantidad de oxígeno en la zona radical, dando lugar a la proliferación del patógeno anaeróbico *Cylindrocarpon destructans*.

Al final del experimento, se observó que la mayoría de las plantas presentaban solo un leve crecimiento de raíces nuevas, muchas raíces necrosadas y con olor desagradable y que al mas leve movimiento se desprendían con mucha facilidad.

Se observó que en el caso de plantas con portainjerto clonal Duke 7, las raíces provenientes del portainjerto clonal habían muerto y que la planta se mantenía viva

gracias al desarrollo de la semilla nodriza, la cual, a pesar del anillo estrangulador se mantenía funcionando.

Es posible señalar que la parte aérea de la planta de palto, así como en otras especies vegetales, es el reflejo de lo que está ocurriendo en la zona radical y la presencia de oxígeno en forma balanceada en la rizosfera sumado a una buena condición fitosanitaria juegan un rol fundamental en la salud del sistema radical, a su vez se manifiesta en el follaje.

## 5. CONCLUSIONES.

A través de los resultados obtenidos en este ensayo, se puede señalar que bajo una condición de hipoxia radical en plantas de palto perteneciente a 16 series/variedades y a las cuatro razas botánicas reconocidas: Antillana, Mexicana y Guatemalteca, no existe efecto significativamente distinto del portainjerto sobre la tasa de crecimiento del brote apical y tasa de crecimiento del diámetro basal del tronco en el período de post trasplante y el período de estrés por hipoxia.

Se encontró una relación inversa entre la caída de hoja y la brotación, lo cual refleja el comportamiento natural del palto de botar su hoja para dar lugar a los brotes rojos. Para que el árbol crezca, el grado de brotación debe ser superior al de caída de hoja, de tal forma de acumular materia seca, es así como la gran mayoría de las plantas presentaron algún grado de crecimiento en su parte aérea, lo que indica que este grado de estrés por hipoxia no afectó este comportamiento del palto.

Las plantas en su totalidad presentaron notable deterioro del sistema radical inmediatamente después del trasplante, producto de la gran pérdida de masa radical, la cual, se presume produjo un desbalance entre la parte aérea y radical, y además facilitó la entrada de patógenos de la raíz, con especial énfasis *Cylindrocarpon destructans*. El decaimiento, se mantuvo en las plantas posiblemente por la falta de oxígeno, lo que impidió que se llevara a cabo la total recuperación del sistema radical y los procesos fisiológicos propios de la raíz del palto bajo condiciones aeróbicas favorables.

## 6. RESUMEN.

Dentro de los fenómenos observados por la creciente plantación de paltos (*Persea americana* Mill) en suelos marginales, se encuentra el estrés por hipoxia causado por anegamiento, el cual, se presenta principalmente en suelos pesados de fácil saturación. Este fenómeno causa serios daños en el sistema radical, promueve un debilitamiento de la planta y permite el ataque de patógenos con mayor facilidad.

El presente ensayo, se llevó a cabo en el laboratorio de Propagación "GREGORIO ROSENBERG" de la facultad de Agronomía de la Pontificia Universidad Católica de Valparaíso entre agosto del 2003 y agosto del 2004.

Dieciséis portainjertos de palto de las tres variedades botánicas fueron sometidos a estrés por hipoxia y se evaluó el vegetativo a través del crecimiento del brote apical, evolución del diámetro de tronco, defoliación y aparición de brotes rojos. No se encontró diferencia significativa del efecto del portainjerto sobre los parámetros medidos, lo cual podría indicar que el fenómeno de hipoxia afecta por igual a todas las series/variedades estudiadas.

Se observó una relación inversa entre la defoliación y aparición de brotes rojos, lo que confirma que comportamiento no fue afectado por la condición de hipoxia en la zona radical.

Las plantas injertadas sobre Antillano presentaron un grado de brotación significativamente mas alto que las plantas sobre Mexicano y Guatemalteco,

Se observó un claro deterioro del sistema radical en especial las clonales Duke 7 y se confirmó la presencia del hongo anaeróbico *Cylindrocarpon destructans*.

## 7. ABSTRACT

Hypoxic stress caused by waterlogged is one of the observed aspects of the fast growing avocado (*Persea Americana* Mill.) grove in less suitable soils of the central-northern regions of Chile. This phenomenon occurs in easily saturated soils; it is harmful to the root system, affects plant nutrition and provides an easy entry to plant pathogens.

