

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA**

**“ANTONIO NARRO”**

**DIVISIÓN DE AGRONOMÍA**



**TOLERANCIA DE 25 PORTAINJERTOS PARA CÍTRICOS A LA ASFIXIA  
RADICAL EN VIVERO**

Por:

**IMER MAZA LÓPEZ**

**T E S I S**

**Presentada como Requisito Parcial para  
obtener el Título de:**

**Ingeniero Agrónomo en Producción**

**Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.**

**Febrero , 2004**

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA  
“ANTONIO NARRO”  
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA**

**Tolerancia de 25 portainjertos para cítricos a la asfixia radical en vivero**

***TESIS***

**Presentada por:  
IMER MAZA LÓPEZ**

**Que se somete a consideración del H. Jurado Examinador  
como requisito parcial para obtener el Título de:  
Ingeniero Agrónomo en Producción**

---

**Dr. Reynaldo Alonso Velasco  
Presidente**

---

**M.C. Sergio A. Curti Díaz  
Sinodal**

---

**Ing. Eliseo S. Gonzalez Sandoval  
Sinodal**

---

**Dr. Epigmenio Castillo Gallegos  
Sinodal**

---

**M.C. Arnoldo Oyervides Garcia  
Coordinador de la División de Agronomía**

**Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.  
Febrero , 2004**

## INTRODUCCIÓN

La citricultura tiene gran importancia en México, ya que ocupa una superficie de 517,411 hectáreas, las cuales aportan 6.3 millones de toneladas de fruta anualmente, con un valor de la producción de 5,250.3 millones de pesos (SAGARPA, 2002). Esta actividad es generadora de divisas y de una gran cantidad de empleos durante sus diversos procesos de producción y cosecha.

Uno de los problemas más grandes de este cultivo, no sólo en México sino en todos los países productores, es la enfermedad ocasionada por el virus de la tristeza de los cítricos (VTC). Ésta se presenta en los cítricos cuyo portainjerto es el naranjo Agrio y además, existen el VTC y su vector más eficiente para transmitirlo, el pulgón *Toxoptera citricida*. Cuando la enfermedad es severa, produce el colapso y decaimientos de los árboles cítricos mediante desecación y marchitamiento más o menos repentino de sus hojas y muerte descendente de sus ramas, hasta llegar a la muerte del árbol (Agrios, 2001).

Con el fin de controlar esta enfermedad se está sustituyendo al naranjo Agrio como portainjerto por otros que confieren tolerancia al virus. Sin embargo, el productor se está enfrentando a la incertidumbre sobre que portainjerto utilizar; esto es debido a la poca información que se tiene acerca del comportamiento en rendimiento y calidad de fruta obtenida, de los cultivares

comerciales combinados con los nuevos portainjertos, en las diferentes condiciones edafoclimáticas de México.

El portainjerto puede conferir tolerancia o resistencia al árbol contra los ataques de hongos u otros aspectos que dañarían al árbol de pie franco (Loussert, 1992). La elección correcta de un portainjerto es de suma importancia, ya que incide sobre el buen desarrollo del cultivo, teniendo, además, influencia directa sobre factores como son adaptabilidad al suelo y al clima, vigor, calidad de fruta, y lo más importante, producción (Gardiazabal y Rosenberg, 1991).

En Veracruz existen cuatro factores del suelo o ambiente que son limitantes de la producción de los cítricos y por lo cual debe ponerse especial atención en ellos, al momento de seleccionar el portainjerto a utilizar en una huerta; estos son: alcalinidad, *Phytophthora*, sequía e inundación.

En Veracruz, así como en otros estados del sur del país, la inundación ocurre en las partes bajas de la región productora de cítricos durante el periodo de lluvias abundantes. Cuando los terrenos se mantienen inundados por dos o más semanas los árboles de cítricos pueden mostrar desde un simple decaimiento, hasta la muerte, si la asfixia radical es prolongada.

Esto conlleva a tener pérdidas significativas en la producción, razón por lo que el objetivo del presente estudio fue seleccionar uno o varios portainjertos con mayor tolerancia a inundación que el naranjo Agrio, con la finalidad de tener una alternativa viable para usarse en el tipo de terreno mencionado. La investigación es parte de un proyecto que realiza el INIFAP en Veracruz y Tabasco.

## **Objetivos.**

- Determinar el o los portainjertos que presenten una tolerancia mayor a la asfixia radical que la del naranjo Agrio.
- Caracterizar los síntomas de asfixia radical de 25 portainjertos sometidos a tres niveles de inundación.

## **Hipótesis.**

- Por lo menos dos portainjertos presentan mayor tolerancia a la asfixia radical que el naranjo Agrio.
- Existen diferencias en los síntomas que por asfixia radical, presentan los 25 portainjertos sometidos a diferentes niveles de inundación.

## **REVISIÓN DE LITERATURA**

### **Importancia de los portainjertos**

De los aspectos de mayor importancia para lograr el éxito de una huerta de cítricos, es la correcta elección del portainjerto a utilizar. Wutscher (1979), indica que "...los portainjertos han contribuido quizá más que otro factor, al éxito o fracaso de la industria citrícola en el mundo".

Está plenamente demostrado que en cítricos el portainjerto tiene influencia sobre el cultivar, de tal manera que éste modifica el vigor del árbol, el rendimiento, tamaño y calidad de la fruta, calidad de jugo; modifica también el contenido foliar de nutrimentos y la tolerancia del árbol a las condiciones adversas, entre ellas las plagas y enfermedades (Castle, 1987).

### **Importancia del oxígeno en la raíz**

Las raíces necesitan energía para realizar su función, absorber agua y nutrimentos, y para su propio crecimiento. La única fuente de energía que tienen las raíces, al estar privadas de la luz, son los compuestos formados en las hojas. Para ello, la raíz necesita tomar oxígeno de su entorno y evacuar el dióxido de carbono formado como consecuencia de la respiración. Este

intercambio gaseoso se realiza a través del agua. Las raíces intercambian oxígeno y dióxido de carbono con el agua, y ésta los intercambia con el aire contenido en los poros (Terés, 1999).

La deficiencia del suministro de oxígeno en las raíces provoca la asfixia de la planta. Los daños por asfixia dependen de la duración de la inundación que la provoque y de la resistencia que presente la planta a la misma. La falta de oxígeno en el sistema radical puede provocar, inicialmente, la paralización de la actividad de la raíz y si esta situación se prolonga, se incrementa la susceptibilidad de la planta al ataque de microorganismos (Terés, 1999).

Las condiciones que se dan en el entorno radical de una planta estresada por inundación, son propicias para el ataque de hongos patógenos y/u oportunistas. La situación de estrés por falta de oxígeno limita la funcionalidad del sistema radical, problema que aumenta considerablemente con la incidencia de los ataques de microorganismos (Terés, 1999).

### **Síntomas de asfixia radical**

Como consecuencia de la asfixia radical, se disminuye la absorción de agua y de elementos nutritivos, aumentando la susceptibilidad de la planta al ataque de enfermedades; además, se acentúan los problemas por salinidad y clorosis férrica. Las plantas con asfixia radical presentan clorosis en la nervadura principal y las secundarias de las hojas, marchitez y posteriormente defoliación. Las raíces son superficiales, cortas y gruesas, con pocas raíces fibrosas y poco desarrollo. (Del Valle, 1997).

## **Síntomas y causas de algunas deficiencias nutricionales**

### **Deficiencia de nitrógeno**

En las partes bajas de la región citrícola de Veracruz, es frecuente observar árboles amarillentos, síntomas de deficiencia de nitrógeno, después de un periodo prolongado de inundación. Salazar (2002) indica que esta deficiencia ocurre en árboles de aguacate plantados en suelos con drenaje deficiente o cuando la lluvia es excesiva. La deficiencia de nitrógeno en árboles de cítricos se manifiesta con un amarillamiento uniforme de las hojas maduras; en un principio las hojas jóvenes presenten un color verde claro.

### **Deficiencia de magnesio**

Los árboles de aguacate que se desarrollan en suelos con poca materia orgánica, de textura arenosa y de reacción ácida (pH menor de 4.5), generalmente manifiestan síntomas de deficiencia de magnesio y lo mismo ocurre durante las épocas de lluvias abundantes (Salazar, 2002). En árboles de cítricos, la deficiencia de magnesio se manifiesta en las hojas viejas, principalmente en otoño o invierno. Inicia con pequeñas áreas cloróticas en ambos lados de la nervadura central; las hojas con deficiencia intensa de este elemento, sólo conservan una parte verde en su base formando una “V” invertida (Curti-Díaz *et al.*, 2000).

## **Deficiencia de zinc**

Esta deficiencia se manifiesta principalmente en las hojas nuevas de brotes terminales, las cuales llegan a ser pequeñas, angostas y puntiagudas (Curti-Díaz *et al.*, 2000). Debido a la reducción de movilidad de los compuestos orgánicos de zinc, de los distintos órganos del árbol hacia los sitios de crecimiento y demanda, los brotes terminales y hojas jóvenes son los inicialmente afectados. Los brotes pueden presentar defoliación y muerte regresiva (Salazar 2002).

## **Deficiencia de hierro**

Curti-Díaz *et al.* (2000), mencionan que la carencia de hierro es más común en invierno que en verano; se caracteriza porque las nervaduras de las hojas permanecen verdes, formando una malla, mientras que el resto de las hojas cambia a un verde más claro y en casos severos, se torna a un color marfil. La deficiencia se observa con mayor frecuencia en hojas nuevas las cuales pueden ser de menor tamaño, pero no tanto como ocurre con la deficiencia de zinc. La deficiencia puede ser causada por la falta temporal de oxígeno en la zona de raíces debido a mal drenaje o humedad excesiva (Salazar, 2002).

## **Tolerancia de algunos portainjertos a la asfixia radical**

Una elección correcta del portainjerto a utilizar para las diversas zonas productoras es de gran importancia ya que esto determinara la calidad y

cantidad de fruta a cosechar, para esto se tienen que tener referencias del portainjerto que se pretende utilizar y de las condiciones con las que cuenta el terreno a plantar; así como también, del clima que predomina en la región.

En ensayos realizados con Dragón Volador y Rubidoux se ha encontrado que confieren resistencia a la asfixia radical y buena calidad de la fruta; además de ser tolerantes al virus de la tristeza de los cítricos (Gardiazabal y Rosenberg, 1991).

También con base a la tolerancia a la asfixia radical, Davis y Siura (1999) clasificaron diferentes portainjertos, de los cuales el citrumelo Swingle, naranjo Agrio y Dragón Volador son considerados tolerantes a la asfixia radical; mientras que la mandarina Cleopatra, naranja Dulce y citrange Troyer se consideran sensibles a la misma; cabe indicar que, con excepción del naranjo Agrio, todos son tolerantes a la tristeza de los cítricos.

Minessy *et al.* (1971) mencionan que, en general, las mandarinas y las naranjas son sensibles a la asfixia radical, y que cuando ésta ocurre, se reduce considerablemente el área foliar y el número de brotes, debido probablemente a la disminución en el crecimiento radical, tanto vertical como horizontalmente.

La mandarina Cleopatra es un portainjerto con algunas buenas cualidades como son la tolerancia al frío, *Phytophthora*, tristeza, Exocortis, y Xiloporosis. Es muy resistente a la clorosis férrica y salinidad, pero sensible a los nematodos y a la asfixia radical. Los árboles sobre este portainjerto entran en producción más lentamente, con bajo rendimiento y tamaño pequeño de fruta durante la etapa joven pero, cuando son adultos su rendimiento y calidad de fruta mejoran considerablemente (Castle 1982, Jackson 1991).

Ferner (1979) menciona que la mandarina Cleopatra es sensible a la asfixia radical en las condiciones climáticas de España; además de que es muy variable en su producción.

Del Valle (1997) menciona que los patrones más resistentes a la asfixia radical son el naranjo Trifoliado y el naranjo Agrio; mientras que los más sensibles son el naranjo Dulce, mandarina Cleopatra, citrange Troyer, citrange Carrizo, limón Volkameriana, limón Rugoso y lima Rangpur. Por lo que estos patrones no deben usarse en los suelos donde pueden ocurrir excesos de humedad.

Ferner (1985) menciona que los trifoliados Troyer y Carrizo y las mandarinas Rangpur y Cleopatra presentan sensibilidad a la asfixia radical pero, no así el trifoliado Swingle y *Poncirus trifoliata*, que son muy resistentes a la misma. El mismo autor, indica que los limones Volkameriana, Macrofila y Rugoso tienen muy buena tolerancia a la asfixia radical.

El limón Rugoso, muy utilizado en Sudáfrica y la India, es un portainjerto vigoroso, que induce altos rendimientos en naranja, toronja, limones y mandarinas, aunque con pobre calidad de fruta. Este portainjerto es tolerante a algunas enfermedades como la Tristeza, Exocortis, Xiloporosis y Psorosis; es tolerante a la alcalinidad, sensible a sales y a la asfixia radical, y muestra susceptibilidad al frío (Jackson *et al.* 1991, Morín 1985, Rocha y Padrón 1992).

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

### **Localización geográfica**

El estudio se llevó a cabo durante los meses de febrero, marzo y abril de 2003, en las instalaciones del Campo Experimental Ixtacuaco del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP).

Este campo experimental está ubicado en el kilómetro 4.5 de la carretera federal Martínez de la Torre-Tlapacoyan, en el estado de Veracruz. Sus coordenadas geográficas son: 20° 04" de latitud norte y 97° 03" de longitud oeste y se encuentra a 137 metros sobre el nivel del mar. La precipitación pluvial anual promedio en esta región es de 1250 mm y la temperatura media de 24 °C.

### **Metodología**

El estudio consistió en evaluar la tolerancia que tienen 25 especies de portainjertos para cítricos, a tres niveles de inundación. Dichos niveles fueron periodos de diferente duración en que permanecieron anegadas las plantas, más un cuarto nivel que fue el testigo, el cual consistió en regar normalmente a las plantas (Cuadro 1).

Cuadro 1. Niveles de presión usados para conocer la tolerancia que tienen 25 portainjertos a la asfixia radical.

NIVEL	GRADO DE HUMEDAD
1	Riego normal
2	Inundación por 15 días
3	Inundación por 30 días
4	Inundación por 45 días

### **Diseño experimental.**

Se usó un diseño experimental completamente al azar, con 25 tratamientos (portainjertos) y cuatro niveles de humedad; se tuvieron cuatro repeticiones y se tomó una planta como unidad experimental. El análisis de varianza de los datos registrados se realizó mediante el programa Sistema de Análisis Estadístico (SAS por sus siglas en inglés). La comparación de medias de las variables, en que la interacción entre el nivel de inundación y el portainjerto resultaron significativas al 5% de probabilidad de error, se realizó mediante contrastes ortogonales. Las medias de las variables cuyas interacciones no fueron significativas, no se compararon.

### **Materiales**

#### **Material vegetal**

Se usaron 25 especies diferentes de portainjertos para evaluar su tolerancia a la inundación (Cuadro 2).

Cuadro 2. Relación de especies de portainjertos de las cuales se recibió semilla del National Clonal Germplasm Repository for Citrus and Dates (NCGRCD) del USDA-ARS Riverside, California. Proyecto Sigolfo 00-01-0017-V.

CULTIVAR <sup>z</sup>	ESPECIE <sup>z</sup>	GRUPO <sup>z</sup>
Amblycarpa	Citrus Amblycarpa	Mandarinas
Benecke	Poncirus trifoliata	Trifoliados
Citrange C-35	X Citroncirus sp. (Citrus sinensis x Poncirus trifoliata)	Citranges
Shekwasha	Citrus Depressa	Mandarinas
Dragón volador	Poncirus trifoliata	Trifoliados
Goutoucheng	Citrus aurantium	Naranja agrio
Hiryu	Poncirus trifoliata	Trifoliados
Macrofila	Citrus celebica (Citrus macrophylla)	Híbrido – Papeda
Nansho Daidai	Citrus Taiwanica	Naranja Agrio
Borneo Rangpur	Citrus limonia	Híbrido de mandarina -Rangpur
Schaub	Citrus jambhiri	Limón rugoso
Carrizo	X Citroncirus sp. (Citrus sinensis x Poncirus trifoliata)	Citranges
Cleopatra	Citrus reshni	Mandarinas
Volkameriana	Citrus limonia	Híbrido – Limón
Rubidoux	Poncirus trifoliata	Trifoliados
Sacaton	X Citroncirus sp. (Citrus paradisi x Poncirus trifoliata)	Citrumelos
Sun Chu Sha	Citrus reticulata	Mandarinas
Sunki	Citrus sunki	Mandarinas
Swingle	X Citroncirus sp. (Citrus paradisi x Poncirus trifoliata)	Citrumelos
Troyer	X Citroncirus sp. (Citrus sinensis x Poncirus trifoliata)	Citranges
Citrumelo California	X Citroncirus sp. (Citrus paradisi ? x Poncirus trifoliata)	Citrumelos
X639	X Citroncirus sp. (Citrus reshni x Poncirus trifoliata)	Híbrido trifoliado
Naranja Agrio	Citrus aurantium	Naranja agrio
Naranja Dulce	Citrus sinensis	Naranja Dulce
Yuma	X Citroncirus	Citrumelos

<sup>z</sup> Nomenclatura del NCGRCD, USAD-ARS, con excepción de lo escrito entre paréntesis.

## Procedimiento experimental

### Establecimiento y manejo del experimento.

**Semillero.** Las semillas se obtuvieron del repositorio nacional de germoplasma de California y su siembra se realizó del 5 al 7 de marzo de 2002. Para esto se utilizaron camas de 1.6 metros de ancho por 9 metros de largo y 0.3 metros de altura, hechas con suelo de textura franca arenosa. El suelo

utilizado fue tratado con una libra de Bromuro de metilo por cada tres metros cúbicos de suelo con la finalidad de eliminar los posibles patógenos que pudiera contener el mismo.

Durante la estancia que tuvieron las plantas en la cama de siembra se les proporcionaron los cuidados necesarios para su buen desarrollo como son: fertilización, control de plagas y enfermedades y riego adecuado, entre otros cuidados.

**Transplante.** Cuando la mayoría de los portainjertos alcanzaron una altura aproximada de 20 centímetros en el semillero, se transplantaron a tubos de polietileno calibre 300, con medidas de 20 X 30 cm. Los tubos se llenaron con aproximadamente 4 litros de sustrato, consistente en una mezcla previamente desinfectada con bromuro de metilo, de cascarilla de café, cachaza y arena.

Durante el transplante se clasificaron las plantitas, desechando aquellas albinas o que presentaban malformaciones en el área foliar o en su raíz. Las plantas seleccionadas se transplantaron a raíz desnuda, utilizando 16 de cada una de las 25 diferentes especies de portainjertos, dando un total de 400 plantas para todo el experimento. Las plantas una vez en sus tubos, se colocaron en una galera construida con bambú, que es un material abundante en la región, y cuyo techo se hizo con polietileno para invernadero. La galera sirvió para tener un mejor control de la humedad del suelo de las plantas, ya que de lo contrario el agua de las lluvias hubiera sido una fuente de variación muy importante.

**Diseño y manejo de los bloques en campo.** Se hicieron 16 grupos o bloques de plantas formadas por 25 plantas, una por cada especie. Cada cuatro grupos formó una repetición, incluyendo los niveles 1, 2, 3 y 4. Los portainjertos de cada grupo se ordenaron alfabéticamente y se colocaron encima de bloques para construcción, con la finalidad de evitar alguna contaminación por *Phytophthora* del suelo, el humedecimiento por el agua de escorrentía durante las lluvias o algún otro factor de este que pudiera afectar a los portainjertos del experimento.

