



EVALUACIÓN DE PARÁMETROS PARA LA PROPAGACIÓN DE TRES NUEVOS PORTAINJERTOS HÍBRIDOS DE CÍTRICOS CON POTENCIAL USO COMERCIAL

Evaluation of parameters for the propagation of three new hybrid citrus rootstocks of potential commercial use

Leandro E. Cegelski¹, Víctor M. Beltrán², José E. Gaiad¹ & Paula Alayón Luaces^{1*}

Resumen: Los portainjertos son clave en la producción de frutales leñosos, ya que influyen en la precocidad, tolerancia a plagas y enfermedades y en el vigor de las plantas. En el INTA EEA Bella Vista hay árboles adultos de híbridos que se encuentran en plena producción pero que aún no han sido evaluados como portainjertos potenciales para el sector citrícola del NEA. El objetivo del trabajo fue evaluar parámetros para la propagación de tres híbridos de cítricos con potencial uso comercial. Se evaluaron las características de árboles madre y frutos, poliembrionía, y comportamiento en almácigo. También luego de 0, 45, 90 y 180 días de almacenamiento se midió porcentaje de germinación y energía germinativa de 18 plantas de 3 híbridos procedentes de cruzamientos dirigidos: mandarino 'Cleopatra' [*Citrus reshni* Hort ex Tan.] × trifolio [*Poncirus trifoliata* (L.) Raf.] (Cl×Tf), 'Citrange Troyer' [*C. sinensis* (L.) Osbeck] × trifolio [*P. trifoliata* (L.) Raf.] × mandarino común [*Citrus deliciosa* Ten.] (T×C) y naranjo agrio *Citrus aurantium* L. × mandarino 'Cleopatra' [*Citrus reshni* Hort ex Tan.] (Ag×Cl). Las plantas de menor tamaño a campo fueron las del híbrido de Ag×Cl. La combinación T×C tuvo buena cantidad de semillas y aseguró buen poder germinativo hasta 180 días almacenamiento. La alta poliembrionía de Cl×Tf aseguró la obtención de plantas nucelares in vitro.

Palabras claves: Citrus, frutales, NEA, patrones.

Summary: The rootstocks are an important section of the woody fruit scions, are key at the planification of the field because it influence on the precocity, pest and disease tolerance and on the vigor of the plants. At the INTA EEA Bella Vista there are adult trees of hybrids that are in full production but have not yet been evaluated as potential rootstocks for the NEA citrus sector. The objective of the work was to evaluate properties for the propagation of three hybrid citrus rootstocks with potential commercial use. Characteristics of mother trees and fruits, polyembryony, and seedling behavior were evaluated. Also, after 0, 45, 90 y 180 days of storage, germination percentage and energy were measured in eighteen plants from three hybrids: 1) 'Cleopatra' mandarin [*Citrus reshni* Hort ex Tan.] × trifolio [*Poncirus trifoliata* (L.) Raf.] (Cl×Tf), 2) 'Citrange Troyer' [*C. sinensis* (L.) Osbeck] × trifolio [*P. trifoliata* (L.) Raf.] × tangerina [*Citrus deliciosa* Ten.] (T×C) and 3) sour orange [*Citrus aurantium* L. × 'Cleopatra' mandarin [*Citrus reshni* Hort ex Tan.] (Ag×Cl). The smallest plants in the field were that coming from Ag×Cl hybrid. The T×C combination has a good amount of seeds and its storage behavior ensures good germination until after 180 days of harvest. The Cl×Tf hybrid was the latest to germinate, but the high presence of polyembryony ensures the obtaining of nucelar plants in nursery.

Key words: Citrus, fruits, NEA, rootstocks.

¹ Fruticultura, Facultad Ciencias Agrarias UNNE. Juan Bautista Cabral 2131 (3400) Corrientes, Argentina. E-mail: palayonluaces@yahoo.com

² INTA EEA Bella Vista, Ruta 27 - Km 38,3 (3432) Bella Vista, Corrientes, Argentina.

Introducción

La selección de los portainjertos en plantaciones frutícolas es parte de la estrategia de producción para controlar la precocidad en el ingreso a producción, resistencia a plagas y enfermedades y porte de las plantas (Palacios, 2005). Para la elección de un portainjerto es necesario tener en cuenta la influencia que el ambiente (biótico y abiótico) ejerce en las plantas, ya que son muchos los factores que afectan su comportamiento en relación con el vigor y desarrollo de la planta, producción, calidad de frutos, adaptabilidad al medio, relaciones con las características del suelo y, sobre todo, la interacción con el cultivar injertado (Agustí, 2010). En ese sentido en el mercado existen numerosos portainjertos que fueron desarrollados para cubrir estos requerimientos, sin embargo, aún es necesario encontrar aquellos que se adapten a cada región en particular.

La obtención de plantas cítricas en vivero es un procedimiento que involucra varios pasos los cuales son más o menos exitosos dependiendo del comportamiento del material vegetal. Los portainjertos cítricos se obtienen por semilla, las cuales poseen la capacidad de generar embriones somáticos (provenientes de las células nucleares maternas que rodean el saco embrionario) muy deseados por su origen asexual, los mismos pueden aparecer en mayor o menor cantidad dependiendo de la procedencia de las semillas, ya que es una característica varietal heredable (Khan et al., 1988). Si bien en la propagación de portainjertos cítricos son deseables semillas con un alto porcentaje de embriones somáticos, la frecuencia de desarrollo de plántulas nucleares puede variar según el genotipo y el ambiente (Kobayashi et al., 1981; Dhillon et al., 1993).

La calidad de las semillas utilizadas para la obtención de portainjertos presenta modificaciones en relación con el período y las condiciones de almacenamiento (Martins et al., 2007) sumado a que la viabilidad de los embriones en este período está influenciada por el genotipo.

Cuando en una región predomina el uso de un portainjerto, se corre el riesgo de

grandes pérdidas ante la posible presencia de enfermedades o problemas productivos que lo afecten. Por ello la búsqueda de portainjertos alternativos, con buen comportamiento y adaptación a cada región, es clave en las explotaciones frutícolas para lo cual es necesario la caracterización de nuevos materiales y la selección de aquellos con comportamiento promisorio.

En el Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA) Estación Experimental Agropecuaria (EEA) Bella Vista hay árboles adultos obtenidos del cruzamiento de portainjertos comerciales con aptitudes diferentes que se encuentran en plena producción y totalmente aclimatados a la región. En la búsqueda de alternativas para la mejora y diversificación de la producción frutícola del Nordeste de Argentina, la posibilidad de contar con portainjertos de cítricos adaptados a la región que confieran mejores cualidades a la producción puede ser un camino alternativo para el progreso del sector cítrico.