This experiment took place in the "GREGORIO ROSENBERG" Plant Propagation Laboratory, at the Agronomy Faculty of Agricultural Science of the Pontificia Universidad Católica de Valparaíso between August 2003 and August 2004.

Sixteen avocado rootstocks of the three botanical races were tested submitted to hypoxic condition and their agronomical response was evaluated regarding their vegetative growth through the apical shoot, trunk diameter, defoliation and new shoot growth

No difference were found regarding the effects of the rootstocks on the measured parameters, which may indicate that hypoxia affects evenly all the series/varieties studied.

The data analysis gave an inverse relation among leaf drop and new shoot growth, which adjusts to the natural plant behavior of avocado tree. It may be therefore confirm that hypoxia stress does not affect this behavior.

Plants grafted on West Indian rootstocks proved to have better shoot growth than those grafted on Mexican or Guatemalan rootstocks, which suggests that this race may tolerate better this kind of stress.

Deterioration of the root system became evident in all plants, especially the clonal rootstock Duke 7, and the presence of anaerobic fungi *Cylindrocarpon destructans* was confirm.

## 8. LITERATURA CITADA.

- ADDICOTT, E. 1956. Abscission: shedding of parts. *Physiol. Plant.* 67: 305-309.
- ARPAIA, M. 1992. Rootstock selection for improved salinity tolerance of avocado, (On line) [www.avocadosource.com/journal/horticulturaeview/hortrev\\_1995](http://www.avocadosource.com/journal/horticulturaeview/hortrev_1995) . p 81-249.
- AVADHANI, P., GREENWAY, H., LEFROY, R and PRIOR, L. 1978. Alcoholic fermentation and malate metabolism in rice germination at low oxygen concentration. *Australian Journal of Plant Physiology.* 5:15-25.
- BARCLAY, A. and CRAWFORD , R. 1981. Temperature and anoxic injury in pea seedling. *J. Exp. Bot.* 160: 943-949.
- BARRERA, J., BORYS, M. and MARTINEZ, H. 1981. Root systems of *persea americana* Mill and *persea americana* Nees. 21<sup>st</sup> international Horticultural congress. Hamburg, FRG, abstracts.
- BARTA, A. 1984. Ethanol synthesis and loss from flooded roots of *Medicago sativa* L. *Plant Cell Environment.* 7: 187-191.
- BARTA, A. 1987. Supply and partitioning of assimilates to roots of *Medicago sativa* L under anoxia. *Plant Cell Environment.*10: 151-156.
- BECKHAM, C., PERRY, R. and FLORE, J. 1992. Short-term flooding affects gas exchange characteristics of containerized sour cherrytrees. *Hortscience* 27: 1297-1301.
- 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.
- BEN YA'ACOV, A., and MICHELSON, E. 1968. Avocado Rootstock Selection (On line). [www.avocadosource.com/journal/horticulturaeview/hortrev\\_1995](http://www.avocadosource.com/journal/horticulturaeview/hortrev_1995). p 81-249.
- BEN YA'ACOV, A., and MICHELSON, E. 1995. Avocado Rootstock, (On line). [www.avocadosource.com/journal/horticulturaeview/hortrev\\_1968](http://www.avocadosource.com/journal/horticulturaeview/hortrev_1968). p 59-71.
- BEN YA'ACOV, A., MICHELSON, E., and ZILBERSTAIN, M. 1992. Selection of avocado rootstock in israel for high productivity under different soil conditions. *Proceeding of second World Avocado Congress.* 521-526.