Las plantas de los bloques 1, 5, 9 y 13 se regaron normalmente ya que se utilizaron como testigos; las plantas de los bloques 2, 6, 10 y 14 se inundaron por 15 días; los bloques 3, 7, 11 y 15 se mantuvieron inundados por 30 días y por último, los portainjertos correspondientes a los bloques 4, 8, 12 y 16 se inundaron por 45 días.

Una vez finalizado el período de inundación según su nivel, se drenó el agua de las bolsas para poder observar la recuperación de los portainjertos. La recuperación del nivel 2, se midió después de haber estado en asfixia radical durante 15 días; posterior a esto se le dieron 30 días de riegos normales y se realizó la medición de las variables de laboratorio. Para la recuperación del nivel 3, se le dieron solamente 15 días de riegos normales posterior a haber estado en asfixia radical durante 30 días; y por último para el nivel 4 no se pudo observar la recuperación, ya que el experimento estaba programado para realizar una evaluación final destructiva y esta se realizó al término de la asfixia radical de los portainjertos del nivel 4.

La inundación consistió en mantener constantemente el espejo del agua en cada tubo, es decir, el nivel del agua quedó por encima del suelo del tubo.

Para ello, cada tubo se revistió con bolsas de plástico y se colocó con firmeza, cinta canela en la parte baja, media y alta del tubo con el fin de que las bolsas tuvieran mayor fuerza mecánica y no permitieran la salida del agua. Posteriormente se amarraron los grupos de 25 plantas, para mantener la verticalidad de las bolsas una vez inundadas. Cada día se revisó el nivel del agua, agregándose en caso necesario, para mantener las plantas completamente inundadas, de acuerdo a los períodos establecidos.

**Manejo agronómico.** Durante el período que estuvieron los portainjertos en la galera, se les fertilizó con Multicote en dosis de 10 g por planta. Cuando la mayoría de los portainjertos alcanzaron una altura considerable, se podaron a una altura de 70 cm y, a los que no tenían esa altura, como en el caso generalmente de los portainjertos de porte bajo solamente, sólo se despuntaron unos 5 cm.

### **Métodos de evaluación y variables registradas.**

El experimento se llevo a cabo en dos fases: a) Una de campo que consistió en la siembra, germinación y desarrollo de la planta, con una duración de nueve meses, más el experimento propiamente dicho que se realizó en 45 días y b) La fase de laboratorio donde se registraron las variables relativas al peso y volumen de la planta y sus partes, una vez extraída de su bolsa.

### **VARIABLES REGISTRADAS EN CAMPO**

**Deficiencias nutricionales.** Se evaluaron las deficiencias de nitrógeno, magnesio, fierro y zinc, a los 15, 30 y 45 días. La calificación fue visual estimando el porcentaje de la copa que presentaba cada una de las deficiencias de los elementos indicados. Además, se hizo una escala arbitraria para calificar el grado de tolerancia de las especies a la asfixia radical, expresada en función del porcentaje de follaje que manifestaba la deficiencia y principalmente por la apariencia visual de la deficiencia manifestada en campo; esta es la siguiente:

- a) **Tolerante:** Aquellos patrones que no mostraron diferencia estadística en el porcentaje de deficiencia entre las plantas anegadas y las plantas testigo.
- b) **Moderadamente tolerante:** Las especies cuyas plantas anegadas mostraron menos del 10% del follaje con síntoma de la deficiencia y que fueron estadísticamente diferentes a las plantas testigo.
- c) **Moderadamente susceptible:** Las especies cuyas plantas anegadas mostraron entre el 10.1 a 20.0% del follaje con síntoma de la deficiencia y que fueron estadísticamente diferentes a las plantas testigo.
- d) **Susceptible:** Las especies cuyas plantas anegadas mostraron más del 20.0% del follaje con síntoma de la deficiencia y que fueron estadísticamente diferentes a las plantas testigo.

Esta misma escala también se aplicó a las variables siguientes: clorosis de la nervadura central de la hoja y a la pudrición en la raíz principal.

**Total de brotes nuevos.** Se contó el número total de brotes nuevos por portainjerto a los 15, 30 y 45 días de iniciado el experimento.

**Total de brotes.** Se contó el número total de brotes por portainjerto a los 15, 30 y 45 días de inundación.

**Clorosis en la nervadura central.** Dado que los primeros síntomas de esta clorosis, aparecieron hasta los 32 días de iniciado el experimento, la variable sólo se calificó a los 45 días. Para ello, se estimó visualmente el porcentaje de copa con hojas que presentaban la clorosis de la nervadura central.

**Longitud del brote promedio.** Al término del experimento, se midieron tres brotes de tamaño representativo de cada planta y se obtuvo su promedio de longitud.

**Altura de planta.** Esta se realizó en todos los patrones al terminar el experimento, midiendo desde la base del portainjerto hasta el último nudo del brote más grande.

### **VARIABLES REGISTRADAS EN LABORATORIO**

**Peso fresco y seco de copa y raíz.** Con una báscula granataria de 1 gramo de aproximación, se registró el peso fresco y seco de la parte aérea y la raíz de todos los portainjertos, al finalizar el experimento. Para ello se deshojó al portainjerto y se pesaron las hojas y el tallo por separado; el tallo se cortó en su base para separarlo de la raíz. La raíz se pesó, una vez eliminado el suelo que traía adherido, teniendo cuidado de no destruir las raicillas, y de haberla lavado con agua corriente.

De la misma forma se registró el peso seco del tejido, después de mantenerlo en la estufa de secado a 75°C por 72 horas, para alcanzar un peso constante.

**Volumen del portainjerto.** Se registró el volumen de las partes de la planta por separado (hojas, tallo y raíz), usando el método indirecto por desplazamiento de agua. Para ello se utilizaron probetas de un litro de capacidad, a las cuales se les agregaron 600 ml de agua; y, posteriormente se registró el volumen de agua desplazada para cada uno de los tejidos evaluados.

**Área foliar.** Se midieron tres hojas de tamaño representativo y sin daños, de cada una de las plantas y se obtuvo su promedio. Para realizar esto se utilizó un medidor de área foliar portátil de la marca LI-COR modelo LI-3000.

**Área foliar total.** Con el área foliar promedio y el número de hojas de cada uno de los portainjertos se calculó el área total de cada uno de ellos.

**Número de hojas por portainjerto.** Se realizó al final del experimento deshojando cada una de las plantas de los 25 portainjertos estudiados y contando el total de hojas por planta.

**Porcentaje de pudrición en la raíz principal del portainjerto.** Esta variable, al igual que el resto de ellas, se midió en cada una de las plantas del experimento. La calificación se realizó visualmente estimando el porcentaje de pudrición en la raíz principal.

**Anormalidades en la raíz.** Visualmente se calificó el torcimiento y enroscamiento de la raíz, usando la escala siguiente: 1) Raíz normal (sin ningún torcimiento), 2) Raíz torcida, y 3) Raíz enroscada o “cola de cochino”.

**Número de raíces secundarias.** Se contaron las raíces secundarias de cada planta.

## **AGRADECIMIENTOS**

A Dios por haberme dado la vida y la oportunidad de realizar una de mis metas.

A la UAAAN, por haberme dado nuevos conocimientos que me formarán como profesionista y persona.

Al MC. Sergio A. Curti Díaz, por brindarme la oportunidad de realizar este trabajo y porque en gran medida me ha ayudado a obtener conocimientos en el área de agronomía.

Al Dr. Epigmenio Castillo Gallegos, por el enorme apoyo dado en el trabajo estadístico y por todas las atenciones y excelentes observaciones en la interpretación de resultados.

Al Dr. Reynaldo Alonso Velasco, por las atenciones dadas durante mi estancia en la Narro y por ser el presidente del jurado.

Al Ing. Eliseo, por ser parte del jurado examinador y por las facilidades otorgadas para la revisión.

A la MC. R. Xochitl Loredo S., por sus atenciones y apoyo en la revisión de tesis así, como por la facilitación de materiales de laboratorio.

Al T.A. Adán Sánchez González, por su gran ayuda en el trabajo de campo y laboratorio y por su gran amistad.

Al CONACYT, por dar el apoyo económico para la realización de este trabajo.

Al INIFAP, por prestar las instalaciones para la realización de este trabajo.

## **DEDICATORIA**

A mis padres: Delia López Rodríguez.

Pedro Maza García.

Por haberme dado su comprensión y confianza durante toda mi vida sin esperar nada a cambio, y principalmente a mi madre por comprender los errores que he cometido y por ser una fuente que me inspira a superarme cada día más.

A mis abuelos: Darío y Epigmenia.

Por todo el amor que me han tenido siempre.

A mis hermanos: Yesenia Maza López.

Elder Nahim Maza López.

Porque ustedes han sido y serán mi principal fuente de cariño y por todo lo que hemos vivido juntos.

A todos mis primos.

Porque siempre que estoy con ustedes me llenan de alegrías.

A mis tíos: Alfredo, Darío, Mimi, Dimas, Clemente y Sugey.

Porque siempre que los necesito me ayudan y por el gran amor que me tienen; así como por siempre haber cuidado de mí

Para mis mejores amigos y compañeros de generación: N. Jesús V., Carlos D., Alfonso R., Manuel R., Francisco A., Rosario R., Roque A., Yemby , Silvia R., Aquileo M., Antonio M., Orlando F., Mario B., Manuel L.. Gracias a ustedes nunca me he sentido solo y estoy agradecido con la vida por haber tenido la oportunidad de conocerlos y ser su amigo.

A los que me ayudaron en la realización de este trabajo en campo y laboratorio: Carlos H., Guadalupe, A los señores Miguel M. y Andrés, gracias por el apoyo brindado en este trabajo.

## INDICE DE CONTENIDO

	Pág.
Índice de Cuadros.....	vii
Índice de Figuras.....	viii
INTRODUCCION.....	1
Objetivos.....	3
Hipótesis.....	3
REVISION DE LITERATURA.....	4
Importancia de los portainjertos.....	4
Importancia del oxígeno en la raíz.....	4
Síntomas de asfixia radical.....	5
Síntomas y causas de algunas deficiencias nutricionales.....	6
Deficiencia de nitrógeno.....	6
Deficiencia de magnesio.....	6
Deficiencias de zinc.....	7
Deficiencia de hierro.....	7
Tolerancia de algunos portainjertos a la asfixia radical.....	8
MATERIALES Y MÉTODOS.....	10
Localización geográfica.....	10
Metodología.....	10
Diseño experimental.....	11
Material vegetal.....	11
Procedimiento experimental.....	12
Establecimiento y manejo del experimento.....	12
Diseño y manejo de los bloques en campo.....	14

Manejo agronómico.....	15
Métodos de evaluación y variables registradas.....	16
Variables registradas en campo.....	16
Variables registradas en laboratorio.....	18
RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	20
VARIABLES DE CAMPO.....	20
Deficiencia visual de nitrógeno.....	20
Deficiencia visual de magnesio.....	29
Deficiencia visual de hierro.....	36
Deficiencia visual de zinc.....	42
Clorosis en la nervadura central .....	47
VARIABLES DE LABORATORIO.....	49
Número de hojas por portainjerto.....	49
Área foliar total .....	51
Porcentaje de pudrición de raíz principal .....	53
Variables evaluadas que no fueron afectadas por la asfixia radical.....	55
Síntomas de mayor importancia para evaluar el grado de tolerancia de los portainjertos a la inundación.....	55
Clasificación de los portainjertos de acuerdo a su tolerancia a la inundación.....	56
CONCLUSIONES .....	59
LITERATURA CITADA .....	60
APÉNDICE.....	62

## INDICE DE CUADROS

<b>Cuadro No.</b>		<b>Pág.</b>
1	Niveles de presión usados para conocer la tolerancia que tienen 25 portainjertos a la asfixia radical.....	11
2	Relación de especies de portainjertos provenientes del National Clonal Germplasm Repository for Citrus and Dates (NCGRCD) del USDA-ARS Riverside, California. ....	12
3	Contrastes ortogonales para el porcentaje de follaje con deficiencia de nitrógeno manifestada por los portainjertos en cada uno de los niveles de inundación con respecto al testigo....	23
4	Contrastes ortogonales para el área de follaje con deficiencia de nitrógeno de 25 portainjertos inundados por 15 días y a los 15 y 30 días después de haberse drenado el agua, con relación a su testigo.....	26
5	Contrastes ortogonales para el área de follaje con deficiencia de nitrógeno de 25 portainjertos inundados por 30 días y a los 15 días después de haberse drenado el agua, con relación a su testigo.....	28
6	Contrastes ortogonales para el porcentaje de follaje con deficiencia de magnesio manifestada por los portainjertos en cada uno de los niveles de inundación con respecto al testigo....	30
7	Contrastes ortogonales para el área de follaje con deficiencia de magnesio de 25 portainjertos inundados por 15 días y a los 15 y 30 días después de haberse drenado el agua, con relación a su testigo.....	33
8	Contrastes ortogonales para el área de follaje con deficiencia de magnesio de 25 portainjertos inundados por 30 días y a los 15 días después de haberse drenado el agua, con relación a su testigo.....	35
9	Contrastes ortogonales para el porcentaje de follaje con deficiencia de hierro manifestada por los portainjertos en cada uno de los niveles de inundación con respecto al testigo.....	37
10	Contrastes ortogonales para el área de follaje con deficiencia de hierro de 25 portainjertos inundados por 15 días y a los 15 y 30 días después de haberse drenado el agua, con relación a su testigo.....	39

11	Contrastes ortogonales para el área de follaje con deficiencia de fierro de 25 portainjertos inundados por 30 días y a los 15 días después de haberse drenado el agua, con relación a su testigo.	41
12	Contrastes ortogonales para el porcentaje de follaje con deficiencia de zinc manifestada por los portainjertos en cada uno de los niveles de inundación con respecto al testigo.....	43
13	Contrastes ortogonales para el área de follaje con deficiencia de zinc de 25 portainjertos inundados por 15 días y a los 15 y 30 días después de haberse drenado el agua, con relación a su testigo.....	44
14	Contrastes ortogonales para el área de follaje con deficiencia de zinc de 25 portainjertos inundados por 30 días y a los 15 días después de haberse drenado el agua, con relación a su testigo..	46
15	Contrastes ortogonales para el porcentaje de follaje con clorosis de la nervadura central en portainjertos para cítricos sometidos a 45 días de asfixia radical.....	48
16	Contrastes ortogonales para el número de hojas por planta en portainjertos sometidos a 0, 15, 30 y 45 días de inundación.....	50
17	Contrastes ortogonales para el área foliar por planta de portainjertos sometidos a 15, 30 y 45 días de asfixia radical contra el testigo.....	52
18	Contrastes ortogonales para la pudrición de raíz principal por planta de los portainjertos sometidos a 0, 15, 30 y 45 días de asfixia radical contra el testigo.....	54
19	Caracterización de patrones con base a los síntomas presentados a los 45 días de asfixia radical.....	56

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura</b>	<b>Pag.</b>
<b>No.</b>	
1	Porcentaje de follaje con presencia de clorosis en la nervadura central de las hojas en 10 especies de portainjertos, a los 45 días de inundación.....
	48

## INTRODUCCIÓN

La citricultura tiene gran importancia en México, ya que ocupa una superficie de 517,411 hectáreas, las cuales aportan 6.3 millones de toneladas de fruta anualmente, con un valor de la producción de 5,250.3 millones de pesos (SAGARPA, 2002). Esta actividad es generadora de divisas y de una gran cantidad de empleos durante sus diversos procesos de producción y cosecha.

Uno de los problemas más grandes de este cultivo, no sólo en México sino en todos los países productores, es la enfermedad ocasionada por el virus de la tristeza de los cítricos (VTC). Cuando se presenta en los cítricos cuyo portainjerto es el naranjo Agrio y aunado a su vector más eficiente, el pulgón *Toxoptera citricida*, aumenta la probabilidad de que se manifiesten los síntomas severos, los cuales son: colapso y decaimientos de los árboles cítricos mediante desecación y marchitamiento más o menos repentino de sus hojas y muerte descendente de sus ramitas, hasta llegar a la muerte del árbol (Agrios, 2001).

Con el fin de controlar esta enfermedad se está sustituyendo al naranjo Agrio como portainjerto por otros que confieren tolerancia al virus. Sin embargo, el productor se está enfrentando a la incertidumbre de qué portainjerto utilizar; esto es debido a la poca información que se tiene acerca del comportamiento en rendimiento y calidad de fruta obtenida de los cultivares

comerciales combinados con los nuevos portainjertos, en las diferentes condiciones edafoclimáticas de México.

El portainjerto puede conferir tolerancia o resistencia al árbol contra los ataques de hongos u otros aspectos que dañarían al árbol de pie franco (Loussert, 1992). La elección correcta de un portainjerto es de suma importancia, ya que incide sobre el buen desarrollo del cultivo, teniendo, además, influencia directa sobre factores como son adaptabilidad al suelo y al clima, vigor, calidad de fruta, y lo más importante, producción (Gardiazabal y Rosenberg, 1991).

En Veracruz existen cuatro factores del suelo o ambiente que son limitantes de la producción de los cítricos y por lo cual debe ponerse especial atención en ellos, al momento de seleccionar el portainjerto a utilizar en una huerta; estos son: alcalinidad, *Phytophthora*, sequía e inundación.

En Veracruz, así como en otros estados del sur del país, la inundación ocurre en las partes bajas de la región productora de cítricos durante el período de lluvias abundantes. Cuando los terrenos se mantienen inundados por dos o más semanas, los árboles de cítricos pueden mostrar desde un simple decaimiento, hasta la muerte, si la asfixia radical es prolongada.

Esto conlleva a tener pérdidas significativas en la producción, razón por lo que el objetivo del presente estudio fue seleccionar uno o varios portainjertos con mayor tolerancia a inundación que el naranjo Agrio, con la finalidad de tener una alternativa viable para usarse en el tipo de terreno mencionado. La investigación es parte de un proyecto que realiza el INIFAP en Veracruz y Tabasco, el cual es financiado parcialmente por CONACYT – SIGOLFO.

## **Objetivos.**

- Determinar el o los portainjertos que presenten una tolerancia a la asfixia radical mayor que la del naranjo Agrio en vivero.
- Determinar los síntomas en el follaje y raíz, que mejor reflejen el grado de tolerancia de 25 portainjertos de cítricos a la asfixia radical en vivero.

## **Hipótesis.**

- Por lo menos dos portainjertos presentan mayor tolerancia a la asfixia radical que el naranjo Agrio.
- De todos los síntomas que se presenten en el follaje o raíz, al menos dos son los que mejor reflejan el grado de tolerancia que presentan los portainjertos a la asfixia radical.

## **REVISIÓN DE LITERATURA**

### **Importancia de los portainjertos**

De los aspectos de mayor importancia para lograr el éxito de una huerta de cítricos, es la correcta elección del portainjerto a utilizar. Wutscher (1979), indica que "...los portainjertos han contribuido quizá más que otro factor, al éxito o fracaso de la industria citrícola en el mundo".

Está plenamente demostrado que en cítricos el portainjerto tiene influencia sobre el cultivar, de tal manera que éste modifica el vigor del árbol, el rendimiento, tamaño y calidad de la fruta, calidad de jugo; modifica también el contenido foliar de nutrimentos y la tolerancia del árbol a las condiciones adversas, entre ellas las plagas y enfermedades (Castle, 1987).

### **Importancia del oxígeno en la raíz**

Las raíces necesitan energía para realizar su función, absorber agua y nutrimentos, y para su propio crecimiento. La única fuente de energía que tienen las raíces, al estar privadas de la luz, son los compuestos formados en las hojas. Para ello, la raíz necesita tomar oxígeno de su entorno y evacuar el dióxido de carbono formado como consecuencia de la respiración. Este intercambio gaseoso se realiza a través del agua. Las raíces intercambian oxígeno y dióxido de carbono con el agua, y ésta los intercambia con el aire contenido en los poros (Terés, 1999).