El objetivo del trabajo fue evaluar parámetros de propagación en tres nuevos portainjertos híbridos de cítricos con potencial uso comercial.

Materiales y Métodos

El material vegetal con el que se llevaron a cabo las evaluaciones, fueron plantas de portainjertos cítricos de 20 años, provenientes de cruzamientos que se realizaron en el INTA EEA Bella Vista (Latitud Sur: 27° 28' 27", Longitud Oeste: 58° 47' 00", 56 m de alt.) Bella Vista, Corrientes, Argentina. Se evaluaron 18 plantas de 3 híbridos procedentes de 3 cruzamientos dirigidos:

- 1) plantas de mandarina 'Cleopatra' [*Citrus reshni* Hort ex Tan.] × trifolio [*Poncirus trifoliata* (L.) Raf.] (Cl×Tf).
- 2) plantas de 'Citrange Troyer' [*C. sinensis* (L.) Osbeck] × trifolio [*P. trifoliata* (L.) Raf.] × mandarina común [*Citrus deliciosa* Ten.] (T×C).
- 3) plantas de naranjo agrio [*Citrus aurantium* (L.)] × mandarina 'Cleopatra' [*Citrus reshni* Hort ex Tan.] (Ag×Cl).

Evaluación de plantas madre

En las plantas madre se realizaron las siguientes mediciones:

- Altura de la planta (AP) en metros utilizando hipsómetro de Merrit.
- Diámetro de la copa (DC) en metros con regla graduada, en forma perpendicular al línea de plantación, proyección del vuelo de copa.
- Diámetro de tronco (DT) medida con forcípula a 50 cm desde el suelo.
- Volumen de copa (VC) en m³ utilizando la fórmula definida por Turrel (1949): $VC = 0,5236 * H * D^2$, donde H es altura de planta y D es diámetro de la copa.

Biometría de frutos y semillas

De cada árbol se tomaron al azar muestras de 20 frutos (60 por híbrido) y se midió:

- Tamaño promedio de los frutos: peso en gramos, altura y diámetro ecuatorial en mm.

Se realizó la extracción, acondicionamiento y desinfección de las semillas según protocolo de producción de semillas certificadas utilizado por la EEA INTA Bella Vista y se determinó:

- Cantidad de semillas por fruto: promedio del número de semillas de muestras de 20 frutos por planta.
- Peso de mil semillas: promedio del peso en gramos de las semillas acondicionadas para el almacenamiento, se tomaron 5 muestras de 20 semillas por híbrido.
- Cantidad de semillas por Kg: con las muestras tomadas para determinar peso de mil semillas, se determinó la cantidad de semillas por Kg.

Evaluaciones del almacenamiento de las semillas

Se cosecharon semillas de frutos maduros y sanos, las cuales fueron lavadas hasta eliminar residuos de pulpa y mucílago y posteriormente secadas a la sombra durante 3 a 4 días a temperatura ambiente (24 ± 2 °C). Las mismas fueron almacenadas en bolsas de polietileno a 5 °C durante 180 días desde cosecha. A los 0, 45, 90 y 180 días se sembraron 10 semillas por tratamiento con 4 repeticiones, las cuales fueron mantenidas en cámara de germinación a 28 ± 2 °C y 80% de HR. Cada 7 días y hasta 30 días desde

siembra se evaluaron las semillas germinadas, se tomó como criterio de germinación aquellas plántulas que emergen con todas sus estructuras esenciales, indicando que podrá desarrollarse como planta bajo condiciones favorables (FAO y AfricaSeeds, 2019) y se evaluó:

- Porcentaje de germinación (PG) = (cantidad de semillas germinadas / cantidad de semillas sembradas) × 100.
- Energía germinativa (EG): se consideró la EG como el tiempo necesario para lograr el 85% de semillas germinadas siguiendo lo establecido en el protocolo de producción de semillas certificadas del INTA EEA Bella Vista Corrientes.
- Poliembrionía: recuento de semillas con más de una plántula (expresado en %).

Evaluaciones en vivero en la etapa de almácigo

El almácigo utilizado sigue el protocolo de viveros cítricos bajo cobertura plástica (normativa 930/09 del SENASA), y dispone de condiciones óptimas para la germinación y desarrollo de los plantines (sustrato apropiado, riego, fertilizaciones y manejo fitosanitario oportunos). En estas condiciones se evaluó el comportamiento de los híbridos midiendo:

- Biomasa y partición de asimilados (PA): de cada híbrido se tomaron 9 plántulas cada 7 días desde emergencia de hojas verdaderas, se seccionaron en hojas, tallos y raíces. Los órganos individuales de cada plántula fueron pesados para obtención de peso fresco (PF) y posteriormente secados en estufa a 70 °C hasta peso constante para ser luego pesados separadamente (PS) y obtener los datos de PA. Los resultados se expresaron en mg de MS particionada. Con los pesos de materia seca obtenidos se calculó la relación entre el peso seco parte aérea (tallo + hojas) / peso seco raíces (PSA/PSR).

En todas las evaluaciones se utilizó un diseño experimental completamente al azar, y para el análisis de las variables se comprobaron los supuestos de normalidad y se realizaron los análisis de varianza y prueba de Tukey ($p \leq 0,05$) utilizando el software InfoStat® (Di Rienzo et al., 2020).

Resultados y Discusión

La caracterización de plantas madre se presenta en la Tabla 1, donde se observa que la altura promedio de planta fue de 6,06 m para T×C y 6,13 m para Cl×Tf siendo similares entre híbridos con diferencias significativas respecto a Ag×Cl cuya altura promedio fue de 4,25 m. La base de la copa de cada híbrido se estableció a la altura de ramas primarias, siendo para T×C 1,88 m y 2,13 m para Cl×Tf, los cuales superaron con diferencias significativas a Ag×Cl el cual presentó valor promedio de 1,38 m. En relación con el tallo principal, las mediciones de diámetro determinaron que Cl×Tf fue el híbrido que registró mayor valor (25,93 cm) con diferencias significativas respecto a Ag×Cl el cual presentó promedio inferior a los dos anteriores (18,52 cm). Las mediciones ubicaron a T×C con valores intermedios a los otros dos híbridos (22,92 cm) sin diferencias significativas con los anteriores.