- BEN YA'ACOV, A. 1979. Avocado rootstock scion relationship: a large scale. Field research project. Calif. Avocado Soc. Yrbk. 55: 158-161.
- BEN YA'ACOV, A. and MICHELSON, L. 1976. The grower team in avocado research. Hassadeh 57: 866-869.
- BERGH, B. 1992. The origin, nature, and genetic improvement of avocado. California Avocado Society Yearbook. 76, 61-75.
- BERSTAIN, L. 1988. Osmotic adjustment of plants to saline media. I. Steady state. Am. J. Bot. 48: 909-918.
- BERSTAIN, L. 1965. Salt stress effect in avocado. Am. J. Bot. 8: 59-67.
- BORYS, M., BARRERA, J. and LUNA-LOPEZ, J. 1985. Some Root Characteristics of Avocado (*Persea americana* Mill.) Seedlings of the West Indian and Guatemalan Races. California Avocado Society Yearbook. 69: 111-122
- BRINK, V. 1954. Survival of plants under flood in the lower Fraser River Valley. British Columbia. Ecology. 35: 94-95.
- BRINSON, M., SWIFT, R., PLANTICO, R. and BARKLAY, J. 1981. Riparian ecosystem: their ecology and status. USA Fish and Wild life Serv. Washington DC. OBS. 81/17.
- BROADFOOT, W. 1967. Shallow-water impoundment increases soil moisture and growth of hard wood. Soil. Sci. Soc. Proc. 31: 562-564.
- BROWN, K and LEOPOLD, A. 1973. Ethylene and regulation of growth in pine. Canadian Journal For. Res. 3: 143-145.
- CADAHIA C. 1998. Fertirrigación: Cultivos hortícolas y ornamentales. Madrid. Ediciones Mundiprensa. 475p.
- CARLILE, M. 1986. The zoospore and its problems. In: Aires, P. y Boddy, L. (eds) Water fungi and plants. Cambridge University Press. Pp 105-118.
- CARRASCO G. 1996. Manual Técnico La empresa hidropónica de mediana escala: La técnica de la solución nutritiva circulante ("NFT"). Talca, FAO. 105p.
- CARPENTER, J. and MITCHELL, C. 1980. Root respiration characteristics of flood tolerant and intolerant tree species. Journal of American Society of Horticultural Science. 105:684-687.

- CASTRO, M. 2002. Situación Nacional de portainjertos de palto y su relación con factores de productividad y precocidad. Editorial Universidad Católica de Valparaíso Seminario internacional "Selección y uso de portainjertos y nuevas variedades de palto. Quillota. 62-75.
- CHANG, T., HAMMETT, P. and PHARR, D. 1983. Carbon dioxide effects on ethanol production, pyruvate decarboxylase and alcohol dehydrogenase activities in anaerobic sweet potato roots. *Plant Physiology*, 71: 59-62.
- CHILDERS, N. and WHITE, D. 1942. Influence of submersion of roots on transpiration, apparent photosynthesis and respiration of young apple trees. *Plant Physiol.* 17: 603-618.
- CHUNG-TA, L. and CHIN-HO, L. 2000. Physiological adaptation of crop plant to flooding stress. *Proc. Nat. Sci.* 25: 48-157.
- CHIRKOVA, T. 1978. Some regulatory mechanisms of plant adaptation to temporal anaerobiosis. In: Davies, D. and Cawford, R.(eds.) *Plant life in anaerobic environment*, Ann Arbor Science. Pub. Ann Arbor. Miami. pp 137-154.
- CLEMENS, J. and MILLS, P. 1978. The resistance to water logging of three *Eucalyptus* species, effect of flooding and of ethylene-releasing growth substances on *E. robusta*, and *E. saligna*. *Occologia*. 34: 125-131.
- COOKSON, C. and OZBORNE, D. 1978. The stimulation of cell extension by ethylene and auxin in aquatic plants. *Planta*. 144: 39-47.
- COOPER, W. 1951. Tip burn problem on avocado. *Texas Avocado Soc.* 21: 50-54.
- CRANE, J. and DAVIES, E. 1989. Flooding responses of *vaccinium* species. *Hortscience* 24: 203-210.
- CRAWFORD, R. 1989. *Studies in plant survival*. Oxford. Blackwell Scientific. Pp 246
- CRAWFORD, R. 1978. Metabolic adaptation to anoxia. In: Hook, D. And Crawford, R. (eds). *The biochemistry of plants* New York. Academic Press. Pp581-611. (vol 2)
- DARVAS, J. 1978. Common root pathogens from avocado. *South African Avocado Grower's Association Research Report*. Vol 2: 3-4.
- DAVIES, F. and FLORE, J. 1986a. Flooding, gas exchange and hydraulic conductivity of highbush blueberry. *Physiol. Plant.* 67: 545-551.