La deficiencia del suministro de oxígeno en las raíces provoca la asfixia de la planta. Los daños por asfixia dependen de la duración de la inundación que la provoque y de la resistencia que presente la planta a la misma. La falta de oxígeno en el sistema radical puede provocar, inicialmente, la paralización de la actividad de la raíz y si esta situación se prolonga, se incrementa la susceptibilidad de la planta al ataque de microorganismos (Terés, 1999).

Las condiciones que se dan en el entorno radical de una planta estresada por inundación, son propicias para el ataque de hongos patógenos y oportunistas, debido a que la falta de oxígeno limita la funcionalidad del sistema radical; problema que aumenta considerablemente con la incidencia de los ataques de microorganismos (Terés, 1999).

### **Síntomas de asfixia radical**

Como consecuencia de la asfixia radical, se disminuye la absorción de agua y de elementos nutritivos, aumentando la susceptibilidad de la planta al ataque de enfermedades; además, se acentúan los problemas por salinidad y clorosis férrica. Las plantas con asfixia radical presentan clorosis en la nervadura principal y las secundarias de las hojas, marchitez y posteriormente defoliación. Las raíces son superficiales, cortas y gruesas, con pocas raíces fibrosas y poco desarrollo. (Del Valle, 1997).

### **Síntomas y causas de algunas deficiencias nutricionales**

#### **Deficiencia de nitrógeno**

En las partes bajas de la región citrícola de Veracruz, es frecuente observar árboles amarillentos con síntomas de deficiencia de nitrógeno, después de un período prolongado de inundación. Salazar (2002) indica que esta deficiencia ocurre en árboles de aguacate plantados en suelos con drenaje deficiente o cuando la lluvia es excesiva. La deficiencia de nitrógeno en árboles de cítricos se manifiesta con un amarillamiento uniforme de las hojas maduras; en un principio las hojas jóvenes presentan un color verde claro.

### **Deficiencia de magnesio**

Los árboles de aguacate que se desarrollan en suelos con poca materia orgánica, de textura arenosa y de reacción ácida (pH menor de 4.5), generalmente manifiestan síntomas de deficiencia de magnesio y lo mismo ocurre durante las épocas de lluvias abundantes (Salazar, 2002). En árboles de cítricos, la deficiencia de magnesio se manifiesta en las hojas viejas, principalmente en otoño o invierno. Inicia con pequeñas áreas cloróticas en ambos lados de la nervadura central; las hojas con deficiencia intensa de este elemento, sólo conservan una parte verde en su base formando una "V" invertida (Curti-Díaz *et al.*, 2000).

### **Deficiencia de zinc**

Esta deficiencia se manifiesta principalmente en las hojas nuevas de brotes terminales, las cuales llegan a ser pequeñas, angostas y puntiagudas (Curti-Díaz *et al.*, 2000). Debido a la reducción de movilidad de los compuestos orgánicos de zinc, de los distintos órganos del árbol hacia los sitios de

crecimiento y demanda, los brotes terminales y hojas jóvenes son los inicialmente afectados. Los brotes pueden presentar defoliación y muerte regresiva (Salazar 2002).

### **Deficiencia de hierro**

Curti-Díaz *et al.* (2000), mencionan que la carencia de hierro es más común en invierno que en verano; se caracteriza porque las nervaduras de las hojas permanecen verdes, formando una malla, mientras que el resto de las hojas cambia a un verde más claro y en casos severos, se torna a un color marfil. La deficiencia se observa con mayor frecuencia en hojas nuevas las cuales pueden ser de menor tamaño, pero no tanto como ocurre con la deficiencia de zinc. La deficiencia puede ser causada por la falta temporal de oxígeno en la zona de raíces debido a mal drenaje o humedad excesiva (Salazar, 2002).

### **Tolerancia de algunos portainjertos a la asfixia radical**

Una elección correcta del portainjerto a utilizar en las diversas zonas productoras es de gran importancia, pues de ello dependerá la calidad y cantidad de fruta a cosechar. Para esto, se deben tener referencias del portainjerto que se pretende utilizar, de las condiciones con las que cuenta el terreno a plantar y del clima que predomina en la región.

En ensayos realizados con Dragón Volador y Rubidoux se ha encontrado que confieren resistencia a la asfixia radical y buena calidad de la fruta; además de ser tolerantes al virus de la tristeza de los cítricos (Gardiazabal y Rosenberg, 1991).

También con base a la tolerancia a la asfixia radical, Davis y Siura (1999) clasificaron diferentes portainjertos, de los cuales el citrumelo Swingle, naranjo Agrio y Dragón Volador son considerados tolerantes; mientras que la mandarina Cleopatra, naranja Dulce y citrange Troyer se consideran sensibles a la misma. Cabe indicar que, con excepción del naranjo Agrio, todos estos portainjertos son tolerantes a la tristeza de los cítricos.

Minessy *et al.* (1971) mencionan que, en general, las mandarinas y las naranjas son sensibles a la asfixia radical, y que cuando ésta ocurre, se reduce considerablemente el área foliar y el número de brotes, debido probablemente a la disminución en el crecimiento radical, tanto vertical como horizontalmente.

La mandarina Cleopatra es un portainjerto con algunas buenas cualidades como son la tolerancia al frío, *Phytophthora*, tristeza, Exocortis, y Xiloporosis. Es muy resistente a la clorosis férrica y salinidad, pero sensible a los nematodos y a la asfixia radical. Los árboles sobre este portainjerto entran en producción más lentamente, con bajo rendimiento y tamaño pequeño de fruta durante la etapa joven pero, cuando son adultos su rendimiento y calidad de fruta mejoran considerablemente (Castle 1982, Jackson 1991).

Forner (1979) menciona que la mandarina Cleopatra es sensible a la asfixia radical en las condiciones climáticas de España; además de que es muy variable en su producción.

Del Valle (1997) menciona que los patrones más resistentes a la asfixia radical son el naranjo Trifoliado y el naranjo Agrio; mientras que los más sensibles son el naranjo Dulce, mandarina Cleopatra, citrange Troyer, citrange Carrizo, limón Volkameriana, limón Rugoso y lima Rangpur. Por lo que estos patrones no deben usarse en los suelos donde pueden ocurrir excesos de humedad.

Ferner (1985) menciona que los trifoliados Troyer y Carrizo y las mandarinas Rangpur y Cleopatra presentan sensibilidad a la asfixia radical pero, no así el trifoliado Swingle y *Poncirus trifoliata*, que son muy resistentes a la misma. El mismo autor, indica que los limones Volkameriana, Macrofila y Rugoso tienen muy buena tolerancia a la asfixia radical.

El limón Rugoso, muy utilizado en Sudáfrica y la India, es un portainjerto vigoroso, que induce altos rendimientos en naranja, toronja, limones y mandarinas, aunque con pobre calidad de fruta. Este portainjerto es tolerante a algunas enfermedades como la Tristeza, Exocortis, Xiloporosis y Psorosis; es tolerante a la alcalinidad, sensible a sales y a la asfixia radical, y muestra susceptibilidad al frío (Jackson *et al.* 1991, Morín 1985, Rocha y Padrón 1992).

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

### **Localización geográfica**

El estudio se llevó a cabo durante los meses de febrero, marzo y abril de 2003, en las instalaciones del Campo Experimental Ixtacuaco del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP).

Este campo experimental esta ubicado en el kilómetro 4.5 de la carretera federal Martínez de la Torre-Tlapacoyan, en el estado de Veracruz. Sus coordenadas geográficas son: 20° 04" de latitud norte y 97° 03" de longitud oeste y se encuentra a 137 metros sobre el nivel del mar. La precipitación pluvial anual promedio en esta región es de 1250 mm y la temperatura media de 24 °C.

## **Metodología**

El estudio consistió en evaluar la tolerancia que tienen 25 especies de portainjertos para cítricos, a tres niveles de inundación. Dichos niveles fueron períodos de diferente duración en que permanecieron anegadas las plantas, más un cuarto nivel que fue el testigo, el cual consistió en regar normalmente a las plantas (Cuadro 1).

Cuadro 1. Niveles de presión usados para conocer la tolerancia que tienen 25 portainjertos a la asfixia radical.

NIVEL	GRADO DE HUMEDAD
1	Riego normal
2	Inundación por 15 días
3	Inundación por 30 días
4	Inundación por 45 días

## **Diseño experimental.**

Se usó un diseño experimental completamente al azar, con 25 tratamientos (portainjertos) y cuatro niveles de humedad; se tuvieron cuatro repeticiones y se tomó una planta como unidad experimental. El análisis de varianza de los datos registrados se realizó mediante el programa Sistema de Análisis Estadístico (SAS por sus siglas en inglés). La comparación de medias de las variables, en que la interacción entre el nivel de inundación y el portainjerto resultaron significativas al 5% de probabilidad de error, se realizó mediante contrastes ortogonales. Las medias de las variables cuyas interacciones no fueron significativas, no se compararon, pero se incluyen en el apartado de anexos.

## Materiales

### Material vegetal

Se usaron 25 especies diferentes de portainjertos de cítricos para evaluar su tolerancia a la inundación (Cuadro 2).

Cuadro 2. Relación de especies de portainjertos provenientes del National Clonal Germplasm Repository for Citrus and Dates (NCGRCD) del USDA-ARS Riverside, California.

CULTIVAR <sup>z</sup>	ESPECIE <sup>z</sup>	GRUPO <sup>z</sup>
Amblycarpa	<i>Citrus amblycarpa</i>	Mandarinas
Benecke	<i>Poncirus trifoliata</i>	Trifoliados
Citrange C-35	X Citroncirus sp. ( <i>Citrus sinensis</i> x <i>Poncirus trifoliata</i> )	Citranges
Shekwasha	<i>Citrus depressa</i>	Mandarinas
Dragón volador	<i>Poncirus trifoliata</i>	Trifoliados
Goutoucheng	<i>Citrus aurantium</i>	Naranja agrio
Hiryu	<i>Poncirus trifoliata</i>	Trifoliados
Macrofila	<i>Citrus celebica</i> ( <i>Citrus macrophylla</i> )	Híbrido – Papeda
Nansho Daidai	<i>Citrus Taiwanica</i>	Naranja Agrio
Borneo Rangpur	<i>Citrus limonia</i>	Híbrido de mandarina -Rangpur
Schaub	<i>Citrus jambhiri</i>	Limón rugoso
Carrizo	X Citroncirus sp. ( <i>Citrus sinensis</i> x <i>Poncirus trifoliata</i> )	Citranges
Cleopatra	<i>Citrus reshni</i>	Mandarinas
Volkameriana	<i>Citrus limonia</i>	Híbrido – Limón

Rubidoux	<i>Poncirus trifoliata</i>	Trifoliados
Sacaton	X Citroncirus sp. ( <i>Citrus paradisi</i> x <i>Poncirus trifoliata</i> )	Citrumelos
Sun Chu Sha	<i>Citrus reticulata</i>	Mandarinas
Sunki	<i>Citrus sunki</i>	Mandarinas
Swingle	X Citroncirus sp. ( <i>Citrus paradisi</i> x <i>Poncirus trifoliata</i> )	Citrumelos
Troyer	X Citroncirus sp. ( <i>Citrus sinensis</i> x <i>Poncirus trifoliata</i> )	Citranges
Citrumelo California	X Citroncirus sp. ( <i>Citrus paradisi</i> ? x <i>Poncirus trifoliata</i> )	Citrumelos
X639	X Citroncirus sp. ( <i>Citrus reshni</i> x <i>Poncirus trifoliata</i> )	Híbrido trifoliado
Naranja Agrio	<i>Citrus aurantium</i>	Naranja agrio
Naranja Dulce	<i>Citrus sinensis</i>	Naranja Dulce
Yuma	X Citroncirus sp. ( <i>Citrus paradisi</i> x <i>Poncirus trifoliata</i> )	Citrumelos

<sup>z</sup> Nomenclatura del NCGRCD, USAD-ARS, con excepción de lo escrito entre paréntesis.

## Procedimiento experimental

### Establecimiento y manejo del experimento.

**Semillero.** Las semillas se obtuvieron del repositorio nacional de germoplasma de California y su siembra se realizó del 5 al 7 de marzo de 2002. Para esto se utilizaron camas de 1.6 metros de ancho por 9 metros de largo y 0.3 metros de altura, hechas con suelo de textura franca arenosa. El suelo utilizado fue tratado con una libra de Bromuro de metilo por cada tres metros cúbicos de suelo con la finalidad de eliminar los posibles patógenos que pudiera contener el mismo.

Durante la estancia que tuvieron las plantas en la cama de siembra se les proporcionaron los cuidados necesarios para su buen desarrollo como son: fertilización, control de plagas y enfermedades y riego adecuado.

**Transplante.** Cuando la mayoría de los portainjertos alcanzaron una altura aproximada de 20 centímetros en el semillero, se transplantaron a tubos de polietileno calibre 300, con medidas de 20 X 30 cm. Los tubos se llenaron

con aproximadamente 4 litros de sustrato, consistente en una mezcla previamente desinfectada con bromuro de metilo, de cascarilla de café, cachaza y suelo arenoso, en partes iguales.

Durante el transplante se clasificaron las plantitas, desechando aquellas albinas o que presentaban malformaciones en el área foliar o en su raíz. Las plantas seleccionadas se transplantaron a raíz desnuda, utilizando 16 de cada una de las 25 diferentes especies de portainjertos, dando un total de 400 plantas para todo el experimento. Las plantas una vez en sus tubos, se colocaron en una galera construida con bambú, que es un material abundante en la región, y cuyo techo se hizo con polietileno para invernadero. La galera sirvió para tener un mejor control de la humedad del suelo de las plantas, ya que de lo contrario el agua de las lluvias hubiera sido una fuente de variación muy importante.

**Diseño y manejo de los bloques en campo.** Se hicieron 16 grupos o bloques de plantas formadas por 25 plantas, una por cada especie. Cada cuatro grupos formó una repetición, incluyendo los niveles 1, 2, 3 y 4. Los portainjertos de cada grupo se ordenaron alfabéticamente y se colocaron encima de bloques para construcción, con la finalidad de evitar alguna contaminación por *Phytophthora* del suelo, el humedecimiento por el agua de escorrentía durante las lluvias o algún otro factor de este que pudiera afectar a los portainjertos del experimento.

Las plantas de los bloques 1, 5, 9 y 13 se regaron normalmente, sin inundarlas un solo día (0 DDI); las plantas de los bloques 2, 6, 10 y 14 se inundaron por 15 días (15 DDI); los bloques 3, 7, 11 y 15 se mantuvieron

inundados por 30 días (30 DDI) y por último, los portainjertos correspondientes a los bloques 4, 8, 12 y 16 se inundaron por 45 días (45 DDI).

La inundación consistió en mantener constantemente el espejo del agua en cada tubo, es decir, el nivel del agua quedó por encima del suelo del tubo. Para ello, cada tubo se revistió con bolsas de plástico y se colocó con firmeza, cinta canela en la parte baja, media y alta del tubo con el fin de que las bolsas tuvieran mayor fuerza mecánica y no permitieran la salida del agua. Posteriormente se amarraron los grupos de 25 plantas, para mantener la verticalidad de las bolsas una vez inundadas. Cada día se revisó el nivel del agua, agregándose en caso necesario, para mantener las plantas completamente inundadas, de acuerdo a los períodos establecidos.

*Recuperación de las plantas después de suspendida la inundación.* Colateralmente al experimento principal y después de finalizado cada uno de los períodos o niveles de inundación, se procedió con oportunidad a drenar el agua de las bolsas correspondientes a cada uno de los niveles de inundación, con la finalidad de observar si había una recuperación de las plantas y cómo ocurría ésta en cada una de las especies de los portainjertos evaluadas.

La recuperación de las plantas correspondientes al nivel 2 (15 DDI), se calificó a los 15 y 30 días posteriores al drenado, período en que las plantas se regaron normalmente. La recuperación de las plantas del nivel 3 (30 DDI), consistió únicamente de un período de drenado y riegos normales durante 15 días; mientras que para las plantas del nivel 4 (45 DDI), ya no hubo recuperación alguna, pues a los 45 días de iniciado el estudio, se procedió a registrar las variables de copa y raíz de todas las plantas, las cuales obviamente requirieron de la destrucción de las plantas.

**Manejo agronómico.** Durante el período que estuvieron los portainjertos en la galera, se les fertilizó con Multicote en dosis de 10 g por planta. Cuando la mayoría de los portainjertos alcanzaron un crecimiento considerable, se podaron a 70 cm de altura y aquellos que no alcanzaron esta altura, como ocurrió en los portainjertos de porte bajo, las plantas se despuntaron unos 5 cm, con la finalidad de uniformar el estímulo que recibieron los primeros portainjertos para emitir nuevos brotes.

Una vez iniciado el experimento de inundación, se suspendieron las fertilizaciones a las plantas, con la finalidad de que se manifestaran las posibles deficiencias ocasionadas en las plantas por causa de la inundación de las mismas.

### **Métodos de evaluación y variables registradas.**

El experimento se llevó a cabo en dos fases: a) Una de campo que consistió en la siembra, germinación y desarrollo de la planta, con una duración de nueve meses, más el experimento propiamente dicho que se realizó en 45 días y b) La fase de laboratorio donde se registraron las variables relativas al peso y volumen de la planta y sus partes, una vez extraída de su bolsa.

### **Variables registradas en campo**

**Deficiencias nutricionales.** Se evaluaron las deficiencias de nitrógeno, magnesio, hierro y zinc, a los 15, 30 y 45 días. La calificación fue visual estimando el porcentaje de la copa que presentaba cada una de las

deficiencias de los elementos indicados. Además, se hizo una escala arbitraria para calificar el grado de tolerancia de las especies a la asfixia radical, expresada en función del porcentaje de follaje que manifestaba la deficiencia y principalmente por la apariencia visual de la deficiencia manifestada en campo; esta es la siguiente:

- e) **Tolerante:** Aquellos patrones que no mostraron diferencia estadística en el porcentaje de deficiencia entre las plantas anegadas y las plantas testigo.
- f) **Moderadamente tolerante:** Las especies cuyas plantas anegadas mostraron menos del 10% del follaje con síntomas de la deficiencia y que fueron estadísticamente diferentes a las plantas testigo.
- g) **Moderadamente susceptible:** Las especies cuyas plantas anegadas mostraron entre el 10.1 a 20.0% del follaje con síntomas de la deficiencia y que fueron estadísticamente diferentes a las plantas testigo.
- h) **Susceptible:** Las especies cuyas plantas anegadas mostraron más del 20.0% del follaje con síntomas de la deficiencia y que fueron estadísticamente diferentes a las plantas testigo.

Esta misma escala también se aplicó a la variable clorosis de la nervadura central de la hoja.

**Total de brotes nuevos.** Se contó el número total de brotes nuevos por portainjerto a los 15, 30 y 45 días de iniciado el experimento.

**Total de brotes.** Se contó el número total de brotes por portainjerto a los 15, 30 y 45 días de inundación.

**Clorosis en la nervadura central.** Dado que los primeros síntomas de esta clorosis, aparecieron hasta los 32 días de iniciado el experimento, la variable sólo se calificó a los 45 días. Para ello, se estimó visualmente el porcentaje de copa con hojas que presentaban la clorosis de la nervadura central.

**Longitud del brote promedio.** Al término del experimento, se midieron tres brotes de tamaño representativo de cada planta y se obtuvo su promedio de longitud.

**Altura de planta.** Esta se realizó en todos los patrones al terminar el experimento, midiendo desde la base del portainjerto hasta el último nudo del brote más grande.