Respecto a los diámetros de copa promedios, el de T×C fue de 5,62 m y el del híbrido Cl×Tf 5,02 m ambos significativamente mayores que Ag×Cl. Del cálculo de volumen de copa se evidenció la magnitud de la copa de los híbridos, siendo de mayor volumen T×C con 68,96 m³, seguido por Cl×Tf con 52,71 m³ y estos a su vez superaron con diferencias significativas a Ag×Cl. Las variables evaluadas de tamaño de árboles estarían reflejando la incidencia del origen génico de los híbridos. EL híbrido Cl×Tf que posee dos progenitores

contrastantes con respecto a tamaño de planta, presentó características asociadas a ‘Cleopatra’ el cual se caracteriza por ser de buen tamaño y no a trifolio que es de menor tamaño (Palacios, 2005). Por su parte en la combinación T×C el tamaño de planta, se asemejó a lo descrito para ‘Citrange Troyer’, considerado de tamaño grande (Garavello et al., 2019). En el caso de Ag×Cl, a diferencia de lo esperado, las plantas fueron las de menor tamaño a pesar de que ambos progenitores son caracterizados por ser plantas de buen tamaño (Palacios, 2005). Si bien las plantas de este híbrido fueron pequeñas en relación con los otros dos evaluados, son necesarios estudios en combinación con variedades comerciales para evaluar que comportamiento en relación al vigor le confiere este híbrido. Cabe destacar que la condición de portainjerto restrictivo imparte ventajas en lo que se refiere a los marcos de plantación en frutales ya que permiten densificar las plantaciones (más cantidad de plantas por hectárea) propiedad deseada en frutales.

En las variables medidas en frutos (Tabla 2), se observó que el diámetro ecuatorial para T×C fue 51,4 mm el cual no difiere de Cl×Tf con 53,85 mm, pero ambas combinaciones, fueron superadas significativamente por Ag×Cl (77,6 mm). En el caso de altura de frutos, los tres híbridos fueron estadísticamente diferentes, el menor valor fue en T×C con 46,8 mm, diferente a Cl×Tf con 51,95 mm y Ag×Cl presentó el mayor valor con 69,05 mm.

Tabla 1. Características de las plantas madre de tres híbridos de portainjertos cítricos. Cl×Tf: mandarino ‘Cleopatra’ × trifolio, T×C: ‘Citrange Troyer’ × mandarino común y Ag×Cl: naranjo agrio × mandarino ‘Cleopatra’. Letras diferentes en las filas indican diferencias estadísticamente significativas (Tukey (p≤ 0,05).

Table 1. Characteristics of the mother plants of three citrus rootstocks hybrids. Cl×Tf: mandarin ‘Cleopatra’ × trifolio, T×C: ‘Citrange Troyer’ × mandarin common and Ag×Cl: sour orange × mandarin ‘Cleopatra’. Different letters in the rows indicate statistically significant differences (Tukey (p≤ 0.05).

| | T×C | Cl×Tf | Ag×Cl |
|-----------------------------------|-----------------|----------------|----------------|
| Altura de planta (m) | 6,06 ± 0,15 a | 6,13 ± 0,15 a | 4,25 ± 0,15 b |
| Altura de ramas primarias (m) | 1,88 ± 0,12 a | 2,13 ± 0,12 a | 1,38 ± 0,12 b |
| Diámetro de copa (m) | 5,62 ± 0,18 a | 5,02 ± 0,18 a | 3,87 ± 0,18 b |
| Diámetro del tronco (cm) | 22,92 ± 1,05 ab | 25,93 ± 1,05 a | 18,52 ± 1,05 b |
| Volumen de copa (m ³) | 68,96 ± 3,05 a | 52,71 ± 3,05 a | 22,44 ± 3,05 b |

Tabla 2. Biometría de frutos y semillas de tres híbridos de portainjertos cítricos: Cl×Tf: mandarino ‘Cleopatra’ × trifolio, T×C: ‘Citrange Troyer’ × mandarino común y Ag×Cl: naranjo agrio × mandarino ‘Cleopatra’. Letras diferentes en las filas indican diferencias estadísticamente significativas (Tukey $p \leq 0,05$).

Table 2. Biometry of fruits and seeds of three citrus rootstocks hybrids: Cl×Tf: mandarin ‘Cleopatra’ × trifolio, T×C: ‘Citrange Troyer’ × mandarin common and Ag×Cl: sour orange × mandarin ‘Cleopatra’. Different letters in the rows indicate statistically significant differences (Tukey $p \leq 0.05$).

| | T×C | Cl×Tf | Ag×Cl |
|--|---------------------|--------------------|--------------------|
| Diámetro ecuatorial de frutos (mm) | 51,4 ± 1,05 b | 53,85 ± 1,05 b | 77,6 ± 1,05 a |
| Altura de frutos (mm) | 46,8 ± 1,02 c | 51,95 ± 1,02 b | 69,05 ± 1,02 a |
| Peso unitario de frutos (g) | 79,2 ± 1,44 b | 74,65 ± 1,44 b | 224,3 ± 1,44 a |
| Cantidad de semillas por frutos | 14,5 ± 5,77 b | 12,37 ± 5,77 b | 34,25 ± 5,77 a |
| Peso de las 1000 semillas (g) | 85,1 ± 4,61 b | 125,7 ± 4,61 a | 115,9 ± 4,61 a |
| Cantidad de semillas. Kg ⁻¹ | 11750,88 ± 397,49 a | 7945,55 ± 397,49 b | 8628,13 ± 397,49 a |

Los frutos también fueron pesados y nuevamente se obtuvieron valores similares en T×C con 79,2 g y Cl×Tf con 74,65 g, ambos híbridos fueron superados significativamente por Ag×Cl (224,3 g). Las variables evaluadas en frutos, permite inferir que los híbridos T×C y Cl×Tf presentan frutos pequeños en relación con altura, diámetro ecuatorial y peso, respecto a Ag×Cl el cual se destaca por su mayor tamaño, esta característica estaría asociada a la genética de naranjo agrio, cuyos frutos se caracterizan por ser medianos a grandes (Palacios, 2005), y estaría reflejado en el híbrido en estudio. En el híbrido T×C los valores de altura, diámetro, peso y número de semillas por frutos son similares a los obtenidos por Passos et al. (2006) en ‘Citrange Troyer’ con 44mm, 47mm, 53 g y 13,2 g respectivamente, mientras que en el híbrido Cl×Tf los valores observados fueron superiores con respecto a las mismas variables en una selección de trifolio evaluado por este mismo autor, probablemente asociado a las combinaciones génicas de ‘Cleopatra’.

Respecto a la cantidad de semillas por fruto, se observó que Cl×Tf presentó menor cantidad de semillas por fruto con 12 ± 1 unidades, seguido por T×C con 14 ± 1 unidades y los frutos con mayor cantidad de semillas fueron los de Ag×Cl con 34 ± 1 unidades. En esta variable la combinación T×C se asemeja a lo observado por Palacios (2005), quien establece que los frutos de ‘Citrange Troyer’ poseen 15 o más semillas por fruto.