- DAVIES, F. and FLORE, J. 1986b. Short term flooding effect on gas exchange and quantum yield of rabbit eye blueberry (*Vaccinium ashei* Reade). *Physiol. Plant.* 81: 289-292.
- DAVIES, D. 1980. Anaerobic metabolism and the production of organic acid. *In*: Davies, D. (ed). *The biochemistry of plants*, NY. Academic Press., Vol 2, pp. 581-611.
- DAVIES, D. and KOZLOWSKI, 1975. Effects of applied abscisic acid and silicone on water relations and photosynthesis of woody angiosperms. *For. Sci.* 22: 191-195.
- DIAZ, H., AYERS, A., COOPER, W and BRUSCA, N. 1984. Salt tolerance of avocado trees grown in culture solutions. *Ann. Rev. Plant Physiol.* 61: 85-98.
- DIRR, M. 1978. Tolerance of seven woody ornamentals to soil applied sodium chloride. *J. Arbore.* 4: 162-165.
- DOWNTOWN, W. 1978. Growth and flowering in salt-stressed trees. *Aust. J. Agric. Res.* 29: 523-534.
- DUNIWAY, J., and GORDON, T. 1986. Water relation and pathogens activities in soil. *In*: Aires, P. y Boddy, L. (eds). *Water, Fungui and Plants*. Cambridge University Press.. Pp 119-137.
- DURAND, B., and CLAASSENS, N. 1987. Root distribution of avocado trees in different soil types. *South African Avocado Grower's Association Yearbook. Proceeding of the first World Avocado Congress.* Vol 10: 15-19.
- DUTT, S. BAL, A. and BANDYOPADHAT, A. 1991. Salinity induces chemical changes in *Casuarina equisetifolia*. *Forst. Egypt J. Soil. Sci.* 31: 57-63.
- FISHER, H. and STONE, E. 1990. Active potassium uptake by slash pine roots from oxygen depleted solutions. *For. Sci.* 36: 582-598.
- FLOWERS, T., TROKE, P. and YEO, A. 1977. The mechanism of salt tolerance in halophytes. *Ann. Rev. Plant Physiol.* 28: 89-121.
- FRANCIS, C., DEVITT, A. and SEELE, P. 1974. Influence of flooding on the alcohol dehydrogenase activity of roots of *Trifolium subterraneum* L. *Aust. J. Plant Physiology.* 1: 9-13.

- FRANCOIS, L. and CLARK, R. 1978. Salt tolerance of ornamental shrubs, trees and iceplant. *J. Am. Soc. Hortic. Sci.* 103: 280-283.
- FROLICH, E. and PLATT, R. 1971. Use of etiolation technique in rooting avocado cuttings. *Calif. Avocado Society Yrbk.* 55: 97-109.
- FILTER, T. 1975. Mycorrhizae and soil microflora in a green tree reservoir. *For. Sci.* 24: 36-39.
- GALLO-LLOBET, L., PÉREZ, S. y SIERIO, F. 1999. Búsqueda de Resistencia a *Phytophthora cinnamomi* Rands. en patrones de aguacate de raza Antillana. *Revista Chapingo Serie Horticultura* 5:275-277.
- GAMBRELL, R. and PATRICK, W. 1978. Chemical and microbiological properties of anaerobic soils and sediments. In: Hook, D y Crawford, R. Ann A. (eds). *Plant Life in Anaerobic Environments*, Miami. Sci. Publ.. pp. 375-423.
- GARBOR, B. 1990. Quantitative analysis of resistance to *Phytophthora cinnamomi* in five avocado rootstocks under green house conditions. *Plant Disease.* 74(11):882-885.
- GIL, G. 1999. *Fruticultura: El Potencial Productivo, crecimiento vegetativo y diseño de huertos y viñedos.* 3º Edición. Santiago. Ediciones Universidad Católica de Chile. Pp132.
- GORHAM, J. 1996. Mechanisms of salt tolerance in halophytes. In: Choukr, R. Malcolm, C. y Hamdy, A. (eds) *Halophytes and biosaline agriculture.* New York Press. pp 31-53.
- GUCCI, R., LOMARDINI, L. and TATTINI, M. 1997. Analysis of leaf water relations of two olive (*Olea europea*) cultivars differing in tolerance to salinity. *Tree Physiology.* 17: 13-21.
- HAEBERD, N. and EDWARDS, K. 1983. Further studies on the alcohol dehydrogenase-1 in barley: evidence for a third alcohol dehydrogenase locus and data of the effect of an alcohol dehydrogenase-1 null mutation in homozygous and in heterozygous condition. *Gene. Res. Cambridge.* 41:658-663.
- HAISSIG, B. 1990. Reduced irradiance and applied auxin influence carbohydrate relations in *Prunus banksiana* cuttings during propagation. *Physiol. Plant.* 78: 455-461.