### **Variables registradas en laboratorio**

**Peso fresco y seco de raíz.** Con una báscula de precisión electrónica de 1 gramo de aproximación, se registró el peso fresco y seco de la raíz de todos los portainjertos, al finalizar el experimento.

De la misma forma se registró el peso seco del tejido, después de mantenerlo en la estufa de secado a 75°C por 72 horas, con lo cual alcanzó un peso constante.

**Número de hojas por portainjerto.** Se realizó al final del experimento deshojando cada una de las plantas de los 25 portainjertos estudiados y contando el total de hojas por planta.

**Área foliar total de la planta.** Se midieron tres hojas de tamaño representativo y sin daños, de cada una de las plantas y se obtuvo su promedio. Para realizar esto se utilizó un medidor de área foliar portátil de la marca LI-COR modelo Li-3000. Posteriormente se multiplicó el área foliar promedio de la hoja representativa por el número total de hojas de la planta.

Para calificar la tolerancia de los patrones a la inundación con base al porcentaje de reducción de área foliar, se usaron los mismo criterios indicados para calificar las deficiencias nutricionales; aunque en este caso, los valores variaron de manera siguiente: *a) Tolerante* (sin cambio); *b) Moderadamente tolerante*: reducción del área foliar menor del 20%; *c) Moderadamente susceptible*: reducción entre el 20.01 y 40.00 y *d) Susceptible*: reducción del área foliar mayor al 40%.

**Porcentaje de pudrición en la raíz principal del portainjerto.** Esta variable, al igual que el resto de ellas, se midió en cada una de las plantas del experimento. La calificación se realizó visualmente estimando el porcentaje de pudrición en la raíz principal. La tolerancia de los patrones a este factor, se calificó con la misma escala utilizada para el área foliar.

**Anormalidades en la raíz.** Visualmente se calificó el torcimiento y enroscamiento de la raíz, usando la escala siguiente: 1) Raíz normal (sin ningún torcimiento), 2) Raíz torcida, y 3) Raíz enroscada o “cola de cochino”.

**Número de raíces secundarias.** Se contaron las raíces secundarias de cada planta.

## **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

### **VARIABLES DE CAMPO**

**Deficiencias nutricionales.**

Para determinar la sensibilidad de los portainjertos a la inundación en función de la presencia de síntomas por deficiencias nutricionales, se realizaron contrastes ortogonales entre las plantas sometidas a 15, 30 y 45 días de anegamiento y las plantas testigo que correspondieron a los mismos períodos.

Colateralmente se evaluaron las mismas deficiencias en plantas donde se suspendió el anegamiento a los 15 y 30 días, cuando fue posible. Esto se hizo con la finalidad de observar si las plantas se recuperaban de la asfixia radical y, en su caso, en que tiempo lo hacían.

### **Deficiencia visual de nitrógeno.**

De los 25 portainjertos evaluados en los primeros 15 días de inundación, seis mostraron deficiencias de nitrógeno, que fueron significativamente mayores a las manifestadas en las plantas de los mismos portainjertos sin inundar; éstos fueron los siguientes: Amblycarpa, Agrio, Dulce, Rugoso, Taiwanica y Cleopatra (Cuadro 3). Los dos primeros de ellos presentaron mayor porcentaje de la copa con esta deficiencia (19.16 y 17.31%, contra 0 y 0.19% presentados por sus testigos, en el mismo orden). El resto de especies de portainjertos no manifestaron síntomas o éstos no fueron significativos; ello indica una diferencia genética en el gradiente de tolerancia a la asfixia radical, al menos con lo relacionado a esta variable.

A los 30 días de inundación, la deficiencia de nitrógeno también fue significativa en Rangpur, Sunki, Macrofila, Depressa y X-639; mientras que a los 45 días de inundación ocurrió además en Volkameriana, Gou Tou Cheng, Swingle y Sun Chu Sha.

Parecería una incongruencia que Depressa y Yuma hayan presentado una deficiencia mayor a los 30 días de inundación que a los 45. Sin embargo, es conveniente aclarar en primer lugar, que la comparación estadística de cada nivel se hizo con los resultados de diferentes bloques de plantas; es decir, que su comportamiento fue independiente uno del otro. Una segunda explicación es el hecho de que la deficiencia se presentó en brotes jóvenes (30 días), y se observó que conforme fue madurando la hoja, los síntomas fueron disminuyendo. Este cambio ocurrió también con los síntomas de deficiencias de otros nutrimentos como el hierro.

La deficiencia de nitrógeno en las plantas inundadas puede deberse a varias causas (IMC Fertilizer, Inc), entre ellas las siguientes: a) Lixiviación, la cual es común en regiones donde ocurren altas precipitaciones de lluvia o en suelo anegados; en este caso, el nitrógeno en sus formas de nitratos y sulfatos son repelidos por los coloides del suelo, pues ambos tienen cargas negativas. Sin embargo, es necesario aclarar que la lixiviación en su sentido estricto no pudo darse en este estudio, pues las bolsas fueron cerradas y no permitieron la salida del agua, b) Suspensión del proceso de nitrificación. Con este proceso, el cual requiere de la presencia de oxígeno (condición aeróbica) y la actividad de bacterias nitrificadoras, hay formación de nitratos, que es la forma nitrogenada más fácilmente asimilable por la planta. Sin embargo, en condiciones anaeróbicas (inundación) este proceso no ocurre, y c) La desnitrificación, el cual es el proceso inverso al anterior y que usualmente ocurre en condiciones opuestas (anaeróbicas); en éste, los nitratos son reducidos a óxido nitroso (no asimilable por la planta) o nitrógeno elemental, que se pierde en la atmósfera en forma de gas.

**a) Calificación del grado de tolerancia a nitrógeno.** La calificación del grado de tolerancia de los portainjertos a la inundación con base a la manifestación de la deficiencia de nitrógeno se hizo a los 45 DDI. En esta época la deficiencia se había manifestado en más del 20% de la copa de las plantas en los portainjertos siguientes: Agrio, Sunki, Rangpur, Rugoso, Dulce y Amblycarpa. Por lo que, de acuerdo a la escala establecida, se considera que estas especies son susceptibles a la asfixia radical, con base a la manifestación de esta variable; susceptibilidad que posiblemente está asociada a una menor capacidad de la raíz de dichas especies para aprovechar el nitrógeno del suelo en ausencia de oxígeno.

Otra posible causa puede estar relacionada con el follaje abundante que presentan estas especies, que sugiere que la planta tenga una mayor actividad fotosintética y metabólica, con la consecuente degradación de compuestos como la clorofila y un acortamiento del período para manifestar la deficiencia de nitrógeno en las plantas con asfixia radical.

Cuadro 3. Contrastes ortogonales para el porcentaje de follaje con deficiencia de nitrógeno manifestada por los portainjertos en cada uno de los niveles de inundación con respecto al testigo.

Portainjerto	Deficiencia de nitrógeno (%) <sup>Z</sup>					
	A los 15 días		A los 30 días		A los 45 días	
	Testigo	Nivel 2	Testigo	Nivel 3	Testigo	Nivel 4
Amblycarpa	0.00 a <sup>Y</sup>	19.16 b	2.41 a	43.57 b	8.33 a	57.71 b
N. Dulce	0.00 a	1.86 b	0.00 a	14.15 b	1.27 a	29.87 b
Rugoso	0.32 a	8.61 b	0.32 a	14.15 b	0.32 a	29.73 b
Rangpur	0.00 a	0.65 a	0.00 a	11.61 b	0.32 a	26.39 b
Sunki	0.00 a	0.32 a	0.00 a	12.76 b	0.00 a	22.23 b
N. Agrio	0.19 a	17.31 b	3.73 a	24.27 b	7.31 a	21.75 b
Volkameriana	0.00 a	0.00 a	0.00 a	0.32 a	0.00 a	17.31 b
Macrofila	0.00 a	0.32 a	1.27 a	15.42 b	2.57 a	14.69 b
Taiwanica	0.00 a	5.48 b	0.00 a	30.97 b	0.00 a	10.20 b

Gou Tou Cheng	0.00 a	0.32 a	0.32 a	2.59 a	0.32 a	10.04 b
Swingle	0.00 a	0.32 a	0.32 a	1.87 a	0.32 a	8.61 b
Cleopatra	0.00 a	3.81 b	0.00 a	7.66 b	0.00 a	8.50 b
Sun Chu Sha	0.00 a	0.00 a	0.00 a	1.87 a	0.00 a	6.49 b
Depressa	0.00 a	0.65 a	1.27 a	11.1 b	0.32 a	5.48 a
California	0.00 a	0.00 a	0.32 a	1.87 a	1.27 a	4.65 a
Yuma	0.00 a	0.00 a	0.32 a	0.32 a	0.32 a	4.65 a
X-639	0.00 a	0.00 a	0.00 a	7.66 b	0.32 a	1.86 a
Sacaton	0.00 a	1.27 a				
C-35	0.00 a	0.65 a	0.32 a	0.65 a	0.65 a	1.27 a
Carrizo	0.00 a	0.32 a				
Troyer	0.00 a	0.00 a	0.32 a	0.00 a	0.00 a	0.32 a
Benecke	0.00 a					
Dragón V.	0.00 a					
Hiryu	0.00 a					
Rubidoux	0.00 a					
Error estándar	0.283		0.161		0.437	

<sup>z</sup> Comparaciones individuales del testigo (0 DDI) con nivel 2 (15 DDI), nivel 3 (30 DDI) y nivel 4 (45 DDI).

<sup>y</sup> Letras diferentes dentro de filas y para cada período de comparación (15, 30 y 45 días), indica diferencia significativa del patrón inundado con su testigo correspondiente.

Las especies moderadamente susceptibles fueron: Volkameriana, Macrofila, Taiwanica y Gou Tou Cheng; mientras que las moderadamente tolerantes fueron: Swingle, Cleopatra y Sun Chu Sha. El resto de las especies no mostraron diferencias para esta variable, por lo que se les consideró tolerantes según la escala establecida.

La deficiencia de nitrógeno parece ser una excelente variable para valorar los efectos de la asfixia radical en portainjertos de cítricos que se desarrollan en vivero, pues se manifiesta muy rápidamente en las hojas. Y, también está bien definido que la recuperación del follaje, una vez suspendido el anegamiento, ocurre después de los primeros 15 días de irrigación normal.

**b) Recuperación de las plantas drenadas a los 15 días con relación a la deficiencia de nitrógeno.** Después de haber sometido los portainjertos a la asfixia radical durante 15 días, el agua fue drenada y la planta irrigada cada

vez que el suelo lo requería, hasta el final del experimento. A los 15 y 30 días posteriores de haber drenado el agua, se calificaron las deficiencias y clorosis de la nervadura central de las hojas, para conocer que especies de portainjertos se recuperaban y en cuales el daño por la asfixia radical era irreversible.

De las seis especies de portainjertos que mostraron una mayor deficiencia de nitrógeno que su testigo, cuando se mantuvieron inundadas por 15 días, sólo Naranja Dulce corrigió dicha deficiencia 15 días después de haberse drenado el agua de las bolsas (Cuadro 4). En cambio, en Cleopatra, Taiwanica, Rugoso, Agrio y Amblycarpa la deficiencia se mantuvo igual o aumentó en ese mismo período y sólo se observó su recuperación hasta que pasaron 30 días de haberse suspendido la inundación (Cuadro 4). Es decir, que hasta entonces, la deficiencia de nitrógeno de las plantas que fueron inundadas, disminuyó y fue estadísticamente igual a la deficiencia de las plantas testigo.

El hecho de que la recuperación de la planta haya ocurrido hasta un mes después de haberse suspendido la asfixia radical, indica que la asimilación del nitrógeno por la planta no ocurre inmediatamente, sino que se requiere de algún tiempo para que la raíz recupere su capacidad de adsorción o para que se reanude el proceso de nitrificación, o bien, para que ocurran ambas cosas.

Cabe mencionar que la inundación durante 15 días y su posterior suspensión, fueron condiciones que estimularon a la mayoría de los portainjertos para producir brotes vegetativos, entre la tercera y cuarta semana posteriores a la suspensión de la inundación. Y si bien, las hojas maduras que manifestaban deficiencia de este elemento, mostraron cierto reverdecimiento,



Troyer	0.00 a	0.00 a	0.32 a	0.00 a	0.00 a	0.32 a
Benecke	0.00 a					
Dragón V.	0.00 a					
Hiryu	0.00 a					
Rubidoux	0.00 a					
PROMEDIOS	0.020	2.378	0.437	3.344	0.946	1.267
Error estándar	0.283		0.053		0.051	

<sup>Z</sup> Comparaciones individuales del testigo (0 días de inundación) con el Nivel 2 a los 15 días de inundación y a los 15 y 30 días después del drenado.

<sup>Y</sup> Días de inundación

<sup>X</sup> Días después del drenado

<sup>W</sup> Letras diferentes dentro de filas y para cada período de comparación, indica diferencia significativa del patrón inundado con su testigo correspondiente.

**c) Recuperación de las plantas drenadas a los 30 días con relación a la deficiencia de nitrógeno.** De los 11 portainjertos que presentaban daño significativo por deficiencia de nitrógeno, a los 30 DDI, sólo X-639, tuvo una recuperación significativa, a los 15 días posteriores de suspendida la asfixia radical. En Amblycarpa y Agrio hay, inclusive, una tendencia a aumentar el porcentaje de daño. Estos resultados son acordes al comportamiento de la planta ya mostrada en el Cuadro 6, pues si después de 15 DDI no hay recuperación de la planta, en los 15 días posteriores, con mayor razón no la habrá, cuando la planta se somete a una asfixia radical de 30 días.

Cuadro 5. Contrastes ortogonales para el área de follaje con deficiencia de nitrógeno de 25 portainjertos inundados por 30 días y a los 15 días después de haberse drenado el agua, con relación a su testigo.

Portainjerto	Deficiencia de nitrógeno (%) <sup>z</sup>			
	A los 30 días		A los 45 días	
	N1 Testigo	N3 30 DDI <sup>y</sup>	N1 Testigo	N3 15 DDD <sup>x</sup>
Amblycarpa	2.41 a <sup>w</sup>	43.57 b	8.33 a	48.04 b
N. Agrio	3.73 a	24.27 b	7.31 a	29.87 b
Taiwanica	0.00 a	30.97 b	0.00 a	25.58 b
Macrofila	1.27 a	15.42 b	2.57 a	12.25 b
N. Dulce	0.00 a	14.15 b	1.27 a	10.01 b
Rangpur	0.00 a	11.61 b	0.32 a	7.47 b
Rugoso	0.32 a	14.15 b	0.32 a	6.26 b
Depressa	1.27 a	11.1 b	0.32 a	5.71 b
Cleopatra	0.00 a	7.66 b	0.00 a	5.28 b
Sunki	0.00 a	12.76 b	0.00 a	3.81 b
X-639	0.00 a	7.66 b	0.32 a	3.81 a
Gou Tou Cheng	0.32 a	2.59 a	0.32 a	2.57 a
Sun Chu Sha	0.00 a	1.87 a	0.00 a	1.86 a
Swingle	0.32 a	1.87 a	0.32 a	1.27 a
Volkameriana	0.00 a	0.32 a	0.00 a	0.65 a
C-35	0.32 a	0.65 a	0.65 a	0.65 a
Carrizo	0.00 a	0.00 a	0.00 a	0.32 a
California	0.32 a	1.87 a	1.27 a	0.32 a
Yuma	0.32 a	0.32 a	0.32 a	0.32 a
Sacaton	0.00 a	0.00 a	0.00 a	0.00 a
Troyer	0.32 a	0.00 a	0.00 a	0.00 a
Benecke	0.00 a	0.00 a	0.00 a	0.00 a
Dragón V.	0.00 a	0.00 a	0.00 a	0.00 a
Hiryu	0.00 a	0.00 a	0.00 a	0.00 a
Rubidoux	0.00 a	0.00 a	0.00 a	0.00 a
PROMEDIOS	0.437	8.112	0.095	6.640
Error estándar	0.161		0.064	

<sup>z</sup> Comparaciones individuales del testigo (0 días de inundación) con el Nivel 3 a los 30 días de inundación y a los 15 días después del drenado.

<sup>y</sup> Días de inundación

<sup>x</sup> Días después del drenado

<sup>w</sup> Letras diferentes dentro de filas y para cada período de comparación, indica diferencia significativa del patrón inundado con su testigo correspondiente.

### **Deficiencia visual de magnesio.**

Los portainjertos no manifestaron deficiencia de magnesio que fuera significativa a los 15 días de inundación (nivel 2); pero si a los 30 días, en que la deficiencia en Benecke, Sun Chu Sha, Cleopatra, Rubidoux, Gou Tou Cheng y Rangpur fue mayor en las plantas inundadas que en las plantas testigo (Cuadro 6). A los 45 días de inundación Swingle también presentó diferencia estadística con su planta testigo.

A diferencia de la deficiencia de nitrógeno, la de magnesio se manifestó en porcentajes elevados del follaje desde los 15 días de inundación en varios portainjertos, tanto inundados como testigos, inclusive en porcentajes mayores al 20% como ocurrió en Swingle y Macrofila. Al respecto, cabe hacer los tres comentarios siguientes:

1) Para poder explicar este comportamiento, se analizó el suelo al finalizar el estudio, pensando que el contenido de este elemento era bajo. Sin embargo, éste resultó ser alto, lo que hace suponer que hubo algún factor que impidiera su asimilación por la planta. Al respecto, IMC (s/f), indica que una relación de Calcio / Magnesio mayor de 10, puede dificultar el aprovechamiento del Mg por la planta, situación que ocurrió en este estudio, pues la relación fue de 15.7 (1,696 ppm Ca: 108 ppm de Mg).

2) A pesar de lo anterior, fueron evidentes las diferencias en el comportamiento de las distintas especies con respecto a esta variable, presentando un gradiente de variación desde casi 33% hasta 0% en los primeros 15 días del estudio.

Cuadro 6. Contrastes ortogonales para el porcentaje de follaje con deficiencia de magnesio manifestada por los portainjertos en cada uno de los niveles de inundación con respecto al testigo.

Portainjerto	Deficiencia de magnesio (%) <sup>Z</sup>					
	A los 15 días		A los 30 días		A los 45 días	
	Testigo	Nivel 2	Testigo	Nivel 3	Testigo	Nivel 4
Benecke	18.47 a <sup>Y</sup>	22.40 a	16.82 a	42.04 b	13.02 a	48.87 b
Sun Chu Sha	16.07 a	23.45 a	12.42 a	52.45 b	10.01 a	36.81 b
Macrofila	21.96 a	32.56 a	13.43 a	23.60 a	21.14 a	27.67 a
X-639	11.84 a	9.49 a	11.84 a	13.26 a	14.87 a	21.35 a
Cleopatra	19.05 a	21.10 a	24.24 a	48.76 b	19.07 a	19.90 a
Swingle	23.02 a	17.39 a	19.99 a	17.31 a	5.71 a	18.79 b
Amblycarpa	6.10 a	9.71 a	7.31 a	11.92 a	5.82 a	16.07 a
California	5.50 a	2.42 a	6.86 a	8.33 a	8.61 a	13.53 a
N. Agrio	6.82 a	12.08 a	6.65 a	10.87 a	8.33 a	13.53 a
Rubidoux	2.04 a	3.61 a	0.99 a	7.61 b	5.50 a	12.94 a
Carrizo	9.15 a	5.65 a	9.26 a	10.71 a	9.26 a	12.42 a
Gou Tou Cheng	7.91 a	8.61 a	7.31 a	19.14 b	7.31 a	12.25 a
Troyer	12.16 a	9.71 a	14.05 a	14.87 a	14.05 a	11.19 a
Volkameriana	6.01 a	7.31 a	10.62 a	3.20 a	10.40 a	10.59 a
Rugoso	3.63 a	5.14 a	4.46 a	7.31 a	2.83 a	8.61 a
Rangpur	0.65 a	0.32 a	0.32 a	5.65 b	0.32 a	7.47 b
C-35	6.86 a	7.31 a	8.13 a	8.61 a	8.61 a	5.48 a
Yuma	1.53 a	0.50 a	1.27 a	0.32 a	3.69 a	4.65 a
Depressa	1.82 a	3.69 a	4.46 a	2.57 a	2.83 a	3.46 a
Sunki	4.46 a	4.44 a	2.83 a	5.48 a	2.83 a	2.94 a
N. Dulce	6.22 a	5.11 a	7.31 a	5.48 a	5.48 a	1.86 a
Hiryu	0.00 a	0.32 a	0.00 a	0.32 a	0.32 a	0.32 a
Taiwanica	0.84 a	0.32 a	2.18 a	0.32 a	1.27 a	0.32 a
Dragón V.	0.00 a	0.00 a	0.32 a	0.32 a	0.32 a	0.00 a
Sacaton	0.00 a	0.00 a	0.00 a	0.00 a	0.00 a	0.00 a
Error estándar	0.274		0.365		0.423	

<sup>Z</sup> Comparaciones individuales del testigo (0 DDI) con nivel 2 (15 DDI), nivel 3 (30 DDI) y nivel 4 (45 DDI)

<sup>Y</sup> Letras diferentes dentro de filas y para cada período de comparación (15, 30 y 45 días), indica diferencia significativa del patrón inundado con su testigo correspondiente.