El peso de las mil semillas para los híbridos fue de 85,1 g para T×C que presentó semillas de menor tamaño, mientras que, en Cl×Tf de 125,7 g, y en Ag×Cl fue de 115,9 g; sin diferencias significativas entre estos dos últimos.

Con los datos del peso de mil semillas, se calculó la cantidad de semillas por kilogramo, T×C presentó mayor número con 11.750 semillas.Kg⁻¹, sin diferencias con Ag×Cl. ‘Citrange Troyer’ tiene comportamiento intermedio en relación con esta variable (González Sicilia, 1968), mientras que mandarino común se caracteriza por poseer muchas semillas. Las combinaciones Ag×Cl presentaron 8.628, semillas.Kg⁻¹ y Cl×Tf 7.945, semillas.Kg⁻¹, en estos híbridos la cantidad de semillas por Kg presentaron valores intermedios a lo citado para los parentales, con probable incidencia de ‘Cleopatra’ de acuerdo con Anderson (1996) tiene en promedio 13000 semillas por Kg, mientras que los aportes de Ag y de Tf son menores con 7800 y 5000 respectivamente

Evaluación de semillas con distintos tiempos de almacenamiento

Poder germinativo (PG). En las evaluaciones realizadas durante el almacenamiento de las semillas, se observó que el poder germinativo de los tres híbridos fue disminuyendo a medida que las mismas se mantuvieron en condiciones de almacenamiento (Fig. 1).

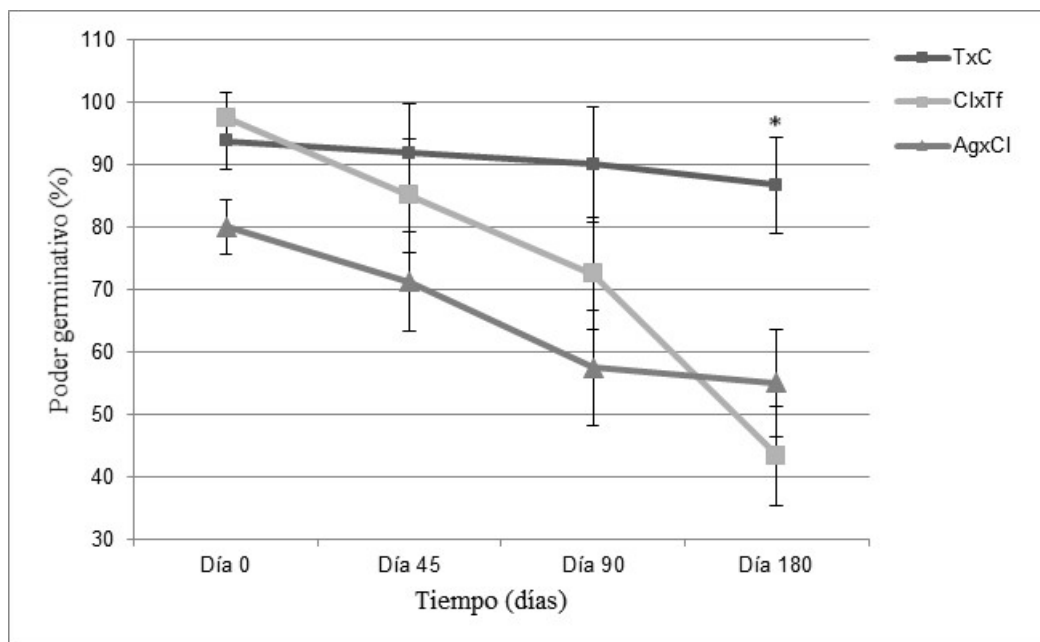


Fig. 1. Porcentaje de germinación de tres híbridos de portainjertos de cítricos: Cl×Tf: mandarino ‘Cleopatra’ × trifolio, T×C: ‘Citrange Troyer’ × mandarino común y Ag×Cl: naranjo agrio × mandarino ‘Cleopatra’, almacenados durante 45, 90 y 180 días. (*) Indica diferencias significativas.

Fig. 1. Germination percentage of three citrus rootstocks hybrids: Cl×Tf: mandarin ‘Cleopatra’ × trifolio, T×C: ‘Citrange Troyer’ × mandarín common and Ag×Cl: sour orange × mandarin ‘Cleopatra’, stored for 45, 90 and 180 days. (*) Indicates significant differences.

Se pudo observar diferencias significativas entre la combinación Ag×Cl y los dos híbridos restantes al inicio del almacenamiento, siendo menor el PG para Ag×Cl. Conforme avanzó el tiempo de almacenamiento, la pérdida del PG se observó en los tres híbridos y en la última medición (180 días) se evidenciaron diferencias significativas entre T×C y los otros dos híbridos. Fue notable que la combinación T×C mantuviera el PG aproximadamente 27% por encima de las demás combinaciones, luego de 180 días de almacenamiento. Si bien T×C no presentó el PG más elevado al inicio del ensayo, este híbrido sólo perdió el 7,5% del PG en los seis meses de estudio, mientras que Cl×Tf y Ag×Cl perdieron 45% y 25% del PG respectivamente. Esta disminución podría estar asociada diversos factores como las características tanto de Tf como de Ag de estas combinaciones, ya que según Doijode (2001) la viabilidad de las semillas estas especies disminuye rápidamente durante el almacenamiento o también el contenido de

humedad al inicio del almacenamiento ya que Villegas Monter et Andrade Rodríguez (2005) encontraron que este factor incide fuertemente en la conservación de semillas de Cl.

Energía germinativa (EG). La EG se evaluó durante 30 días y a los cero y 45 días de almacenamiento, algunos híbridos alcanzaron 85%, no así a los 90 y 180 días de almacenamiento en donde disminuyó en todos los híbridos (Fig. 2).