- HAUTALA, E., WYLFF, A. and OKSANEN, J. 1992. Effects of deicing SALT on visible symptoms , element concentration and membrana damage in first year seedlings of Roadside scots pine (*Pinus sylvestris*). Ann. Bot. Fenn. 29: 179-185.
- HO, H. and ZENTMEYER, G. 1977. Infection of avocado and other species of *Persea* by *Phytophthora cinnamomi*. Phytopatology. 67: 1085-1089.
- HSU, Y., TSENG, M. and LIN, C. 1999. The fluctuation of carbohydrates and nitrogen compound in flooded wax apple trees. Botany Academy Symposium. 40:193-198.
- HUGHES, E. 1990. The influence of flooding regimes on forest distribution and composition in the Tona river Floodplain. Kenya J. Appl. Ecol. 27: 475-491.
- JACKSON, M., BRAILSFORD, R. and ELSE, M. 1993. Hormones and plant adaptation to plant adaptation to poor aeration: A review. In: Kuo, C. (ed) Adaptation of flood crops to temperature and water stress. Proceedings of an international Symposium. Taipei AVRDC Publications. ROC. Pp. 231-243
- JACKSON, M. and DREW, M. 1984. Effects of flooding on growth and metabolism of herbaceous plants. In: Kozlowski, T. (ed), Flooding and plant growth. New York. Academic Press. Pp 47-128.
- JACKSON, M. 1985. Ethylene and responses of plants to soil waterlogging and submergence. Annual Rev. of Plant Physiology. 36: 145-174.
- JACKSON, M., HERMAN, B. and GOODENOUGH, A. 1982. An examination of the importance of ethanol in causing injury to flooded. Plant Cell Environment. 4: 163-172.
- JACKSON, M. and CAMPBELL, D. 1976. Water logging and petiole epinasty in tomato: The role of ethylene and low oxygen. New Phytol. 76:493-506.
- JOINER, M. and SCHAFFER, B. 1989. Flooding tolerance of "Golden Star" *carambola* trees. Proc. Fla. State. Hortic. Soc. 102: 236-239.
- KADMAN, A. and BEN-YA'ACOV, A. 1976. A method of measuring the covering area of avocado trees. Calif. Avocado Soc. Yrbk. 59: 105-108.
- KAUFMANN, M. 1972. Water deficits and reproductive growth. In: Kolowski (ed) Water deficit and plant growth. Vol III. Academic Press. New York. Pp 91-124.

- KAWASE, M. 1981. Anatomical and Morphological adaptations of plants to waterlogging. Horticultural Science 6: 30-34.
- KENERLEY, C. PAPKE, K. and BRUCK, R. 1984. Effect of flooding on development of *Phytophthora* root rot in Fraser fir seedlings. Phytopatology. 74: 401-404.
- KENNEDY, H. and KNIRARD, R. 1974. Mississippi river flood impact on natural hardwood forrests and plantations. USDA For. Serv. New Orleans. L.A. Res. No. SO-117.
- KENNEDY, R., RUMPHO, M. and FOX, T. 1992. Anaerobic metabolism in plants. Plant Physiology. 100:1-6.
- KONING, H. and LAMBERS, H. 1991. Respiratory metabolism, oxygen transport and the induction of aerenchyma in roots. In: Jackson, M. y Lambers, H. (eds) Plant life under oxygen deprivation. Hague. SPB Academic Publication., Pp: 247-265
- KNIGHT, R. 2002. History, Distribution and Uses. In: Whiley, A., Schaffer, B. and Wolstelholme, B. (eds.) The avocado: Botany, Production and Uses. Wallinford, Cabi Publishing. Pp 4-6.
- KOTZE, J., MOLL, J. and DARVAS, J. 1987. Root control in South Africa: Past, present and future. South African Avocado Grower's Assocoation Yearbook. Proceeding of the first World Avocado Congress Vol 10: 89-91.
- KOZLOWSKI, T. 1972. Shrinking and swelling of plant tissue. In: Kolowski, T. (ed). Water deficit and planta growth. Orlando. Academic Press. Pp 1-64. (Vol III)
- KOZLOWSKI, T., and PALLARDY, S. 1984. Effects of flooding on Water, carbohydrates and mineral relations. In: KOZLOWSKI, T (ed). Flooding and plant growth. Orlando. Academic Press. FL. Pp 165-193.
- KOZLOWSKI, T. y PALLARDY, S. 1997. Physiology of woody plants. CA 2nd edition San Diego. Academic Press. Pp 58.
- KOZLOWSKI, T., KRAMER, P. y PALLARDY, S. 1991. The physiological ecology of woody polants. Academic Press. San Diego. CA. Pp81.
- KUO, J., 1993. Morphological and anatomical responce to waterlogging and submergence in selected plants. In: Kuo, C. (ed) Adaptation of flood crops to temperature and water stress. Proceedings of an international Symposium. Taipei. AVRDC Publications. Pp. 231-243