Esto sugiere, que independientemente de que las plantas estén o no inundadas, existe una gran diversidad genética que se manifiesta en la diferente capacidad de las especies para asimilar el magnesio del suelo o bien, diversidad genética que sugiere que existen portainjertos con diferentes requerimientos de este nutrimento; o que ocurren ambas situaciones.

También, existe una tendencia marcada que indica que los trifoliados de poco vigor y pocas hojas (Sacaton, Dragón Volador, Hiryu y Yuma, con excepción de Benecke), son los menos afectados por la deficiencia del magnesio.

3) El hecho de que algunos portainjertos presentaron un porcentaje de daño mayor a los 30 días que a los 45, se debió a que las hojas de la parte baja de la copa (más viejas) que mostraron dicha deficiencia a los 30 días, se desprendieron antes de realizar la evaluación a los 45 días. Es decir, que en esta última evaluación sólo se calificó la parte media y alta de la copa, donde generalmente el follaje es más nuevo y, por lo tanto, la deficiencia de magnesio se manifiesta con menor importancia. Para evitar este sesgo, se sugiere que en investigaciones futuras la calificación de esta variable, se haga en función del número de hojas que presenten la deficiencia, contadas en su oportunidad, antes de su desprendimiento, con relación al número total de hojas de la copa.

Con los resultados de este estudio, es difícil calificar la utilidad que tiene esta variable para valorar los efectos que la inundación tiene en los portainjertos desarrollados en vivero. Esto se indica, dado que las condiciones de fertilidad del suelo utilizado (aparentemente una alta relación Ca:Mg), parece que no fueron las ideales para ello, ya que la deficiencia de magnesio se manifestó tanto en las plantas anegadas como en las plantas testigo.

**a) Calificación del grado de tolerancia a magnesio.** Con base a la escala de calificación aplicada a los 45 DDI, se consideran como susceptibles a la asfixia radical, en función de la manifestación de la deficiencia de magnesio, a los portainjertos siguientes: Benecke y Sun Chu Sha. En cambio, Swingle se

clasificó como moderadamente susceptible y Rangpur como moderadamente tolerante; el resto de los patrones, donde no hubo diferencia estadística entre las plantas anegadas y su testigo, se consideran tolerantes.

**b) Recuperación de las plantas drenadas a los 15 días con relación a la deficiencia de magnesio.** A los 15 días de haberse suspendido la inundación, la deficiencia de magnesio aumenta en Sun Chu Sha y Gou Tou Cheng; en el resto de ellos, no existe diferencia con relación al porcentaje de deficiencia mostrado por las plantas testigo. (Cuadro 7). En algunos portainjertos como Troyer, Volkameriana, Rugosos y Depressa existe una tendencia a presentar mayor daño en las plantas testigo, que en las que estuvieron inundadas por 15 días; esto probablemente a la caída de hojas dañadas en las plantas inundadas, como ya se mencionó anteriormente.

Cuadro 7. Contrastes ortogonales para el área de follaje con deficiencia de magnesio de 25 portainjertos inundados por 15 días y a los 15 y 30 días después de haberse drenado el agua, con relación a su testigo.

Portainjerto	Deficiencia de magnesio (%) <sup>z</sup>						
	A los 15 días		A los 30 días		A los 45 días		
	N1 Testigo	N2 15 DDI <sup>y</sup>	N1 Testigo	N2 15 DDD <sup>x</sup>	N1 Testigo	N2 30 DDD	
Macrofila	21.96 a <sup>w</sup>	32.56 a	13.43 a	27.42 a	21.14 a	22.53 a	
Benecke	18.47 a	22.40 a	16.82 a	24.92 a	13.02 a	20.81 a	
Sun Chu Sha	16.07 a	23.45 a	12.42 a	35.21 b	10.01 a	20.47 a	
Gou Tou Cheng	7.91 a	8.61 a	7.31 a	10.71 b	7.31 a	20.47 a	

Cleopatra	19.05	a	21.10	a	24.24	a	34.63	a	19.07	a	19.79	a
Swingle	23.02	a	17.39	a	19.99	a	18.67	a	5.71	a	17.50	b
C-35	6.86	a	7.31	a	8.13	a	13.87	a	8.61	a	13.87	a
X-639	11.84	a	9.49	a	11.84	a	13.70	a	14.87	a	9.71	a
Troyer	12.16	a	9.71	a	14.05	a	9.26	a	14.05	a	9.26	a
Amblycarpa	6.10	a	9.71	a	7.31	a	9.71	a	5.82	a	8.61	a
Volkameriana	6.01	a	7.31	a	10.62	a	8.33	a	10.40	a	8.33	a
N. Agrio	6.82	a	12.08	a	6.65	a	14.87	a	8.33	a	7.60	a
Carrizo	9.15	a	5.65	a	9.26	a	7.31	a	9.26	a	7.31	a
N. Dulce	6.22	a	5.11	a	7.31	a	7.05	a	5.48	a	7.05	a
California	5.50	a	2.42	a	6.86	a	3.69	a	8.61	a	6.10	a
Depressa	1.82	a	3.69	a	4.46	a	1.86	a	2.83	a	4.65	a
Rugoso	3.63	a	5.14	a	4.46	a	5.14	a	2.83	a	4.13	a
Sunki	4.46	a	4.44	a	2.83	a	1.86	a	2.83	a	2.83	a
Rubidoux	2.04	a	3.61	a	0.99	a	2.03	a	5.50	a	2.41	a
Rangpur	0.65	a	0.32	a	0.32	a	1.27	a	0.32	a	1.86	a
Yuma	1.53	a	0.50	a	1.27	a	1.27	a	3.69	a	1.27	a
Hiryu	0.00	a	0.32	a	0.00	a	0.00	a	0.32	a	0.00	a
Taiwanica	0.84	a	0.32	a	2.18	a	0.00	a	1.27	a	0.00	a
Dragón V.	0.00	a	0.00	a	0.32	a	0.00	a	0.32	a	0.00	a
Sacaton	0.00	a										
PROMEDIO	7.68		8.50		7.72		10.11		7.26		8.66	
Error estándar	0.274				0.365				0.064			

<sup>Z</sup> Comparaciones individuales del testigo (0 días de inundación) con el Nivel 2 a los 15 días de inundación y a los 15 y 30 días después del drenado.

<sup>Y</sup> Días de inundación

<sup>X</sup> Días después del drenado

<sup>W</sup> Letras diferentes dentro de filas y para cada período de comparación, indica diferencia significativa del patrón inundado con su testigo correspondiente.

A los 30 días de suspendida la asfixia radical, el único portainjerto que presentó diferencia con su testigo fue Swingle, situación que no había sucedido antes. Sin embargo, ésta no fue debida a un aumento del daño en las plantas que fueron anegadas, sino por una disminución del porcentaje de daño en las plantas testigo. En este caso particular, fue muy notoria una mayor abscisión de hojas con deficiencia de magnesio en las plantas testigo, en las cuales por alguna razón desconocida, el daño tendió a ser mayor que en las plantas anegadas (Cuadro 7).

Puede decirse que las hojas deficientes de magnesio difícilmente se recuperan; por lo contrario, son hojas que tienen mucha probabilidad de desprenderse de la planta, ya que generalmente se trata de las hojas más viejas.

**c) Recuperación de las plantas drenadas a los 30 días con relación a la deficiencia de magnesio.** De los seis portainjertos que mostraron daños significativos por deficiencia de magnesio, después de mantenerse el suelo inundado por 30 días, sólo Rubidoux y Rangpur mostraron alguna recuperación a los 15 días después de haberse suspendido esta condición de estrés para la planta (Cuadro 8).

Sun Chu Sha, aun cuando disminuye su deficiencia en un 21%, no difiere estadísticamente con su testigo. Nuevamente hay que indicar que más que una recuperación de la planta, lo que ocurrió fue un desprendimiento de las hojas deficientes de este nutrimento.

Cuadro 8. Contrastes ortogonales para el área de follaje con deficiencia de magnesio de 25 portainjertos inundados por 30 días y a los 15 días después de haberse drenado el agua, con relación a su testigo.

Portainjerto	Deficiencia de magnesio (%) <sup>Z</sup>			
	A los 30 días		A los 45 días	
	N1 Testigo	N3 30 DDI <sup>Y</sup>	N1 Testigo	N3 15 DDD <sup>X</sup>
Cleopatra	24.24 a <sup>W</sup>	48.76 b	19.07 a	51.58 b
Benecke	16.82 a	42.04 b	13.02 a	39.27 b
Sun Chu Sha	12.42 a	52.45 b	10.01 a	31.29 b
Macrofila	13.43 a	23.60 a	21.14 a	23.60 a
X-639	11.84 a	13.26 a	14.87 a	17.56 a
Swingle	19.99 a	17.31 a	5.71 a	17.31 a
Gou Tou Cheng	7.31 a	19.14 b	7.31 a	15.95 a
Amblycarpa	7.31 a	11.92 a	5.82 a	11.92 a
N. Agrio	6.65 a	10.87 a	8.33 a	10.87 a
Rubidoux	0.99 a	7.61 b	5.50 a	10.08 a
Carrizo	9.26 a	10.71 a	9.26 a	10.71 a
California	6.86 a	8.33 a	8.61 a	9.26 a

Troyer	14.05 a	14.87 a	14.05 a	8.50 a
Volkameriana	10.62 a	3.20 a	10.40 a	7.47 a
C-35	8.13 a	8.61 a	8.61 a	7.31 a
Rugoso	4.46 a	7.31 a	2.83 a	7.31 a
N. Dulce	7.31 a	5.48 a	5.48 a	5.48 a
Rangpur	0.32 a	5.65 b	0.32 a	1.86 a
Sunki	2.83 a	5.48 a	2.83 a	1.27 a
Depressa	4.46 a	2.57 a	2.83 a	0.65 a
Hiryu	0.00 a	0.32 a	0.32 a	0.32 a
Taiwanica	2.18 a	0.32 a	1.27 a	0.32 a
Dragón V.	0.32 a	0.32 a	0.32 a	0.32 a
Yuma	1.27 a	0.32 a	3.69 a	0.32 a
Sacaton	0.00 a	0.00 a	0.00 a	0.00 a
PROMEDIOS	7.723	12.818	7.264	11.621
Error estándar		0.365		0.069

<sup>Z</sup> Comparaciones individuales del testigo (0 días de inundación) con el Nivel 3 a los 30 días de inundación y a los 15 días después del drenado.

<sup>Y</sup> Días de inundación

<sup>X</sup> Días después del drenado

<sup>W</sup> Letras diferentes dentro de filas y para cada período de comparación, indica diferencia significativa del patrón inundado con su testigo correspondiente.

## Deficiencia visual de hierro

Los portainjertos que manifestaron diferencia estadística por deficiencia de hierro debida a la inundación durante 15 días fueron: Amblycarpa, Depressa y naranjo Agrio (Cuadro 9). Taiwanica, aunque presenta un porcentaje de 9.32, que es alto, no fue diferente estadísticamente con su testigo.

A los 30 días de inundación, los portainjertos que presentaron mayor síntomas de deficiencia de este nutrimento fueron: Amblycarpa, Taiwanica, N. Agrio y Depressa; y, aunque C-35, Gou Tou Cheng y X-639 presentaron porcentajes de deficiencia bajos, también fueron diferentes estadísticamente a sus testigos.

**a) Calificación del grado de tolerancia a hierro.** La comparación de las plantas inundadas durante 45 días con las plantas testigo indica que



Error estándar	0.530	0.279	0.338
----------------	-------	-------	-------

<sup>Z</sup> Comparaciones individuales del testigo (0 días de inundación) con el nivel 2 (15 días de inundación), nivel 3 (30 días de inundación) y nivel 4 (45 días de inundación)

<sup>Y</sup> Letras diferentes dentro de filas y para cada período de comparación (15, 30 y 45 días), indica diferencia significativa del patrón inundado con su testigo correspondiente.

El naranjo Agrio, el cual tenía un porcentaje de deficiencia de 20.11% a los 30 días, presentó sólo un 8.86% de follaje afectado a los 45 días; y lo mismo ocurrió con C-35, Gou Tou Cheng y X-639. Las causas que explican este cambio son: 1) Que se trata de comparaciones de bloques de plantas diferentes para cada nivel, y 2) Que la deficiencia se presentó cuando los brotes eran tiernos, pero conforme la hoja fue madurando, la deficiencia fue disminuyendo.

***b) Recuperación de las plantas drenadas a los 15 días con relación a la deficiencia de hierro.*** Amblycarpa y el naranjo Agrio, que mostraban daño por deficiencia de hierro a los 15 días de inundación, no presentaron recuperación alguna durante los 15 días posteriores a la suspensión de la asfixia radical (Cuadro 10); pero si la hubo a los 30 días.

Es muy notorio que la deficiencia de este elemento es mínima, al menos durante los períodos de inundación a los que fueron sometidas las plantas. Por lo que no parece ser una variable importante para indicar efectos de asfixia radical, a diferencia de la deficiencia de nitrógeno cuya expresión es muy clara e inmediata.

Cuadro 10. Contrastes ortogonales para el área de follaje con deficiencia de hierro de 25 portainjertos inundados por 15 días y a los 15 y 30 días después de haberse drenado el agua, con relación a su testigo.

Portainjerto	Deficiencia de hierro (%) <sup>Z</sup>											
	A los 15 días			A los 30 días			A los 45 días					
	N1	Testigo	N2 15 DDI <sup>Y</sup>	N1 Testigo	N2 15 DDD <sup>X</sup>	N1 Testigo	N2 30 DDD <sup>X</sup>					
Amblycarpa	0.65	a <sup>W</sup>	15.32	b	2.94	a	28.58	b	9.26	a	6.26	a
Taiwanica	9.20	a	9.32	a	15.04	a	13.57	a	2.09	a	5.14	a
N. Agrio	0.00	a	9.45	b	0.00	a	15.47	b	0.00	a	3.81	a
Sunki	0.00	a	3.20	a	0.00	a	3.81	b	0.00	a	1.34	a
N. Dulce	0.65	a	1.86	a	0.65	a	0.32	a	0.00	a	0.65	a
Sun Chu Sha	1.86	a	0.99	a	0.00	a	0.65	a	0.00	a	0.32	a
Depressa	0.32	a	7.00	b	0.32	a	3.20	a	0.00	a	0.00	a
Rugoso	0.65	a	3.81	a	0.00	a	3.90	b	0.00	a	0.00	a
C-35	0.00	a	2.90	a	0.00	a	0.32	a	0.00	a	0.00	a
Gou Tou Cheng	0.00	a	0.00	a	0.00	a	0.00	a	0.00	a	0.00	a
Cleopatra	0.65	a	4.57	a	0.00	a	5.21	b	0.00	a	0.00	a
Sacaton	0.00	a	0.00	a	0.00	a	0.00	a	0.00	a	0.00	a
California	0.32	a	0.00	a	1.86	a	0.00	a	0.00	a	0.00	a
Benecke	0.00	a	0.00	a	0.00	a	0.00	a	0.00	a	0.00	a
Dragón V.	0.00	a	0.00	a	0.00	a	0.00	a	0.00	a	0.00	a
Hiryu	0.00	a	0.00	a	0.00	a	0.00	a	0.00	a	0.00	a
Macrofila	0.00	a	0.00	a	0.00	a	0.00	a	0.00	a	0.00	a
Rangpur	0.00	a	0.00	a	0.00	a	0.32	a	0.00	a	0.00	a
Carrizo	0.00	a	0.00	a	0.00	a	0.00	a	0.00	a	0.00	a
Volkameriana	0.00	a	0.00	a	0.00	a	0.00	a	0.00	a	0.00	a
Rubidoux	0.00	a	0.00	a	0.00	a	0.00	a	0.00	a	0.00	a
Swingle	0.00	a	0.65	a	0.00	a	0.32	a	0.00	a	0.00	a
Troyer	0.00	a	0.00	a	0.00	a	0.00	a	0.00	a	0.00	a
X-639	0.99	a	0.00	a	0.00	a	0.00	a	0.00	a	0.00	a
Yuma	0.00	a	0.00	a	0.00	a	0.00	a	0.00	a	0.00	a
PROMEDIO	0.612		2.363		0.832		3.027		0.454		0.701	
Error estándar		0.530			0.279				0.046			

<sup>Z</sup> Comparaciones individuales del testigo (0 días de inundación) con el Nivel 2 a los 15 días de inundación y a los 15 y 30 días después del drenado.

<sup>Y</sup> Días de inundación

<sup>X</sup> Días después del drenado

<sup>W</sup> Letras diferentes dentro de filas y para cada período de comparación, indica diferencia significativa del patrón inundado con su testigo correspondiente.

**c) Recuperación de las plantas drenadas a los 30 días con relación a la deficiencia de hierro.** Únicamente los portainjertos C-35 y X-639 fueron capaces de lograr una recuperación del follaje con relación a la deficiencia de hierro, 15 días después de suspenderse la asfixia radical (Cuadro 11). Esta recuperación se debió a una mayor producción de brotes durante la inundación, los que cuando eran jóvenes y tenían hojas aún en desarrollo, manifestaban la deficiencia de hierro (Agrio y Depressa), pero que al ir madurando fueron corrigiendo la deficiencia; de tal manera, que pasados los 15 días de irrigación normal, ya mostraban una deficiencia menos marcada. La habilidad en sólo algunos portainjertos, de poder recuperarse de esta deficiencia, sugiere diferencias en la capacidad de adsorción de este elemento, entre las diferentes especies de portainjertos evaluados.

De las otras cinco especies restantes que mostraron diferencias durante el mes de anegamiento, Agrio y Depressa tendieron a disminuir el porcentaje de deficiencia de hierro una vez suspendido el anegamiento, pero no alcanzan a igualarse al testigo; sin embargo, en Amblycarpa, Taiwanica y Gou Tou Cheng, el porcentaje de deficiencia de hierro aumenta, sobre todo en los dos primeros quienes alcanzan valores de hasta 38.98 y 32.56%, a pesar de la suspensión de la inundación.

Cuadro 11. Contrastes ortogonales para el área de follaje con deficiencia de hierro de 25 portainjertos inundados por 30 días y a los 15 días después de haberse drenado el agua, con relación a su testigo.