En la primera evaluación de cero días, el híbrido T×C alcanzó el porcentaje preestablecido (85%) a los 30 días, mientras que Cl×Tf presentó mayor EG ya que alcanzó dicho porcentaje a los 14 días. A los 45 días de almacenamiento, se observó que T×C alcanzó 85% a los 30 días, manteniendo su EG, y siendo en este caso el único híbrido que superó la línea de corte, ya que Cl×Tf no alcanzó dicho valor. A partir de los 90 y hasta los 180 días, ninguno de los tres híbridos alcanzó el porcentaje preestablecido. Una situación particular es la que presentó Ag×Cl que independientemente del tiempo de almacenamiento nunca alcanzó 85%

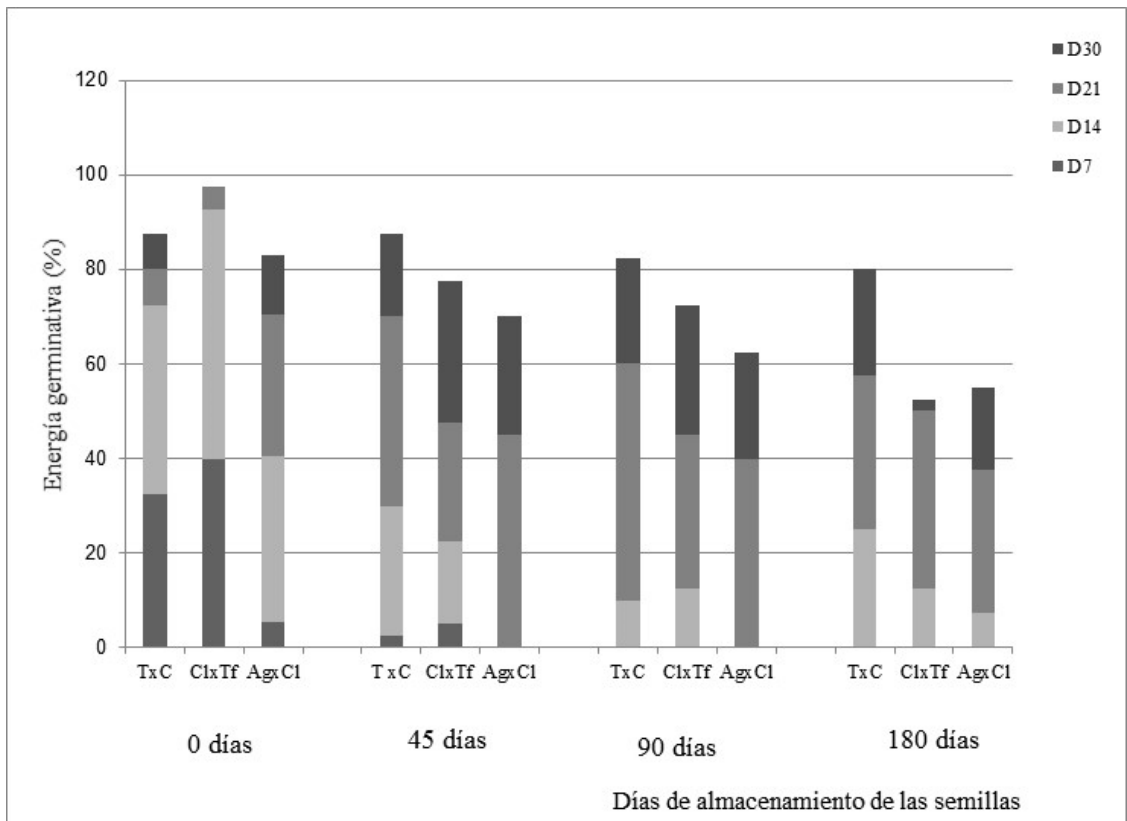


Fig. 2. Energía germinativa de tres híbridos de cítricos: Cl×Tf: mandarina ‘Cleopatra’ × trifolío, T×C: ‘Citrange Troyer’ × mandarina común y Ag×Cl: naranjo agrio × mandarina ‘Cleopatra’, almacenados durante 45, 90 y 180 días (mediciones acumulativas a los 7, 14, 21 y 30 días de sembrados en cada momento de almacenamiento).

Fig. 2. Germinative energy of three citrus rootstocks hybrids: Cl×Tf: mandarin ‘Cleopatra’ × trifolío, T×C: ‘Citrange Troyer’ × mandarin common and Ag×Cl: sour orange × mandarin ‘Cleopatra’, stored for 45, 90 and 180 days (cumulative measurements at 7, 14, 21 and 30 days after sowing at each moment of storage).

de germinación. En ensayos previos Girardi et al. (2007) indican que la emergencia de las plántulas puede variar según las especies de cítricos y cultivar, además de la temperatura del sustrato y niveles de salinidad.

Comportamiento de los híbridos en almácigo

Biomasa y partición de asimilados (PA). La evaluación de la calidad de las plántulas en vivero permite cuantificar los atributos morfológicos asociados al potencial de crecimiento y desarrollo de estas. Para evaluar la calidad de las plántulas es recomendable la determinación de varias variables conjuntas que combinen altura, diámetro del tallo, desarrollo de hojas, tamaño de raíz y peso de materia seca entre otras posibles

(Takoutsing, 2013). En este trabajo se observó el comportamiento de tres híbridos en etapa de almácigo respecto a la partición de asimilados en hojas, tallos y raíces, como se describe en la Tabla 3. En la primera fecha de medición (5 semanas post siembra) el híbrido Cl×Tf iniciaba la emergencia de las plántulas, por lo que esta combinación no fue evaluada, y en contraparte, este híbrido es el único que aparece en la última medición (11 semanas post siembra), debido a su retardado desarrollo inicial. Este retraso en el desarrollo de las plántulas, sumado a las características de las combinaciones génicas que forman este híbrido, se reflejó en menores valores de materia seca de los tres órganos evaluados durante todo el ciclo evaluado, aunque sin

diferencias significativas con los otros híbridos excepto en la semana 6 en la materia seca de las hojas y en la semana 10 en donde el desarrollo de raíces de Cl×Tf fue significativamente menor respecto a los otros dos híbridos. Si bien el desarrollo fue más lento, luego de 11 semanas se obtuvieron plántulas de este híbrido con buen tamaño para el repique a línea de injertera. La menor acumulación de materia seca para el híbrido Cl×Tf, coincide con lo descrito para trifolío y sus híbridos que son portainjertos menos vigorosos y que retrasan su crecimiento vegetativo con pequeñas fluctuaciones de temperaturas, (Oliveira et al., 2005) a lo que se suma la combinación con ‘Cleopatra’, el cual según Palacios (2005) es un portainjerto de lento crecimiento en almácigo y vivero.

Para los híbridos T×C y Ag×Cl, se realizaron mediciones desde la semana 5 post siembra,

encontrándose mayor acumulación de biomasa en las hojas de Ag×Cl en las semanas 5 y 7, luego de la cual se igualó al desarrollo de las hojas de T×C, manteniendo este comportamiento hasta la semana 10. En relación con el desarrollo de los tallos solo se encontró diferencia entre estos dos híbridos en la semana 6, sin diferencias en las otras semanas. En relación al desarrollo de raíces se observó que, excepto en la semana 6, en todas las evaluaciones el desarrollo de raíces fue significativamente mayor para Ag×Cl respecto a T×C. Esta diferencia en la partición de fotoasimilados entre híbridos se refleja en la relación peso seco de materia seca parte aérea/raíces (PMSA/PMSR), donde claramente se establece que en las condiciones del ensayo, el híbrido Ag×Cl vio favorecido la partición de asimilados hacia el desarrollo de raíces en comparación con los otros dos híbridos evaluados.