- LABNAUSKAS, C., STOZLY, L. and HANDY, M. 1972. Concentration and total amount of nutrients in citrus seedling (*Citrus sinensis*) and in soil as influenced by different by differential oxygen treatment. Proc. Soil Sci. Am 36: 454-457.
- LARSON, K., SCHAFFER, B. and DAVIES. 1989. Flooding leaf gas exchange and growth of mango in containers. J. Am. Soc. Hortic. Sci. 116: 156-160.
- LEWITT, J. 1980. Responses of plants to environmental stress. Academic Press. New York. pp 32.
- LIAO, C. and LIN, C. 1994. Effect of flooding stress on photosynthetic activities of *Momordica charantia*. Plant Physiol. Biochem. 32: 115-123.
- LIAO, C. and LIN, C. 1992. Physiological adaptation to waterlogging. Plant Cell Environment. 15: 321-328.
- LINZ, R. 2004. Flood in agricultural fields in South Florida, (On line). www.miami\_dade.com/retentionstudy/technical.
- McKELVIN, K., HOOK, D., UNGA, L. and McKEE, W. 1995. Growth and nutrient use efficiency of water tupelo seedlings in flooded and well-drained soil. Tree physiol. 15: 753-758.
- McNAMARA, S. and MITCHEL, C. 1989. Differential flood stress resistance of two tomato genotypes. Journal of Agricultural Science. 105: 751-755.
- MENEGUS, F., CATTARUZZA, L., MATTANA, M., BEFAGNA, N. and RAGG, E. 1991. Response to anoxia in rice and wheat seedlings. Changes in pH of intracellular compartments, glucose-6-phosphate level and metabolic rate. Plant Physiology. 95: 760-767.
- MICKELBART, M., and ARPIA, M. 2002. Root influences changes in ion concentrations, growth and photosynthesis of "Hass" avocado trees in response to salinity. Journal of American Society of Horticultural Science. 15:13-22.
- MIERNYK, J., 1990. Glycolysis, the oxidative pentose phosphate pathway and anaerobic respiration. In: Dennis, D. and Tupin, D., (eds.) Plant Physiology, Biochemistry and Molecular biology, CA. New York Press. pp. 77-100.

- MIZUTANI, F., YAMADA, A. SUGIURA, A. and TOMANA, T. 1979. Differential water tolerance among Prunus species and the effect of water logging on the growth of peach scion on various root stocks. *Engeigaku Kenkyu Shuroku* . 9: 28-35.
- NOBLE, C. and ROGERS, M. 1994. Response of temperate forest legumes to waterlogging and salinity *In*: Passarakli, M. (ed) Handbook of plant and crop stress. New York Press. Pp 473-496
- OPARA, L., STUDMAN, C. and BANKS, N. 1997. Fruit skin splitting and cracking. *Hortic. Rev.* 19: 1-217-262.
- OPPENHEIMER, CH. 1978. The avocado and adaptations to the desert, (On line). [www.avocadosource.com/cas\\_yearbook/cas/1978/caspg81-86](http://www.avocadosource.com/cas_yearbook/cas/1978/caspg81-86).
- OPPENHEIMER, CH. 1947. Subtropical fruit tree in Palestine. *Agr. Res. Sta., Revovot, Bul.* 44p.
- OSTER, K., EMBLETON, T., GARBER, M. and GORTON, S. 1985. Composition of avocado tree in relation to chlorosis and tip. *J. Am. Soc. Hortic. Sci.* 48: 59-72.
- OSTER, J. and ARPAIA, M. 1992. Hass Avocado response to salinity as influenced by clonal rootstock. *Avocado Growers assn.. yrbk.* 20: 30-34.
- PEARCE, D., HALL, K. and JACKSON, M. 1992. The effects of oxygen, carbon dioxide and ethylene on ethylene biosynthesis in relation to root extension of rice (*Oriza sativa*) and Barnyard grass (*Echinochloa oryzoides*). *Ann. Bot.* 69: 441-447.
- PEZESHKI, S. and CHAMBERS, J. 1985. Stomatal and photosynthetic response of sweet gum (*Liquidambar styraciflua*) to flooding. *Can. J. For. Res.* 15: 371-375.
- PHANG, H. and KNIPLING, E. 1976. Photosynthetic and transpiration of citrus seedling under flooded conditions. *Hort. Science.* 11: 131-133.
- RANNEY, T. and BIR, R. 1994. Comparative flood tolerance of birch rootstock. *J. Am. Soc. Hortic. Sci.* 119: 43-48.
- REID, D. 1977. Crop response to waterlogging. *Agron. J.* 69: 647-651.
- REGEHR, D., BAZZAZ, F. and BOGGESS, W. 1975. Photosynthesis, transpiration and leaf conductance in *Populus deltoids* in relation to flooding and drought. *Photosynthetica.* 9: 52-61.