Portainjerto	Deficiencia de hierro (%) <sup>Z</sup>			
	A los 30 días		A los 45 días	
	N1 Testigo	N3 30 DDI <sup>Y</sup>	N1 Testigo	N3 15 DDD <sup>X</sup>
Amblycarpa	2.94 a <sup>W</sup>	29.72 b	9.26 a	38.98 b
Taiwanica	15.04 a	29.77 b	2.09 a	32.56 b
N. Agrio	0.00 a	20.11 b	0.00 a	5.28 b
Gou Tou Cheng	0.00 a	1.70 b	0.00 a	4.40 b
Depressa	0.32 a	13.53 b	0.00 a	3.81 b
Sunki	0.00 a	0.32 a	0.00 a	2.57 a
C-35	0.00 a	2.90 b	0.00 a	2.09 a
Cleopatra	0.00 a	0.00 a	0.00 a	1.34 a
N. Dulce	0.65 a	0.32 a	0.00 a	0.65 a
Rugoso	0.00 a	0.65 a	0.00 a	0.65 a
Sacaton	0.00 a	0.00 a	0.00 a	0.65 a
X-639	0.00 a	2.57 b	0.00 a	0.65 a
California	1.86 a	0.65 a	0.00 a	0.00 a
Benecke	0.00 a	0.00 a	0.00 a	0.00 a
Dragón V.	0.00 a	0.00 a	0.00 a	0.00 a
Hiryu	0.00 a	0.00 a	0.00 a	0.00 a
Macrofila	0.00 a	0.00 a	0.00 a	0.00 a
Rangpur	0.00 a	0.65 a	0.00 a	0.00 a
Carrizo	0.00 a	0.00 a	0.00 a	0.00 a
Volkameriana	0.00 a	0.00 a	0.00 a	0.00 a
Rubidoux	0.00 a	0.00 a	0.00 a	0.00 a
Sun Chu Sha	0.00 a	0.00 a	0.00 a	0.00 a
Swingle	0.00 a	0.00 a	0.00 a	0.00 a
Troyer	0.00 a	0.00 a	0.00 a	0.00 a
Yuma	0.00 a	0.00 a	0.00 a	0.00 a
PROMEDIOS	0.832	4.116	0.454	3.745
Error estándar	0.279		0.059	

<sup>Z</sup> Comparaciones individuales del testigo (0 días de inundación) con el Nivel 3 a los 30 días de inundación y a los 15 días después del drenado.

<sup>Y</sup> Días de inundación

<sup>X</sup> Días después del drenado

<sup>W</sup> Letras diferentes dentro de filas y para cada período de comparación, indica diferencia significativa del patrón inundado con su testigo correspondiente.

### **Deficiencia visual de zinc.**

La manifestación de la deficiencia de zinc como una respuesta a la asfixia radical de los 25 portainjertos fue mínima durante los primeros 30 días, con excepción de la manifestada en las especies Sun Chu Sha y Rugoso que presentaron diferencias desde los 15 días y en Sun Chu Sha y X-639 que lo hicieron a los 30 días (Cuadro 12).

**a) Calificación del grado de tolerancia a zinc.** Fue hasta alcanzar los 45 DDI cuando se mostraron deficiencias en más del 20% de la copa en Taiwanica, Amblycarpa y Cleopatra, lo cual las colocó como especies susceptibles a la asfixia radical con acuerdo a esta variable. Mientras que Sunki con 10.41% del follaje afectado se clasificó como moderadamente tolerante; Agrio, Depressa Volkameriana y Rugoso como moderadamente susceptibles y el resto de las especies se consideraron tolerantes.

**b) Recuperación de las plantas drenadas a los 15 días con relación a la deficiencia de zinc.** Los portainjertos Sun Chu Sha y Rugoso que a los 15 DDI, mostraban diferencias estadísticas entre las plantas anegadas y su testigo, mantienen esa diferencia después de 15 días de haberse drenado el agua (Cuadro 13); y, para ese entonces, Cleopatra y Rangpur también muestran diferencias con su testigo: Cleopatra por un aumento en el porcentaje de follaje dañado (de 0.99 a 3.20%) y Rangpur, que mantiene el mismo

porcentaje (3.90%), debido a una reclasificación estadística al disminuir el error estándar.

Cuadro 12. Contrastes ortogonales para el porcentaje de follaje con deficiencia de zinc manifestada por los portainjertos en cada uno de los niveles de inundación con respecto al testigo.

Portainjerto	Deficiencia de zinc (%) <sup>Z</sup>					
	A los 15 días		A los 30 días		A los 45 días	
	Testigo	Nivel 2	Testigo	Nivel 3	Testigo	Nivel 4
Taiwanica	0.00 a <sup>Y</sup>	0.00 a	0.00 a	0.32 a	2.09 a	27.42 b
Amblycarpa	0.00 a	0.00 a	0.00 a	0.00 a	9.26 a	21.75 b
Cleopatra	0.00 a	0.99 a	0.00 a	0.65 a	0.65 a	20.81 b
Sunki	0.00 a	0.65 a	0.00 a	0.00 a	0.00 a	10.41 b
N. Agrio	0.00 a	0.00 a	0.00 a	0.00 a	0.00 a	8.86 b
Depressa	0.00 a	0.32 a	0.00 a	0.00 a	0.00 a	8.50 b
Sun Chu Sha	0.00 a	3.90 b	0.00 a	11.54 b	0.65 a	6.70 a
Volkameriana	0.65 a	0.65 a	0.00 a	0.00 a	0.00 a	5.28 b
Rugoso	0.00 a	1.70 b	0.00 a	0.00 a	0.00 a	4.57 b
N. Dulce	0.00 a	0.65 a	0.00 a	0.00 a	0.65 a	2.57 a
Gou Tou Cheng	0.00 a	0.00 a	0.00 a	2.57 a	0.00 a	1.86 a
C-35	0.65 a	0.00 a	0.00 a	0.00 a	0.00 a	0.65 a
Rangpur	0.00 a	3.90 a	0.00 a	0.00 a	0.00 a	0.65 a
Sacaton	0.00 a	0.00 a	0.00 a	0.00 a	0.00 a	0.65 a
Benecke	0.00 a	0.00 a	0.00 a	0.00 a	0.00 a	0.00 a
Dragón V.	0.00 a	0.00 a	0.00 a	0.00 a	0.00 a	0.00 a
Hiryu	0.00 a	0.00 a	0.00 a	0.00 a	0.00 a	0.00 a
Macrofila	0.00 a	0.32 a	0.00 a	0.00 a	0.00 a	0.00 a
Carrizo	0.00 a	0.00 a	0.00 a	0.00 a	0.00 a	0.00 a
Rubidoux	0.00 a	0.00 a	0.00 a	0.00 a	0.00 a	0.00 a
Swingle	0.00 a	0.00 a	0.00 a	0.00 a	1.70 a	0.00 a
Troyer	0.00 a	0.00 a	0.00 a	0.00 a	0.00 a	0.00 a
California	0.00 a	0.00 a	0.00 a	0.65 a	0.00 a	0.00 a
X-639	0.00 a	0.00 a	0.00 a	2.57 b	0.00 a	0.00 a
Yuma	0.00 a	0.00 a	0.00 a	0.00 a	0.00 a	0.00 a
Error estándar	0.184		0.095		0.546	

<sup>Z</sup> Comparaciones individuales del testigo (0 días de inundación) con el nivel 2 (15 días de inundación), nivel 3 (30 días de inundación) y nivel 4 (45 días de inundación)

<sup>Y</sup> Letras diferentes dentro de filas y para cada período de comparación (15, 30 y 45 días), indica diferencia significativa del patrón inundado con su testigo correspondiente.

En general, pueden indicarse los aspectos siguientes: 1) La deficiencia de zinc manifestada en portainjertos anegados por 15 días es mínima y 2) Aquellos portainjertos cuyo follaje fue afectado con esta deficiencia, se recuperan una vez que se irrigan normalmente por 30 días.

Cuadro 13. Contrastes ortogonales para el área de follaje con deficiencia de zinc de 25 portainjertos inundados por 15 días y a los 15 y 30 días después de haberse drenado el agua, con relación a su testigo.

Portainjerto	Deficiencia de zinc (%) <sup>Z</sup>							
	A los 15 días			A los 30 días			A los 45 días	
	N1	Testigo	N2 15 DDI <sup>Y</sup>	N1 Testigo	N2 15 DDD <sup>X</sup>	N1 Testigo	N2 30 DDD <sup>X</sup>	
Sun Chu Sha	0.00	a <sup>W</sup>	3.90 b	0.00 a	3.90 b	0.65 a	13.61 a	
Taiwanica	0.00	a	0.00 a	0.00 a	0.00 a	2.09 a	5.14 a	
N. Agrio	0.00	a	0.00 a	0.00 a	0.00 a	0.00 a	2.09 a	
Cleopatra	0.00	a	0.99 a	0.00 a	3.20 b	0.65 a	1.86 a	
Sunki	0.00	a	0.65 a	0.00 a	0.65 a	0.00 a	1.34 a	
Rangpur	0.00	a	3.90 a	0.00 a	3.90 b	0.00 a	0.99 a	
Amblycarpa	0.00	a	0.00 a	0.00 a	0.00 a	9.26 a	0.65 a	
N. Dulce	0.00	a	0.65 a	0.00 a	0.65 a	0.65 a	0.65 a	
Depressa	0.00	a	0.32 a	0.00 a	0.00 a	0.00 a	0.00 a	
Volkameriana	0.65	a	0.65 a	0.00 a	0.00 a	0.00 a	0.00 a	
Rugoso	0.00	a	1.70 b	0.00 a	1.70 b	0.00 a	0.00 a	
Gou Tou Cheng	0.00	a	0.00 a	0.00 a	0.32 a	0.00 a	0.00 a	
C-35	0.65	a	0.00 a	0.00 a	0.00 a	0.00 a	0.00 a	
Sacaton	0.00	a	0.00 a	0.00 a	0.00 a	0.00 a	0.00 a	
Benecke	0.00	a	0.00 a	0.00 a	0.00 a	0.00 a	0.00 a	
Dragón V.	0.00	a	0.00 a	0.00 a	0.00 a	0.00 a	0.00 a	
Hiryu	0.00	a	0.00 a	0.00 a	0.00 a	0.00 a	0.00 a	
Macrofila	0.00	a	0.32 a	0.00 a	0.32 a	0.00 a	0.00 a	
Carrizo	0.00	a	0.00 a	0.00 a	0.00 a	0.00 a	0.00 a	
Rubidoux	0.00	a	0.00 a	0.00 a	0.00 a	0.00 a	0.00 a	
Swingle	0.00	a	0.00 a	0.00 a	0.00 a	1.70 a	0.00 a	
Troyer	0.00	a	0.00 a	0.00 a	0.00 a	0.00 a	0.00 a	
California	0.00	a	0.00 a	0.00 a	0.00 a	0.00 a	0.00 a	
X-639	0.00	a	0.00 a	0.00 a	0.00 a	0.00 a	0.00 a	
Yuma	0.00	a	0.00 a	0.00 a	0.00 a	0.00 a	0.00 a	
Promedio	0.052		0.523	0.000	0.586	0.600	1.053	
Error estándar		0.184		0.095		0.058		

<sup>Z</sup> Comparaciones individuales del testigo (0 días de inundación) con el Nivel 2 a los 15 días de inundación y a los 15 y 30 días después del drenado.

<sup>Y</sup> Días de inundación

<sup>X</sup> Días después del drenado

<sup>W</sup> Letras diferentes dentro de filas y para cada período de comparación, indica diferencia significativa del patrón inundado con su testigo correspondiente.

En general, pueden hacerse los comentarios siguientes: 1) La deficiencia de zinc manifestada en portainjertos anegados por 15 días es mínima y 2) Aquellos portainjertos cuyo follaje fue afectado con esta deficiencia, se recuperan una vez pasados 30 días de irrigación normal de las plantas

**c) Recuperación de las plantas drenadas a los 30 días con relación a la deficiencia de zinc.** Dos portainjertos fueron los que presentaron una deficiencia de zinc diferente a la de las plantas testigo: X-639 (2.57%) y Sun Chu Sha (11.54%) contra 0% en el testigo de ambos patrones (Cuadro 14). De ellos, sólo en X-639 se corrigió la deficiencia una vez drenada el agua de las plantas. En cambio, en seis especies que no manifestaban diferencias estadísticas durante la inundación, lo hicieron a los 15 días posteriores a la misma; entre ellos, los que tuvieron porcentajes de deficiencia mayores fueron: Cleopatra, Taiwanica, Sun Chu Sha y Amblycarpa, con 15.63, 15.63, 20.81 y 36.50%, respectivamente.

Contrario a esto, Amblycarpa presentó un aumento de esta deficiencia en un 36.5% (Cuadro 14), mientras que Sun Chu Sha que fue el más afectado a los 30 días de asfixia por este elemento, sólo aumento su daño en un 9.27%, después de haber sido drenado.

Cuadro 14. Contrastes ortogonales para el área de follaje con deficiencia de zinc de 25 portainjertos inundados por 30 días y a los 15 días después de haberse drenado el agua, con relación a su testigo.

---

Portainjerto	Deficiencia de zinc (%) <sup>Z</sup>
--------------	--------------------------------------

---

	A los 30 días		A los 45 días	
	N1 Testigo	N3 30 DDI <sup>Y</sup>	N1 Testigo	N3 15 DDD <sup>X</sup>
Amblycarpa	0.00 a <sup>W</sup>	0.00 a	9.26 a	36.50 b
Sun Chu Sha	0.00 a	11.54 b	0.65 a	20.81 b
Taiwanica	0.00 a	0.32 a	2.09 a	15.63 b
Cleopatra	0.00 a	0.65 a	0.65 a	15.63 b
N Agrio	0.00 a	0.00 a	0.00 a	11.63 b
Sunki	0.00 a	0.00 a	0.00 a	6.26 b
Gou Tou Cheng	0.00 a	2.57 a	0.00 a	4.40 b
C-35	0.00 a	0.00 a	0.00 a	1.34 a
Depressa	0.00 a	0.00 a	0.00 a	0.65 a
N. Dulce	0.00 a	0.00 a	0.65 a	0.65 a
Sacaton	0.00 a	0.00 a	0.00 a	0.65 a
Volkameriana	0.00 a	0.00 a	0.00 a	0.00 a
Rugoso	0.00 a	0.00 a	0.00 a	0.00 a
Rangpur	0.00 a	0.00 a	0.00 a	0.00 a
Benecke	0.00 a	0.00 a	0.00 a	0.00 a
Dragón V.	0.00 a	0.00 a	0.00 a	0.00 a
Hiryu	0.00 a	0.00 a	0.00 a	0.00 a
Macrofila	0.00 a	0.00 a	0.00 a	0.00 a
Carrizo	0.00 a	0.00 a	0.00 a	0.00 a
Rubidoux	0.00 a	0.00 a	0.00 a	0.00 a
Swingle	0.00 a	0.00 a	1.70 a	0.00 a
Troyer	0.00 a	0.00 a	0.00 a	0.99 a
California	0.00 a	0.65 a	0.00 a	0.00 a
X-639	0.00 a	2.57 b	0.00 a	0.00 a
Yuma	0.00 a	0.00 a	0.00 a	0.00 a
PROMEDIOS	0.000	0.732	0.600	4.606
Error estándar		0.095		0.067

<sup>Z</sup> Comparaciones individuales del testigo (0 días de inundación) con el Nivel 3 a los 30 días de inundación y a los 15 días después del drenado.

<sup>Y</sup> Días de inundación

<sup>X</sup> Días después del drenado

<sup>W</sup> Letras diferentes dentro de filas y para cada período de comparación, indica diferencia significativa del patrón inundado con su testigo correspondiente.

## Clorosis en la nervadura central

A los 32 días de mantener a las plantas con asfixia radical, se presentó una clorosis o amarillamiento en la nervadura central de las hojas de algunas

especies; variable que se registró a los 45 días. El síntoma se observó únicamente en 10 portainjertos, de los cuales Rangpur, Taiwanica y Agrio no mostraron diferencia estadística con sus plantas testigo (Cuadro 15 y 9A). Por lo contrario, las especies más afectadas fueron las mandarinas Cleopatra, Sun Chu Sha, Sunki y principalmente Depressa, la cual mostró el 72.31% de su copa con este síntoma (Cuadro 15 y Figura 1). Estas cuatro especies se clasificaron como susceptibles a la asfixia radical, en función de la clorosis de la nervadura central.

El resto de las especies que difirieron con su testigo fueron: Rugoso, naranjo Dulce y X-639; esta última, la única trifoliada afectada, es un híbrido entre mandarina Cleopatra y naranjo trifoliado, por lo que probablemente la susceptibilidad para manifestar este síntoma, le fue heredada de la mandarina Cleopatra, ya que el naranjo trifoliado se comportó como tolerante con relación a esta variable.

Los portainjertos que no mostraron la clorosis de la nervadura central de la hoja durante los 45 días de asfixia radical, fueron: Amblycarpa, Benecke, C-35, Dragón Volador, Gou Tou Cheng, Hiryu, Macrofila, Carrizo, Volkameriana, Rubidoux, Sacaton, Swingle, Troyer, California y Yuma.

Cuadro 15. Contrastes ortogonales para el porcentaje de follaje con clorosis de la nervadura central en portainjertos para cítricos sometidos a 45 días de asfixia radical.

Portainjerto	Superficie de la copa con clorosis de la nervadura central (%) a los 45 días		Grado de tolerancia a la asfixia radical <sup>Z</sup>
	Testigo (N1)	Inundación (N4)	
Depressa	0.32 a <sup>Y</sup>	72.31 b	S
Cleopatra	0.00 a	27.94 b	S
Sun Chu Sha	0.00 a	26.46 b	S
Sunki	0.00 a	21.98 b	S
X-639	0.00 a	18.85 b	MS

Rugoso	0.00 a	11.22 b	MS
N. Dulce	0.00 a	9.20 b	MT
Rangpur	0.00 a	3.81 a	T
Taiwanica	0.00 a	0.65 a	T
N Agrio	0.00 a	0.32 a	T
Error estándar	0.717		

<sup>Z</sup> Con base a la manifestación de la clorosis de la nervadura central: T = Tolerante; MT = Moderadamente tolerante; MS = Moderadamente susceptible y S = Susceptible.

<sup>Y</sup> Letras diferentes dentro de filas, indica diferencia significativa del patrón inundado con su testigo correspondiente

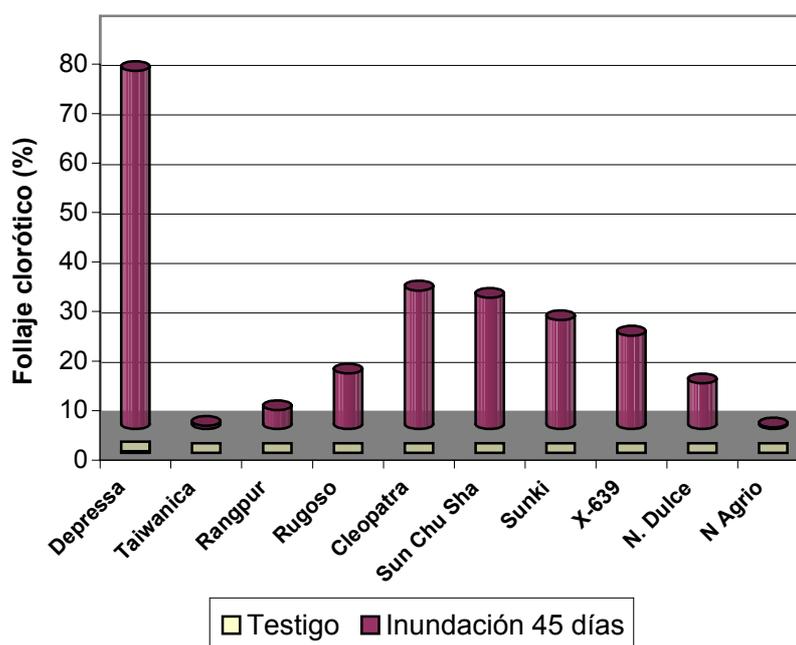


Figura 1. Porcentaje de follaje con presencia de clorosis en la nervadura central de las hojas en 10 especies de portainjertos, a los 45 días de inundación.