Tabla 3. Biomasa y partición de asimilados (en mg), de tres híbridos de portainjertos de cítricos durante la etapa de almácigo en vivero. Cl×Tf: mandarino ‘Cleopatra’ × trifolío, T×C: ‘Citrange Troyer’ × mandarino común y Ag×Cl: naranjo agrio × mandarino ‘Cleopatra’. Letras diferentes en las filas indican diferencias estadísticamente significativas (Tukey p≤ 0,05).

Table 3. Biomass and assimilates partition (in mg), of three citrus rootstocks hybrids during the nursery seedling stage. Cl×Tf: mandarin ‘Cleopatra’ × trifolío, T×C: ‘Citrange Troyer’ × mandarin common and Ag×Cl: sour orange × mandarin ‘Cleopatra’. Different letters in the rows indicate statistically significant differences (Tukey p≤ 0.05).

| Tiempo desde siembra | Híbrido | T×C | Ag×Cl | Cl×Tf |
|----------------------|---------|-------------------|------------------|-----------------|
| 37 días | Hoja | 17,33 ± 1,82 b | 28,00 ± 1,89 a | 0 |
| | Tallo | 10,22 ± 0,86 a | 11,44 ± 0,96 a | 0 |
| | Raíz | 11,57±1,49 b | 18,55 ± 1,60 a | 0 |
| 44 días | Hoja | 36,00 ±2,95 a | 33,66 ± 2,55 a | 18,88 ± 1,59 b |
| | Tallo | 20,44± 0,98 a | 14,11 ± 1,58 b | 12,22 ± 2,53 b |
| | Raíz | 23,66 ±3,11 a | 26,77 ±2,01 a | 15,67 ±1,98 b |
| 51 días | Hoja | 35,44 ±2,10 b | 47,43 ± 3,15 a | 24,99 ± 1,18 b |
| | Tallo | 22,10 ± 0,99 a | 19,33 ± 1,15 ab | 15,66 ± 1,18 b |
| | Raíz | 23,22 ±4,29 b | 51,76 ± 5,21 a | 22,11 ± 3,92 b |
| 57 días | Hoja | 60,66 ± 5,93ab | 73,77 ± 6,03a | 47,44 ± 4,89b |
| | Tallo | 31,55 ± 2,96 a | 35,11 ± 3,56 a | 23,11 ± 3,07 a |
| | Raíz | 32,88 ± 4,79 b | 91,53± 5,67 a | 28,44 ±3,07 b |
| 65 días | Hoja | 76,54 ± 6,08 ab | 79,54 ± 6,74 a | 52,99 ± 5,77 b |
| | Tallo | 40,58 ± 3,06 a | 36,32 ± 3,45 a | 32,99 ± 2,95 a |
| | Raíz | 58,21 ± 5,94 b | 92,99 ± 6,45 a | 36,33 ± 3,89 b |
| 72 días | Hoja | 143,64 ± 22,01 ab | 150,00 ± 12,10 a | 74,22 ± 9,10 b |
| | Tallo | 90,32 ± 11,94 a | 90,99 ± 10,47 a | 53,05 ± 8,77 b |
| | Raíz | 108,97 ± 10,07 b | 147,64 ± 9,67 a | 60,77 ± 6,97 c |
| 78 días | Hoja | 0 | 0 | 125,09 ± 15,51a |
| | Tallo | 0 | 0 | 82,76 ± 8,22 a |
| | Raíz | 0 | 0 | 109,53 ± 7,81 a |

La relación peso seco de materia seca parte aérea/raíces (PMSA/PMSR) permite caracterizar el balance entre la superficie transpirante (parte aérea) y absorbente de la planta (raíces) (Thompson, 1985). En la Tabla 4 se presentan los resultados de este cociente durante el desarrollo del ensayo en vivero durante 11 semanas para los tres híbridos evaluados. Al igual que lo observado para las determinaciones de PA los híbridos T×C y Ag×Cl germinaron antes respecto a Cl×Tf. La relación PMSA/PMSR del híbrido T×C fue siempre mayor a 2 y más elevados respecto a los otros híbridos durante todo el ciclo de desarrollo en almácigo, lo que estaría indicando que para esta combinación hubo mayor flujo de fotoasimilados para el desarrollo de la parte aérea de la plántula. Valores similares fueron encontrados por Arrieta Ramos et al. (2014) en el desarrollo del portainjerto Limón ‘Volkameriano’ en vivero, que se caracteriza por ser un portainjerto vigoroso. En contraste el híbrido Ag×Cl siempre presentó los valores más bajos para esta relación, revelando menor distribución de fotoasimilados hacia el desarrollo de hojas y tallo, y más hacia raíz, comparado con los otros dos híbridos estudiados. Cuando la relación es favorable a las raíces, refleja la capacidad de estas para soportar la biomasa aérea, no solo para el anclaje sino también para

absorber agua y nutrientes del suelo. Indica mayor capacidad de absorción y almacenamiento de agua, lo cual es ventajoso especialmente en condiciones de humedad limitada en el suelo. Si bien estos índices son indicadores del comportamiento de las plantas en los primeros estadios de desarrollo en vivero y dan indicios de la distribución de los fotoasimilados, los valores y el comportamiento deberían determinarse en cada especie, teniendo en cuenta las condiciones ambientales y de manejo de cada vivero (Bayala et al., 2009).

Poliembrionía

La poliembrionía es una característica importante y utilizada agrónomicamente en los portainjertos de cítricos, ya que permite obtener plantas provenientes de embriones nucelares que mantienen las características de la planta madre. El número de embriones en una semilla varía con la edad de la planta madre, estado nutricional y fisiológico de la misma, polen progenitor, posición de las ramas en el árbol, carga de frutos y factores ambientales (Frost et Soost, 1968).

Un menor número de embriones por semilla, favorece el aumento en tamaño y la tasa de germinación de embriones de origen sexual (Soares Filho et al., 2000). En este

Tabla 4. Relación peso seco de materia seca parte aérea/ raíces (PMSA/PMSR) promedio en gramos, de tres híbridos de portainjertos de cítricos durante la etapa de almácigo en vivero. Cl×Tf: mandarino ‘Cleopatra’ × trifolio02., T×C: ‘Citrange Troyer’ × mandarino común y Ag×Cl: naranjo agrio × mandarino ‘Cleopatra’. Letras diferentes en las filas indican diferencias estadísticamente significativas (Tukey $p \leq 0,05$).