- ROSEN, C. and CARLSON, R. 1984. Influence of rootzone oxygen stress on potassium and ammonium absorption by Myrobalan plum rootstock. *Plant Soil*. 80: 345-353.
- ROWE, R. and CATLIN, P. 1971. Differential sensitivity to waterlogging and cyanogenesis by peach, apricot and plum roots. *J. Am. Soc. Hortic. Sci.* 96: 305-308.
- SACHS, C. PRICE, P. and SAKURAI, A. The relative roles of biotic and abiotic factors in seedling demography. *Am. J. Bot.* 79: 395-405.
- SAGLIO, P., RAYMOND, P. and PRADER, A. 1980. Metabolic activity and energy charge of excised maize root tip under anoxia. *Plant Physiology*. 66: 1053-1057.
- SCHAFFER B., and MUÑOZ-CARPENA R. 2004. Flooding in Agricultura. Section 1: Mayor Problems affecting agricultura in: Schaffer, B. and Muñoz-Cabrera (eds) Miami-Dade Agricultural Land Retention Study. RTSO Publication. . pp15.
- SCORA, R. and BERG, B. 1990. The origins and Taxonomy of Avocado (*Persea americana*) Mill. Lauraceae. *Acta Horticulturae* 275, 387-394.
- SCORA, R., WHOLTENHOLME, B. and LAVI, U. 2002. Taxonomy and Botany. In: Whiley, A, Schaffer, B. And Wolstenholme, B. eds. The avocado: Botany, Production and Uses. Wallingford, Cabi Publising. Pp 15-36.
- SENA GOMEZ, A., and KOZLOWSKY, T. 1980. Growth responses and adaptation of *Fraxinas pensylvania* seedlings to flooding. *Plant. Physiol.* 66: 267-271.
- SHANNON, M., GRIEVE, C. and FRANCOIS, L. 1994. Whole plant response to salinity. In: Wilkinson, r. (ed) Plant-Environment Interaction. New York Press. Pp 199-244.
- SHORLTE, M., KOTHEIMER, J. and RICH, A. 1972. Effecto of salt injury on shoot growth of sugar maple, *Acer saccharium*. *Plant Dis. Resp.* 56: 1004-1007.
- SLOWIK, K., LABANAUSKAS, C., STOLZY, L and ZENTMEYER, G. 1979. Influences of rootstock, soil oxygen, and soil moisture on the uptake and translocation in young avocado plants. *J. Am. Soc. Hortic. Sci.* 104: 172-175.