## VARIABLES DE LABORATORIO

### Número de hojas por portainjerto

Esta variable solo se registró al final del estudio, por lo que las plantas correspondientes al nivel 1, tuvieron 15 días de inundación y 30 días de irrigación normal; mientras que las del nivel 3, tuvieron 30 días de anegamiento

y sólo 15 de irrigación normal y por último, las plantas del nivel 4 tuvieron 45 días de anegamiento y ninguno de irrigación normal.

Con respecto a esta variable, sólo hubo diferencias estadísticas para siete portainjertos que mostraron una reducción en el número de las hojas por planta (Cuadro 16 y 6A). Macrofila, Carrizo y Yuma manifestaron esta disminución de hojas desde los primeros quince días de inundación, lo que fue un daño severo de la planta, pues ni aun con los 30 días de irrigación normal, fue posible recuperar su follaje; ello sugiere una mayor susceptibilidad de estas especies a la asfixia radical. En cambio, Amblycarpa, Macrofila, Rugoso y N. Dulce si lograron recuperarse en las mismas condiciones antes señaladas.

Depressa y Rugoso muestran una irregularidad en su comportamiento, pues las plantas inundadas por 30 días tenían menos hojas que el testigo, pero a los 45 días de anegamiento, la cantidad de ellas era estadísticamente igual al testigo. Estos resultados se deben al hecho de que el conteo de hojas se realizó en diferentes plantas.

Es por ello que se sugiere que en próximos estudios, ésta y otras variables, como las deficiencias nutricionales, se registren en las mismas plantas y oportunamente en cada uno de los períodos establecidos.

Cuadro 16. Contrastes ortogonales para el número de hojas por planta en portainjertos sometidos a 0, 15, 30 y 45 días de inundación.

Portainjerto	Número de hojas promedio por planta <sup>Z</sup>				Significancia de los contrastes ortogonales contra N1 <sup>Y</sup>		
	N1 <sup>X</sup>	N2	N3	N4	N2	N3	N4
Amblycarpa	219	228	157	116	N.S	**	**
Depressa	139	139	94	109	N.S.	*	N.S.
Macrofila	144	181	174	89	*	N.S.	**
Rugoso	162	178	114	121	N.S.	*	N.S.
Carrizo	118	75	58	60	*	**	**

N. Dulce	93	96	73	68	N.S.	N.S.	*
Yuma	149	93	88	90	**	**	**

<sup>z</sup> Error estándar común:  $\pm 13.267$ .

<sup>x</sup> NS = No significativo; \* y \*\* significancia estadística al 5 y 1% de probabilidad de error.

<sup>y</sup> N1, N2, N3 y N4 corresponden a los niveles de inundación de 0 (testigo), 15, 30 y 45 días, respectivamente.

Aquellos portainjertos que no manifestaron una reducción en su número de hojas por efecto de la asfixia radical, se consideraron como tolerantes a este factor y fueron: Benecke, C-35, Dragón V., Gou Tou Cheng, Hiryu, Taiwanica, Rangpur, Cleopatra, Volkameriana, Rubidoux, Sacaton, Sun Chu Sha, Sunki, Swingle, Troyer, California, X-639 y N. Agrio.

### **Área foliar total**

Fueron 13 los portainjertos que mostraron diferencias estadísticas con relación a esta variable, los cuales se incluyen en el Cuadro 5A con sus datos originales del área foliar expresados en centímetros cuadrados; sin embargo, para facilitar la explicación de los resultados se presenta en el Cuadro 17, la comparación del área foliar obtenida por los portainjertos correspondiente a cada uno de los niveles de inundación a que fueron sometidos, expresados en porcentaje con relación al testigo, cuya área foliar se consideró como el 100%.

De ellos, el naranjo Agrio fue aparentemente el más afectado, pues su área foliar total promedio en cada uno de los niveles de inundación, fue estadísticamente menor que el testigo (Cuadro 17 y Cuadro 5A). En cambio,

para Amblycarpa, Depressa y Macrofila el estrés a que fueron sometidos durante 15 días, fue un estímulo para producir brotes foliares, mismos que se reflejaron en un área foliar numérica, aunque no estadísticamente superior, al área foliar de las plantas testigo (128.1, 104.7 y 114.8%, con relación al 100% del testigo, respectivamente).

Cuando la asfixia radical tuvo una duración de 30 días, seis portainjertos mostraron estadísticamente, menor área foliar que sus plantas testigo, las cuales son: Depressa, Rugoso, Cleopatra, Volkameriana, Sun Chu Sha, Sunki y Agrio (Cuadro 17).

Las medias del área foliar total para todos los portainjertos, se indican en el Cuadro 7A.

Cuadro 17. Contrastes ortogonales para el área foliar por planta de portainjertos sometidos a 15, 30 y 45 días de asfixia radical contra el testigo.

Portainjerto	Porcentaje relativo de área foliar de los portainjertos sometidos a la asfixia radical, con base al testigo				Contrastes ortogonales del área foliar de patrones inundados contra el testigo <sup>Z</sup>		
	Testigo	15 DDI <sup>Y</sup>	30 DDI	45 DDI	15 DDI	30 DDI	45 DDI
Amblycarpa	100	128.1	72.7	49.9	N. S. <sup>X</sup>	N. S.	*
Depressa	100	104.7	64.0	71.2	N. S.	*	N. S.
Gou Tou Cheng	100	95.1	73.6	41.2	N. S.	N. S.	**
Macrofila	100	114.8	88.8	38.6	N. S.	N. S.	**
Rangpur	100	71.7	77.6	47.5	N. S.	N. S.	**
Rugoso	100	94.1	51.7	42.9	N. S.	**	**
Carrizo	100	53.5	36.6	33.8	N. S.	N. S.	*
Cleopatra	100	92.1	36.1	30.9	N. S.	**	**
Volkameriana	100	99.5	61.3	44.2	N. S.	**	**
Sun Chu Sha	100	95.6	42.8	46.2	N. S.	**	*
Sunki	100	78.1	50.9	50.4	N. S.	**	**
N. Agrio	100	71.1	72.8	42.6	*	*	**
N. Dulce	100	96.3	73.7	62.9	N. S.	N. S.	*

<sup>Z</sup> Error estándar común:  $\pm 321.09$  (De los datos originales incluidos en el Cuadro 5A)  
<sup>X</sup> N1, N2, N3 y N4 corresponden a los niveles de inundación de 0 (testigo), 15, 30 y 45 días, respectivamente  
<sup>Y</sup> NS = No significativo; \* y \*\* significancia estadística al 5 y 1% de probabilidad de error.

Cuando los portainjertos se sometieron a 45 días de inundación, todos difirieron estadísticamente con el testigo, con excepción de Depressa, que terminó con 71.2% del área foliar (AF). De estos últimos, Sunki y naranjo Dulce llegaron al final del experimento con 50.4 y 62.0% de AF, pero los valores del resto de ellos, fueron inferiores al 50%.

Es importante mencionar que el único portainjerto trifoliado que fue afectado en su área foliar fue Carrizo; mientras que la única especie unifoliada que no fue dañada fue Taiwanica. El resto de portainjertos no afectados fueron: Benecke, C-35, Dragón V., Hiryu, Rubidoux, Sacaton, Swingle, Troyer, California, X-639 y Yuma; los cuales son trifoliados.

Es muy clara la tendencia a incrementar el AF de la planta, e inclusive a aumentar la cantidad de raíces (resultado no mostrado), cuando el agobio por asfixia radical tiene una duración de 15 días. Sin embargo, cuando este estrés se prolonga a 45 días, el AF disminuye notablemente, lo cual debe ser respuesta a varios factores, entre ellos pueden mencionarse los dos siguientes: a) Baja disponibilidad de la mayoría de los nutrientes del suelo, entre ellos el nitrógeno y el magnesio, que juegan un papel importante en el metabolismo de la planta y, b) Afectación del sistema radical, que en condiciones anaeróbicas se va pudriendo, disminuyendo así su funcionalidad (Cuadro 18).

### **Porcentaje de pudrición de raíz principal**

La pudrición de raíz de los portainjertos fue diversa en los diferentes niveles de inundación evaluados, pero existió un patrón de comportamiento muy definido a incrementar su porcentaje, conforme mayor fue el tiempo de asfixia radical (Cuadros 18 y 8A); de tal manera que a los 45 días de estar sometidos los patrones a la asfixia radical, 20 de las 25 especies evaluadas presentaron porcentajes de pudrición de raíz mayores que las plantas testigo.

Debido a este patrón de comportamiento, se consideró que la pudrición de raíz, es otra de las variables útiles para valorar el grado de la tolerancia que presentan los portainjertos de cítricos a la asfixia radical.

Cleopatra, Sun Chu Sha y Rangpur, aunque terminan con valores de pudrición de raíz muy diversa (61, 33 y 16%, respectivamente), fueron las únicas especies que difirieron con sus testigos, en los tres niveles de inundación (Cuadro 18). Ello sugiere que las especies del grupo de las mandarinas (con excepción de *Amblycarpa*), son las especies más afectadas (Cuadro 18), resultado que concuerda con lo mencionado por Minessy (1971).

Cuadro 18. Contrastes ortogonales para la pudrición de raíz principal por planta de los portainjertos sometidos a 0, 15, 30 y 45 días de asfixia radical contra el testigo.

Portainjerto	Medias <sup>Z</sup> (%)				Significancia de los contrastes ortogonales contra N1 <sup>Y</sup>		
	N1 <sup>X</sup>	N2	N3	N4	N2	N3	N4
Cleopatra	0	9	31	61	*	**	**
N. Dulce	0	3	7	38	N.S.	**	**
Sunki	0	5	19	34	N.S.	**	**
Depressa	1	8	46	33	N.S.	**	**
Sun Chu Sha	0	17	46	33	**	**	**
Macrofila	0	8	3	32	*	N.S.	**
Yuma	0	3	6	29	N.S.	*	**
N. Agrio	0	5	17	26	N.S.	**	**
Rugoso	0	7	15	24	*	**	**
Taiwanica	0	1	7	21	N.S.	*	**
Rangpur	0	11	11	16	**	**	**
X-639	0	2	4	15	N.S.	N.S.	**
Sacaton	0	11	2	12	**	N.S.	**
Amblycarpa	0	0	12	11	N.S.	**	**

Gou Tou Cheng	0	3	5	11	N.S.	N.S.	**
Volkameriana	0	3	6	9	N.S.	*	*
Swingle	0	0	3	8	N.S.	N.S.	**
Carrizo	0	1	8	7	N.S.	*	*
Rubidoux	0	0	1	7	N.S.	N.S.	*
California	0	1	0	6	N.S.	N.S.	*
Dragón V.	0	1	6	4	N.S.	*	N.S.

<sup>Z</sup> Error estándar común:  $\pm 0.0848$

<sup>X</sup> N1, N2, N3 y N4 corresponden a los niveles de inundación de 0 (testigo), 15, 30 y 45 días, respectivamente

<sup>Y</sup> NS = No significativo; \* y \*\* significancia estadística al 5 y 1% de probabilidad de error.

De acuerdo con la escala establecida para calificar la tolerancia a la inundación, los portainjertos que no difirieron estadísticamente con el testigo a los 45 días de inundación, se consideraron como tolerantes a la misma; estos fueron: Benecke, C-35, Hiryu, Troyer y Dragón Volador.

### **Variables evaluadas que no fueron afectadas por la asfixia radical**

Las características de la planta que se evaluaron en campo y laboratorio y que no difirieron estadísticamente con las plantas testigo en ninguno de los niveles de inundación a que fueron sometidos los portainjertos fueron: Altura de la planta y longitud del brote (Cuadro 1A); peso seco y fresco de a raíz, peso seco y fresco del tallo, volumen del tallo y raíz y número de raíces secundarias (Cuadro 2A). Razón por la cual no se discuten en este documento, sólo se incluyen sus valores promedio en los Cuadros 3A y 4A.

### **Síntomas de mayor importancia para evaluar el grado de tolerancia de los portainjertos a la inundación.**

Como se ha indicado con oportunidad en el presente documento, los síntomas que presentaron patrones de respuesta más definidos y que, por lo tanto, son

de mayor utilidad para caracterizar el grado de tolerancia de los patrones a la asfixia radical, son los siguientes: a) Porcentaje de pudrición de la raíz principal, b) Disminución del área foliar total de la planta, c) Clorosis de la nervadura central de la hoja y d) Deficiencia de nitrógeno en la hoja.

Estas variables se definieron con base a los resultados estadísticos y numéricos, así como con el apoyo de apreciaciones agronómicas que se hicieron en campo.

### **Clasificación de los portainjertos de acuerdo a su tolerancia a la inundación.**

La experiencia obtenida durante el desarrollo de este experimento ha permitido sugerir algunos cambios metodológicos para que en futuros estudios se obtenga información de mayor confiabilidad; cambios que se han indicado en su oportunidad en este documento. La siguiente etapa obligada, deberá ser la evaluación de los patrones, pero ahora injertándolos con un solo cultivar, con la finalidad de tratar de uniformar la copa de la planta, que obviamente en este estudio fue tan diversa, como diferente fue la genética de las especies evaluadas.

Con la información obtenida en este estudio, se está en la posibilidad de hacer una propuesta de clasificación de los portainjertos, con base al grado de tolerancia que presentaron a la inundación y manifestada por la expresión de los diferentes síntomas evaluados.

En el Cuadro 19 se presenta un resumen de las calificaciones otorgadas a cada portainjerto según el grado de tolerancia presentada a la inundación,

con base a los diferentes síntomas evaluados. Se incluyen todos los síntomas en las que hubo diferencia estadística para la interacción de tratamientos (portainjertos) y niveles de inundación evaluados; sin embargo, la agrupación de las especies de acuerdo a su grado de tolerancia, se realizó considerando únicamente los síntomas anteriormente definidos como los de mayor importancia para este propósito.

Cuadro 19. Agrupación de los portainjertos según su tolerancia Caracterización de patrones con base a los síntomas presentados a los 45 días de asfixia radical.

GT <sup>z</sup>	Portainjerto	Pudrición de raíz principal	Reducción de área foliar (%)	Clorosis de la nervadura central	Deficiencias nutricionales			
					N	Mg	Fe	Zn
TOLERANTES	Troyer	T <sup>y</sup>	T	T	T	T	T	T
	Hiryu	T	T	T	T	T	T	T
	C-35	T	T	T	T	T	T	T
	Benecke	T	T	T	T	S	T	T
	Dragón Volador	T	T	T	T	T	T	T
	California	MT	T	T	T	T	T	T
	Rubidoux	MT	T	T	T	T	T	T
	Sacaton	MT	T	T	T	T	T	T
MEDIANAMENTE TOLERANTES	Swingle	MT	T	T	MT	MS	T	T
	Yuma	MS	T	T	T	T	T	T
	Carrizo	MT	S	T	T	T	T	T
	X-639	MT	T	MS	T	T	T	T
	Volkameriana	MT	S	T	MS	T	T	MT
	Gou Tou Cheng	MT	S	T	MS	T	T	T
	Taiwanica	MS	T	T	MS	T	S	S
	Amblycarpa	MT	S	T	S	T	S	S
	N. Agrio	MS	S	T	S	T	MT	MT
SUSCEPTIBLES	Macrofila	S	S	T	MS	T	T	T
	Naranja Dulce	S	MS	MT	S	T	T	T
	Rangpur	S	S	T	S	MT	T	T
	Rugoso	MS	S	MS	S	T	T	MT
	Depressa	S	MS	S	T	T	MS	MT
	Sun Chu Sha	S	S	S	MT	S	T	T
	Cleopatra	S	S	S	MT	T	T	S
	Sunki	S	S	S	S	T	MS	MS

<sup>z</sup> Grado de tolerancia

<sup>Y</sup> T = Tolerante, MT = Moderadamente tolerante, MS = Moderadamente susceptible, S = Susceptible, de acuerdo con la escala establecida.

Las cuatro especies de *Poncirus trifoliata* (Hiryu, Benecke, Dragón Volador y Rubidoux) mostraron tolerancia a la asfixia radical; mientras que las especies del grupo de las mandarinas (Depressa, Sun Chu Sha, Cleopatra y Sunki, aunque no *Amblycarpa*) fueron las más susceptibles, particularmente debido a la pudrición de raíz, reducción y clorosis de la nervadura central de la hoja.

Estos resultados concuerdan con lo señalado por Del Valle (1997) y Davis y Siura (1999). Sin embargo, con lo que respecta a Troyer, los resultados son completamente contradictorios; pues mientras que ellos lo catalogan como un portainjerto susceptible a la asfixia radical, en este estudio y de acuerdo con las variables evaluadas, se clasificó como tolerante. Cabe recordar que en este experimento se evaluaron los portainjertos sin injertar y que se desconoce si el comportamiento una vez combinado con un cultivar, sea el mismo. En cambio, aun cuando los citados investigadores no lo mencionan, es de suponerse que ellos se refieren al citrange Troyer injertado con algún cultivar.

## CONCLUSIONES

- ❖ La tolerancia mostrada por el naranjo Agrio a la asfixia radical durante 45 días en vivero, fue superada por la de los portainjertos siguientes: Troyer, Hiryu, C-35, Benecke, Dragón Volador, California, Rubidoux y Sacaton.
- ❖ Las variables que resultaron de mayor utilidad para caracterizar la tolerancia de los patrones a la asfixia radical, son los siguientes: a) Porcentaje de pudrición de la raíz principal, b) Disminución del área foliar total de la planta, c) Clorosis de la nervadura central de la hoja y d) Deficiencia de nitrógeno en la hoja.
- ❖ Las mandarinas, exceptuando a *Amblycarpa*, mostraron la mayor susceptibilidad a la asfixia radical, mientras que las especies de *Poncirus trifoliata* fueron los más tolerantes.

## LITERATURA CITADA

- Agrios, G. N. 2001. Fitopatología. Departamento de Fitopatología Universidad de Massachussets.
- Castle, W. S. 1982. Commercial Citrus Rootstocks in the United States. *Fruit Varieties Journal* 36(3): 74-79.
- Castle, W. S. 1987. Patrones y variedades. Memoria del seminario de citricultura. Banco de México. FIRA. Mérida, Yucatán, México. p. 45-60.
- Curti-Díaz, S. A., X. Loredó-Salazar, U. Díaz Zorrilla, J. A. Sandoval R. y J. Hernández H. 2000. Tecnología para producir limón persa. Campo experimental Ixtacuaco. INIFAP.
- Davis., y Siura, S. 1999. Principios de propagación de plantas de los cítricos y los patrones adecuados. Universidad Agraria la Molina, Facultad de Agronomía, Perú.
- Del Valle, V. N. 1997. Como escoger el patrón para cítricos. Promotora Citrícola del Golfo.
- Durón, L. J., Valdez, B., Núñez, J. H., y Martínez G. 1999. Cítricos para el Noreste de México. INIFAP.
- Fornier, J. 1979. Los patrones de agrios en España. Comunicaciones del Instituto Nacional de Investigaciones Agrarias, Madrid. Serie Producción Vegetal No. 24. 28 P.
- Fornier, V. 1985. Graduación de la sensibilidad de algunos portainjertos en relación a condiciones adversas del medio. Brasil.
- Gardiazabal, F. y G. Rosenberg. 1991. Cultivo de los cítricos. Universidad Católica de Valparaíso, Facultad de Agronomía, Quillota, Chile. 400 p.
- IMC Fertilizer, INC, s/f. Efficient fertilizer use. Fertilizing for maximum profit. 3rd. Edition. Illinois, USA. pp: 71-95, 123-135.
- Jackson, L. K. 1991. Citrus Growing in Florida. University of Florida Press. Gainesville, Fl. 3 p.
- Loussert, R. 1992. Los agrios. Editorial Mundi-Prensa, Madrid, España. 319 p.
- Minessy., F., M. Barakat y E. EL-Azab. 1971. Effect of some soil properties on root and top growth and mineral content of Washington Navel orange and Balady Mandarin. *Plant and Soil* 34(1): 1-15.
- Morín, C. 1985. Cultivo de Cítricos. Serie de Libros y Materiales Educativos. IICA Num. 39. 607 p.