Table 4. Ratio of dry matter weight aerial part/roots (PSA / PSR) average in grams, of three citrus rootstocks hybrids during the nursery seedling stage. Cl×Tf: mandarino ‘Cleopatra’ × trifolio02., T×C: ‘Citrange Troyer’ × mandarin common and Ag×Cl: sour orange × mandarin ‘Cleopatra’. Different letters in the rows indicate statistically significant differences (Tukey $p \leq 0.05$).

| Tiempo desde siembra | T×C | Ag×Cl | Cl×Tf |
|----------------------|---------------|---------------|----------------|
| 37 días | 2,38 ± 0,57 a | 2,13 ± 0,62 a | - |
| 44 días | 2,39 ± 0,56 a | 1,78 ± 0,45 a | 1,98 ± 0,45 a |
| 51 días | 2,48 ± 0,30 b | 1,29 ± 0,35 a | 1,84 ± 0,58 ab |
| 57 días | 2,80 ± 1,31 b | 1,19 ± 0,73 a | 2,47 ± 0,93 ab |
| 65 días | 2,01 ± 0,38 b | 1,25 ± 0,21 a | 2,37 ± 0,41 b |
| 72 días | 2,15 ± 0,21 b | 1,63 ± 0,18 a | 2,09 ± 0,77 b |
| 78 días | - | - | 1,94 ± 0,61 a |

trabajo la cuantificación de la poliembriónía, fue presencia/ausencia de más de una planta por semilla, en porcentaje sobre el total de semillas puestas a germinar. Como se observa en la figura 3, T×C presentó el valor más bajo de poliembriónía con 7,4%, siendo éste, muy cercano al arrojado por Ag×Cl con 9,3 %, sin diferencias estadísticas entre ambos híbridos. Por su parte, el híbrido Cl×Tf fue el que se destacó en este sentido, presentando 44,4% de semillas poliembriónicas, coincidiendo con lo citado por Ramos et al. (2006) en trifolío (31,5%) y por Andrade-Rodríguez et al. (2003) en ‘Cleopatra’ (84.8%).

Se observó que en la combinación

Ag×Cl la lámina de las hojas fueron siempre unifolioladas, presentando las hojas definitivas pecíolo alado coincidiendo con lo citado por Palacios (2005), como característica propia de naranjo agrio. En las combinaciones T×C y Cl×Tf se observaron hojas trifoliadas en todos los casos. En T×C, está presente ‘Citrangle Troyer’ que es un híbrido proveniente de plantas de trifolío y en la combinación Cl×Tf está presente trifolío como progenitor, por lo cual el comportamiento coincide con lo esperado ya que esta característica de presencia de hojas trifoliadas, es gobernada por un carácter dominante (Cameron et Frost, 1968, Garcia et al., 1999).

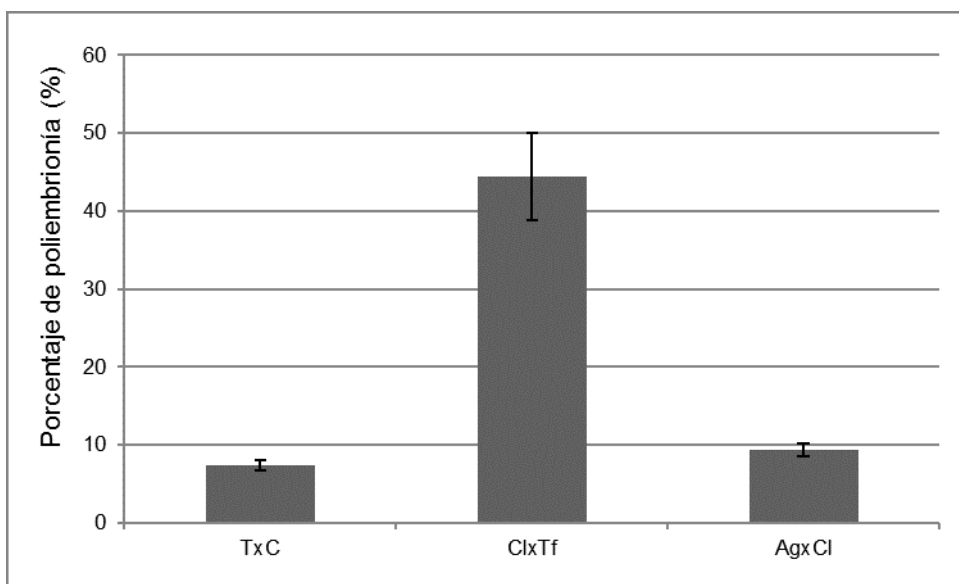


Fig. 3. Poliembriónía en semillas de tres híbridos de portainjertos de cítricos: T×C: ‘Citrangle Troyer’ × mandarino común, Cl×Tf: mandarino ‘Cleopatra’ × trifolío y Ag×Cl: naranjo agrio × mandarino ‘Cleopatra’.

Fig. 3. Seeds polyembryony of three citrus rootstocks hybrids: T×C: ‘Citrangle Troyer’ × mandarin common, Cl×Tf: mandarin ‘Cleopatra’ × trifolío and Ag×Cl: sour orange × mandarin ‘Cleopatra’.

Conclusiones

En esta primera etapa de evaluación se concluye que los híbridos estudiados tienen buen comportamiento general en vivero.

Las plantas de menor tamaño a campo fueron las del híbrido de Ag×Cl, por su parte la combinación T×C tiene buena

cantidad de semillas y su comportamiento en almacenamiento asegura buen poder germinativo hasta luego de 180 días de cosechado.

El híbrido Cl×Tf fue el más tardío en germinar, pero el de mayor presencia de poliembriónía por lo que asegura la obtención de plantas nucelares en vivero.