- SNYMAN, A., SNYMAN, C. and KOTZE, J. 1984. Pathogenicity of avocado Root Rot fungi to edranol seedlings and Duke 7 Rooted Cuttings. South African Avocado Grower's Association Yearbook. Vol 7: 80-81.
- STRIEGLER, R., HOWELL, G. and FLORE, J. 1993. Influences of rootstock on the response of Seyval grapevines to flooding stress. Am. J. Enol. Vitic. 44: 313-319.
- SU, P. and LIN, C. 1996. Metabolic responses of luffa roots to long term flooding. Journal of Plant Physiology. 148: 735-740.
- TAIZ, L. and ZEGGERS, E. 1998. Plant physiology. Second edition. Redwood City. The Benjamin/Cummings Publishing Company, Inc.. Pp: 565.
- TANG, Z. and KOLOWSKI, T. 1982. Some physiological and morphological responses of *Quercus macrocarpa* to flooding. Can. J. For. Res. 12: 196-202.
- TAPIA, P. 1993. Aproximación al ciclo fenológico del palto (*Persea Americana* Mill.) cultivar Hass para la zona de Quillota. Taller de Licenciatura. Ing. Agr. Quillota, Universidad Católica de Valparaíso, Facultad de Agronomía. 141p.
- TATTINI, M., GUCCI, R., PNZIO, C. and EVERARD, J. 1995. Growth, gas exchange and ion content in *Olea europea* plants during salinity stress and subsequent relief. Physiol. Plant. 95: 203-210.
- THEODORON, C. 1978. Soil moisture and the mycorrhizal association of *Pinus radiata* D. Don. Soil. Biol. Biochem. 10: 33-37.
- UNGAR, L. 1982. Germination ecology of halophytes. In: Sen, D. Y Rajpurohit, K. (eds) Contribution to the ecology of halophytes.. The Hague. Pp: 143-154.
- UNGAR, L. 1991. Ecophysiology of vascular halophytes. Boca Raton CRC Press.. Fl. Pp 67.
- VANLERBERGHE, C., FREIL, R. y TURPIN, D. 1990. Anaerobic metabolism in the N-limited green alga *Selenasium minutum*. I. Regulation of carbon metabolism and succinate as a fermentation product. Plant. Physiol. 94: 1116-123.
- VARTAPETIAN, B. 1991. Flood sensitive plants under primary and secondary anoxia: ultrastructural and metabolic response. In: Jackson, M., Davies, D. and Lambers, H (eds) Plant life under Oxygen Deprivation, Hague Eds. SPB Academic Publishing. pp. 201-216.

- VU, J. and YELENOSKY, G. 1991. Photosynthetic response of citrus trees to soil flooding. *Physiol. Plant.* 81: 7-14.
- WAINWRIGHT, S. 1980. Plants in relation to salinity. *Adv. Bot. Res.* 8: 221-261.
- WASEL, Y. 1972. *Biology of halophytes.* Academic Press. New York. Pp 189.
- WANG, T., CHENG, S. and TUNG, H. 1967. Dynamics of soil organic acids. *Soil Sci.* 104: 138-144.
- WHILEY, A. SCHAFFER, B. Y and WOSTENHOLME, B. 2002. *The avocado: Botany, Production and Uses.* Wallingford, Cabi Publishing. Pp 24-30.
- WHILEY, A. and SCHAFFER, B. 1994. *Avocado.* In: Schaffer, B. and Anderson P. (eds) *Handbook of environment physiology of fruit crop, Vol. II, subtropical and tropical crops.* , Boca Raton, Florida CRC press, pp. 3-35.
- WOSTENHOLME, B. 2002. Ecology: Climate and edaphic environment. In: *The avocado: Botany, Production and Uses.* eds: Whiley, A. Schaffer, B. y Wostenholme, B. Wallingford, Cabi Publishing. Pp 71-95.
- YAMAMOTO, F. and KOLOWSKI, T. 1987. Effects of flooding, tilting of ítem and ethrel application on growth, ítem anatomy and ethylene production of *Pinus densiflora* seedlings. *J. Exp. Bot.* 38: 293-310.
- ZENTMEYER, G. 1951 *Deseases of the Avocado.* Plant Pathologist, University of California. Riverside. 15: 45-61.
- ZENTMEYER G, SCHIEBERT E and POPENOE W. 1987a Early history of the avocado during the time of the Conquistadores. *South African Avocado Grower's Asociación Yearbook. Proceedings of the first World Avocado Congress.* 10:11-12.
- ZENTMEYER G, and SCHIEBER E. 1987 (b). The search for resistance to *Phytophthora* root rot in Latin America. *South African Avocado Growers' Association Yearbook. Proceedings of Second World Avocado Congress.* 10:109-110.
- ZENTMEYER G, and SCHIEBER E. 1992. *Persea* and *Phytophthora* in Latin America. *Proceedings of Second World Avocado Congress.* Pp 61-66.
- ZENTMEYER G. 1979. Effects of physical factors, host resistance and fungicides on root infection at the soil-root interfase. In: Harley, J. y Russel, R. (eds) *The soil root interfase.* London .Academic Press. 147: 174-181.

- ZENTMEYER, G. 1980. *Phytophthora cinnamomi* and the diseases it causes. Am. Phytopathol. Soc. St. Paul. MN, Monogr. 10p
- ZHANG, Q. and GREENWAY, H. 1994. Anoxia tolerance and anaerobic catabolism of aged beetroot storage tissue. *Journal of Experimental Botany*. 45: 567-575.
- ZHANG, Q. and DAVIES, W. 1987. ABA in roots and leaves of flooded pea plants. *J. Exp. Bot.* 38: 649-659.