- Rocha-Peña, M. A. y J. E. Padrón-Chávez. 1992. Precauciones y Usos de Portainjertos de Cítricos Tolerantes al Virus de la Tristeza. Publicación Especial Num. 2. INIFAP-CIRNE-CEGET: 48p.
- SAGARPA. 2002. Estadísticas 1980-2001. Servicio de Información Estadística Agroalimentaria y Pesquera. México, D. F. (Archivo electrónico).
- Salazar, G. S. 2002. Nutrición del aguacate, principios y aplicaciones.
- Terés, Valentín. 1999. Optimización del Riego en Cultivo en Sustratos. Lipton Control de Riego.
- Wutscher, H. K. 1979. Citrus Rootstocks. In: J. Janick (ed.), Horticultural Reviews I. AVI Publishing Co., West port, CT. pp. 237-269.

## **APÉNDICE**

Cuadro 1A. Significancia de la interacción entre los tratamientos y niveles de inundación, de acuerdo con el análisis de varianza realizado a las variables de campo. Tolerancia de 25 portainjertos a la asfixia radical en vivero.

Variables	Significancia, P>F		
	Tratamiento	Nivel	Trat * Nivel
Deficiencia de nitrógeno a 15 días	0.0001	0.0001	0.0001
Deficiencia de nitrógeno a 30 días	0.0001	0.0001	0.0001
Deficiencia de nitrógeno a 45 días	0.0001	0.0001	0.0001
Deficiencia de magnesio a 15 días	0.0001	0.4937	0.9634
Deficiencia de magnesio a 30 días	0.0001	0.0002	0.0018
Deficiencia de magnesio a 45 días	0.0001	0.0002	0.0395
Deficiencia de hierro a 15 días	0.0001	0.0033	0.3125
Deficiencia de hierro a 30 días	0.0001	0.0001	0.0001
Deficiencia de hierro a 45 días	0.0001	0.0001	0.0001
Deficiencia de zinc a 15 días	0.0001	0.0076	0.2629
Deficiencia de zinc a 30 días	0.0001	0.0001	0.0001
Deficiencia de zinc a 45 días	0.0001	0.0001	0.0103
Clorosis en la nervadura central a 45 días	0.0001	0.0001	0.0001

Cuadro 2A. Significancia de la interacción entre los tratamientos y niveles de inundación, de acuerdo con el análisis de varianza realizado a las variables de laboratorio. Tolerancia de 25 portainjertos a la asfixia radical en vivero.

Variables	Significancia, P>F		
	Tratamiento	Nivel	Trat * Nivel
Altura	0.0001	0.0001	0.2137
Longitud del brote promedio	0.0001	0.0172	0.7980
Área foliar total	0.0001	0.0001	0.0001
Número de hojas	0.0001	0.0001	0.0056
Peso fresco del tallo	0.0001	0.0001	0.6131
Peso fresco de la raíz	0.0001	0.0001	0.1557
Peso seco del tallo	0.0001	0.0001	0.6833
Peso seco de la raíz	0.0001	0.0001	0.1728
Volumen del tallo	0.0001	0.0001	0.8235
Volumen de la raíz	0.0001	0.0001	0.2016
Raíces secundarias	0.0001	0.1217	0.4701

Cuadro 3A. Variables en las cuales la asfixia radical no tuvo efecto significativo

Portainjerto	Variables no significantes en la interacción tratamiento por nivel				
	Altura (cm)	Longitud del brote promedio (cm)	Peso fresco del tallo (g)	Peso fresco de raíz (g)	Peso seco del tallo (g)
Amblycarpa	101.5	23.2	42.4	28.7	22.1
Benecke	84.4	17.6	27.7	25.8	13.6
C-35	89.9	25.6	40.8	28.7	20.6
Depressa	104.4	24.5	48.2	49.7	23.7
Dragón V.	63.7	10.7	18.4	18.3	9
Gou Tou Cheng	82.9	16.7	36	30.6	17.7
Hiryu	69	10.8	19	20.2	9.1
Macrofila	101.7	16.8	64.3	46.9	29.4
Taiwanica	113.6	39.6	49.3	41.1	24.9

Rangpur	111	25.4	51.2	35.7	22.8
Rugoso	102.8	21.9	72.7	62.3	39
Carrizo	102.4	36.6	35	28.6	16.3
Cleopatra	98.4	14.7	26.5	22.7	13.8
Volkameriana	105.7	19.7	55.1	44.6	26.5
Rubidoux	86.2	23.3	30.8	29.4	15.1
Sacaton	47.4	18.6	18.4	15.7	8
Sun Chu Sha	85.4	14.5	25.6	21	12.5
Sunki	123.4	22	40.8	29.9	20.4
Swingle	115.9	47.4	72.4	50	37.1
Troyer	95.4	34.3	39.9	28.2	20.3
California	104.8	33.7	59.2	39.4	31.3
X-639	83.4	14.9	29.5	21.2	15.9
N Agrio	94.4	35.3	50.7	52	28.5
N. Dulce	104.6	37.4	50.8	35.7	24.6
Yuma	74.1	21.2	42.2	38.6	21.3

Cuadro 4A. Variables en las cuales la asfixia radical no tuvo efecto significativo.

Portainjerto	Variables no significativas en la interacción tratamiento por nivel			
	Peso seco de raíz (g)	Volumen del tallo (ml)	Volumen de raíz (ml)	Raíces secundarias
Amblycarpa	10.3	39.9	27.7	1
Benecke	8.5	32.3	26.8	2
C-35	10.6	41.5	30.3	1
Depressa	14.7	48.2	50.5	2
Dragón V.	6.3	19.3	18.9	1
Gou Tou Cheng	9.1	33.9	30.3	0
Hiryu	6.5	21.1	22.8	1
Macrofila	13.1	65.6	47.8	2
Taiwanica	12.2	48.6	39.3	1
Rangpur	11.8	46.8	35.8	2
Rugoso	20.9	77.1	60.6	1
Carrizo	9.5	35.9	51.8	1
Cleopatra	6	26	50.5	1

Volkameriana	13	54.8	46	2
Rubidoux	8.4	33.9	38.9	2
Sacaton	5	18.5	37.2	0
Sun Chu Sha	6.7	24.1	37	1
Sunki	8.5	39.9	31.9	1
Swingle	17.2	72.5	29.9	2
Troyer	11.2	42.2	27.6	1
California	15	59.5	26.9	1
X-639	8.3	30.3	22.9	1
N Agrio	19.9	52.3	22.4	1
N. Dulce	13.1	51.8	21.2	1
Yuma	13.2	42.6	16.8	1

Cuadro 5A. Contrastes ortogonales que indicaron diferencia estadística en el área foliar por planta de los portainjertos sometidos a 0, 15, 30 y 45 días de asfixia radical.

Portainjerto	Área foliar total por planta <sup>Z</sup>				Significancia de los contrastes ortogonales contra N1 <sup>Y</sup>		
	N1 <sup>X</sup>	N2	N3	N4	N2	N3	N4
Amblycarpa	1976.25	2530.74	1436.56	985.92	N. S.	N. S.	*
Benecke	556.33	577.35	504.99	398.52	N.S.	N.S.	N.S.
C-35	1377.77	1179.89	790.89	696.41	N.S.	N.S.	N.S.
Depressa	2914.22	3049.94	1866.37	2074.85	N. S.	*	N. S.
Dragón Volador	315.05	391.62	296.76	263.29	N.S.	N.S.	N.S.
Gou Tou Cheng	2109.01	2006.55	1552.79	868.15	N. S.	N. S.	**
Hiryu	338.55	311.60	334.34	275.36	N.S.	N.S.	N.S.
Macrofila	4444.04	5101.64	3948.15	1715.41	N. S.	N. S.	**
Taiwanica	1948.75	1464.66	1487.75	1368.78	N.S.	N.S.	N.S.
Rangpur	3099.36	2221.82	2406.26	1472.28	N. S.	N. S.	**
Rugoso	5955.65	5601.60	3080.64	2557.26	N. S.	**	**
Carrizo	1354.02	724.24	495.90	457.47	N. S.	N. S.	*

Cleopatra	2225.01	2049.16	803.40	687.76	N. S.	**	**
Volkameriana	3082.09	3067.78	1889.17	1363.68	N. S.	**	**
Rubidoux	608.88	362.47	486.19	339.84	N.S.	N.S.	N.S.
Sacaton	563.93	530.77	624.13	248.28	N.S.	N.S.	N.S.
Sun Chu Sha	2245.17	2146.96	961.59	1037.47	N. S.	**	*
Sunki	2828.91	2210.52	1438.67	1426.40	N. S.	**	**
Swingle	1887.05	1515.75	1284.9	1148.33	N.S.	N.S.	N.S.
Troyer	834.14	861.43	619.41	797.51	N.S.	N.S.	N.S.
X-639	1080.50	882.07	757.11	861.79	N.S.	N.S.	N.S.
California	947.85	624.93	593.26	671.53	N.S.	N.S.	N.S.
N. Agrio	3361.92	2390.99	2446.27	1430.97	*	*	**
N. Dulce	2418.29	2327.69	1782.52	1522.20	N. S.	N. S.	*
Yuma	1335.39	1110.44	838.27	698.58	N.S.	N.S.	N.S.

<sup>Z</sup> Error estándar común:  $\pm 321.09$  (De los datos originales incluidos en el Cuadro 5A)

<sup>X</sup> N1, N2, N3 y N4 corresponden a los niveles de inundación de 0 (testigo), 15, 30 y 45 días, respectivamente

<sup>Y</sup> NS = No significativo; \* y \*\* significancia estadística al 5 y 1% de probabilidad de error.

Cuadro 6A. Contrastes ortogonales que indicaron diferencia estadística en el número de hojas por planta de los portainjertos sometidos a 0, 15, 30 y 45 días de asfixia radical.

Portainjerto	Número de hojas promedio por planta <sup>Z</sup>				Significancia de los contrastes ortogonales contra N1 <sup>Y</sup>		
	N1 <sup>X</sup>	N2	N3	N4	N2	N3	N4
Amblycarpa	219	228	157	116	N.S	**	**
Benecke	108	112	94	87	N.S.	N.S.	N.S.
C-35	105	97	105	98	N.S.	N.S.	N.S.
Depressa	139	139	94	109	N.S.	*	N.S.
Dragón V.	92	103	79	69	N.S.	N.S.	N.S.
Gou Tou Cheng	87	100	84	68	N.S.	N.S.	N.S.
Hiryu	81	79	94	65	N.S.	N.S.	N.S.
Macrofila	144	181	174	89	*	N.S.	**
Taiwanica	87	77	73	87	N.S.	N.S.	N.S.
Rangpur	79	79	101	61	N.S.	N.S.	N.S.
Rugoso	162	178	114	121	N.S.	*	N.S.
Carrizo	118	75	58	60	*	**	**
Cleopatra	93	91	61	57	N.S.	N.S.	N.S.
Volkameriana	92	97	63	61	N.S.	N.S.	N.S.
Rubidoux	85	55	82	58	N.S.	N.S.	N.S.

Sacaton	51	59	58	33	N.S.	N.S.	N.S.
Sun Chu Sha	106	123	95	95	N.S.	N.S.	N.S.
Sunki	112	101	80	86	N.S.	N.S.	N.S.
Swingle	78	83	73	69	N.S.	N.S.	N.S.
Troyer	95	124	96	117	N.S.	N.S.	N.S.
California	99	101	78	85	N.S.	N.S.	N.S.
X-639	101	85	75	87	N.S.	N.S.	N.S.
N. Agrio	81	76	71	49	N.S.	N.S.	N.S.
N. Dulce	93	96	73	68	N.S.	N.S.	*
Yuma	149	93	88	90	**	**	**

<sup>Z</sup> Error estándar común:  $\pm 13.267$ .

<sup>X</sup> NS = No significativo; \* y \*\* significancia estadística al 5 y 1% de probabilidad de error.

<sup>Y</sup> N1, N2, N3 y N4 corresponden a los niveles de inundación de 0 (testigo), 15, 30 y 45 días, respectivamente.

Cuadro 7A. Contrastes ortogonales que indicaron diferencia estadística en el área foliar por planta de los portainjertos sometidos a 0, 15, 30 y 45 días de asfixia radical.

Portainjerto	Área foliar total por planta <sup>Z</sup>				Significancia de los contrastes ortogonales contra N1 <sup>Y</sup>		
	N1 <sup>X</sup>	N2	N3	N4	N2	N3	N4
Amblycarpa	1976.25	2530.74	1436.56	985.92	N. S.	N. S.	*
Benecke	556.33	577.35	504.99	398.52	N.S.	N.S.	N.S.
C-35	1377.77	1179.89	790.89	696.41	N.S.	N.S.	N.S.
Depressa	2914.22	3049.94	1866.37	2074.85	N. S.	*	N. S.
Dragón Volador	315.05	391.62	296.76	263.29	N.S.	N.S.	N.S.
Gou Tou Cheng	2109.01	2006.55	1552.79	868.15	N. S.	N. S.	**
Hiryu	338.55	311.60	334.34	275.36	N.S.	N.S.	N.S.
Macrofila	4444.04	5101.64	3948.15	1715.41	N. S.	N. S.	**
Taiwanica	1948.75	1464.66	1487.75	1368.78	N.S.	N.S.	N.S.
Rangpur	3099.36	2221.82	2406.26	1472.28	N. S.	N. S.	**
Rugoso	5955.65	5601.60	3080.64	2557.26	N. S.	**	**
Carrizo	1354.02	724.24	495.90	457.47	N. S.	N. S.	*
Cleopatra	2225.01	2049.16	803.40	687.76	N. S.	**	**
Volkameriana	3082.09	3067.78	1889.17	1363.68	N. S.	**	**
Rubidoux	608.88	362.47	486.19	339.84	N.S.	N.S.	N.S.
Sacaton	563.93	530.77	624.13	248.28	N.S.	N.S.	N.S.
Sun Chu Sha	2245.17	2146.96	961.59	1037.47	N. S.	**	*

Sunki	2828.91	2210.52	1438.67	1426.40	N. S.	**	**
Swingle	1887.05	1515.75	1284.9	1148.33	N.S.	N.S.	N.S.
Troyer	834.14	861.43	619.41	797.51	N.S.	N.S.	N.S.
X-639	1080.50	882.07	757.11	861.79	N.S.	N.S.	N.S.
California	947.85	624.93	593.26	671.53	N.S.	N.S.	N.S.
N. Agrio	3361.92	2390.99	2446.27	1430.97	*	*	**
N. Dulce	2418.29	2327.69	1782.52	1522.20	N. S.	N. S.	*
Yuma	1335.39	1110.44	838.27	698.58	N.S.	N.S.	N.S.

<sup>Z</sup> Error estándar común:  $\pm 321.09$  (De los datos originales incluidos en el Cuadro 5A)

<sup>X</sup> N1, N2, N3 y N4 corresponden a los niveles de inundación de 0 (testigo), 15, 30 y 45 días, respectivamente

<sup>Y</sup> NS = No significativo; \* y \*\* significancia estadística al 5 y 1% de probabilidad de error.

Cuadro 8A. Contrastes ortogonales que indicaron diferencia estadística en la pudrición de raíz principal por planta de los portainjertos sometidos a 0, 15, 30 y 45 días de asfixia radical.

Portainjerto	Medias <sup>Z</sup> (%)				Contrastes contra N1		
	N1 <sup>Y</sup>	N2	N3	N4	N2	N3	N4
Cleopatra	0	9	31	61	*	**	**
N. Dulce	0	3	7	38	N.S.	**	**
Sunki	0	5	19	34	N.S.	**	**
Depressa	1	8	46	33	N.S.	**	**
Sun Chu Sha	0	17	46	33	**	**	**
Macrofila	0	8	3	32	*	N.S.	**
Yuma	0	3	6	29	N.S.	*	**
N. Agrio	0	5	17	26	N.S.	**	**
Rugoso	0	7	15	24	*	**	**
Taiwanica	0	1	7	21	N.S.	*	**
Rangpur	0	11	11	16	**	**	**
X-639	0	2	4	15	N.S.	N.S.	**
Sacaton	0	11	2	12	**	N.S.	**
Amblycarpa	0	0	12	11	N.S.	**	**
Gou Tou Cheng	0	3	5	11	N.S.	N.S.	**
Volkameriana	0	3	6	9	N.S.	*	*
Swingle	0	0	3	8	N.S.	N.S.	**
Carrizo	0	1	8	7	N.S.	*	*
Rubidoux	0	0	1	7	N.S.	N.S.	*
California	0	1	0	6	N.S.	N.S.	*
Dragón V.	0	1	6	4	N.S.	*	N.S.
C-35	0	1	1	3	N.S.	N.S.	N.S.
Hiryu	0	3	0	3	N.S.	N.S.	N.S.
Troyer	0	2	3	4	N.S.	N.S.	N.S.
Benecke	0	2	2	2	N.S.	N.S.	N.S.

Cuadro 9A. Contrastes ortogonales para el porcentaje de follaje con clorosis de la nervadura central en portainjertos de cítricos sometidos a 45 días de asfixia radical.

Portainjerto	Superficie de la copa con clorosis de la nervadura central (%) a los 45 días		Grado de tolerancia a la asfixia radical <sup>Z</sup>
	Testigo (N1)	Inundación (N4)	
Depressa	0.32 a <sup>Y</sup>	72.31 b	S
Cleopatra	0.00 a	27.94 b	S
Sun Chu Sha	0.00 a	26.46 b	S
Sunki	0.00 a	21.98 b	S
X-639	0.00 a	18.85 b	MS
Rugoso	0.00 a	11.22 b	MS
N. Dulce	0.00 a	9.20 b	MT
Rangpur	0.00 a	3.81 a	T
Taiwanica	0.00 a	0.65 a	T
N. Agrio	0.00 a	0.32 a	T
Amblycarpa	0.00 a	0.00 a	T
Benecke	0.00 a	0.00 a	T
C-35	0.00 a	0.00 a	T
Dragón V.	0.00 a	0.00 a	T
Gou Tou Cheng	0.00 a	0.00 a	T
Hiryu	0.00 a	0.00 a	T
Macrofila	0.00 a	0.00 a	T
Carrizo	0.00 a	0.00 a	T
Volkameriana	00.0 a	00.0 a	T
Rubidoux	00.0 a	00.0 a	T
Sacaton	00.0 a	00.0 a	T
Swingle	00.0 a	00.0 a	T
Troyer	00.0 a	00.0 a	T
California	00.0 a	00.0 a	T
Yuma	0.00 a	0.00 a	T
Error estándar	0.717		

<sup>Z</sup> Con base a la manifestación de la clorosis de la nervadura central: T = Tolerante; MT = Moderadamente tolerante; MS = Moderadamente susceptible y S = Susceptible.

<sup>Y</sup> Letras diferentes dentro de filas, indica diferencia significativa del patrón inundado con su testigo correspondiente