Bibliografía

- AGUSTÍ, M. (2010). Fruticultura, Ed. Mundi-Prensa Libros, España.
- ANDERSON, C. (1996). Almácigos y vivero, Manual para productores de naranja y mandarina. Disponible en: (https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta_manual_citricultura_cap5.pdf).
- ANDRADE-RODRÍGUEZ, M., VILLEGAS-MONTER, A. & GARCÍA-VELÁZQUEZ, A. (2003). Características morfológicas del fruto y poliembrionía de tres portainjertos de cítricos. *Revista Chapingo Serie Horticultura* 9: 255-263. <https://doi.org/10.5154/r.rchsh.2001.10.067>
- ARRIETA RAMOS, B. G., VILLEGAS MONTER, A., RODRÍGUEZ MENDOZA, M. N. & LUNA ESQUIVEL, G. (2014). Desarrollo en vivero de portainjertos de cítricos con malformación de raíz. *Revista Chapingo Serie Horticultura* 20: 29-39. <https://doi.org/10.5154/r.rchsh.2012.06.034>
- BAYALA, J., DIANDA, M., WILSON, J., OUEDRAOGO, S. J. & SANON, K. (2009). Predicting field performance of five irrigated tree species using seedling quality assessment in Burkina Faso West Africa. *New Forests* 38: 309-322. <https://doi.org/10.1007/s11056-009-9149-4>
- CAMERON, J. W. & FROST, H. B. (1968). Genetics, breeding, and nucellar embryony. En *The citrus industry*. Berkeley, pp. 325-370. University of California.
- DI RIENZO, J. A., CASANOVES, F., BALZARINI, M. G., GONZALEZ, L., TABLADA, M., ROBLEDO & C. W. INFOSTAT (2020). Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. (<http://www.infostat.com.ar>).
- DHILLON, R. S., KAUNDAL, G. S. & CHEEMA, S. S. (1993). Nucellar embryony for propagating *Citrus*. *Indian Horticulture* 38: 44-45.
- DOIJODE, S. D. (2001). Tropical and subtropical fruits - citrus fruits (*Citrus* spp.). En DOIJODE S. D. (ed.), *Seed storage of horticultural crops*, pp. 23-40. Haworth Press Inc., New York, USA.
- FAO y Africa Seeds (2019). Materiales para capacitación en semillas - Módulo 3: Control de calidad y certificación de semillas. Roma.
- FROST, H. B. & SOOST, R. K. (1968). Seed reproduction: development of gametes and embryos. En Reuther, W., Batchelor, L. D. & H. J. Webber (eds.), *The Citrus Industry*, Vol. 2, pp. 290-324. Division of Agriculture and Science, University of California Press, Berkeley.
- GARAVELLO, M. F., BELTRÁN, V. M. & KORNOWSKI, M. V. (2019) Catálogo de portainjertos cítricos. Ediciones INTA 10 p. Disponible en: https://inta.gob.ar/sites/default/files/catalogo_de_variedades_de_portainjerito.pdf
- GARCIA, M. R., ASINS, M. J., FORNER, J. & CARBONELL, E. A. (1999). Genetic analysis of apomixis in *Citrus* and *Poncirus* by molecular markers. *Theoretical and Applied Genetics* 99: 511-518. <https://doi.org/10.1007/s001220051264>
- GIRARDI, E. A., ALVES MOURÃO FILHO, F. A., KLUGE, R. A. (2007). Effect of seed coat removal and controlled-release fertilizer application on plant emergence and vegetative growth of two citrus rootstocks. *Fruits* 62: 13-19. <https://doi.org/10.1051/fruits:2006044>
- GONZÁLEZ SICILIA, E. (1968). El cultivo de los agrios. Ed. Bello Valencia, España.
- KHAN, I. A. & ROOSE, M. L. (1988). Frequency and characteristics of nucellar and zygotic seedlings in three cultivars of trifoliolate orange. *Journal of American Society for Horticultural Science* 113: 105-110.
- KOBAYASHI, S., IEDA I. & NAKATANI, M. (1981). Role of the primordium cell in nucellar embryogenesis in citrus. *Proceedings of 4th International Citrus Congress*. International Society of Citriculture, Tokyo, pp. 44-48.
- MARTINS, L., RODRIGUES DA SILVA, W. & DO LAGO, A. A. (2007). Conservação de sementes de tangerina ‘Cleopatra’: teor de água e temperatura do ambiente. *Revista Brasileira de Sementes* 29: 178-185. <https://doi.org/10.1590/S0101-31222007000100025>
- OLIVEIRA, R. P., SCIVITTARO, W. B., BORGES, R. S., NAKASU, B. H. (2005). Sistema de produção de Mudanças de citros. Pelotas: Embrapa Clima Temperado (Sistemas de produção, 1). (<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Citros/MudançasdeCitros/index.htm>).
- PALACIOS, J. (2005). *Citricultura*. Ed. Talleres Gráficos ALFA BETA S. A, Tucumán.
- PASSOS, O. S., PEIXOUTO, L. S., SANTOS, L. C., CORREA CALDAS, R. C. & SOARES FILHO, W. S. (2006). Caracterização de híbridos de *Poncirus trifoliata* y dos outros porta-enxertos de citros no Estado da Bahia. *Revista Brasileira de Fruticultura* 28: 410-413. <https://doi.org/10.1590/S0100-29452006000300016>
- RAMOS, J. D., ARAUJO NETO, S. E., ARBEX DE CASTRO, N. E., CARUANA MARTINS, P. C. & GUIMARÃES CORREIA, M. (2006). Poliembrionía y caracterización de frutos de ‘Swingle’ y *Poncirus trifoliata*. *Ciência e Agrotecnologia* 30: 88-91. <https://doi.org/10.1590/S1413-70542006000100012>

- SOARES FILHO, W. S., MOREIRA, C. S., CUNHA, M. A. P., CUNHA SOBRINHO, A. P. & PASSOS, O. S. (2000). Poliembrionia e frequência de híbridos em *Citrus* spp. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília 35: 857-864.
<https://doi.org/10.1590/S0100-204X2000000400025>
- TAKOUTSING, B., TCHOUNDJEU, Z., DEGRANDE, A., ASAAH, E., GYAU, A., NKEUMOE, F. & TSOBENG, A. (2013). Assessing the quality of seedlings in small-scale nurseries in the Highlands of Cameroon: the use of growth characteristics and quality thresholds as indicators. *Small-scale Forestry* 12: 1-13
- THOMPSON, B. (1985). Seedling morphological evaluation. What you can tell by looking. En M. Duryea (ed.), *Evaluating seedling quality: principles, procedures, and predictive abilities of major tests*, pp. 59-71. Oregon State University, Corvallis (Oregon).
- TURRELL, F. M. (1949). *Tables of surfaces and volumes of spheres and of prolate and oblate spheroids, and spheroidal coefficients*. Ed. University of California Press, Berkeley (<http://agris.fao.org/agrissearch/search.do?recordID=US201300355308>).
- VILLEGAS MONTER, A. & ANDRADE-RODRÍGUEZ, M. (2005). Secado y almacenamiento de semillas de mandarina ‘Cleopatra’. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 40: 79-85.
<https://doi.org/10.1590/S0100-204X2005000100011>