

UNIVERSIDAD DE LA REPUBLICA
FACULTAD DE AGRONOMIA

**“INFLUENCIA DE LA NUTRICION MINERAL EN
LA INCIDENCIA DEL ‘CREASING’ EN NARANJA
‘WASHINGTON’ NAVEL [*CITRUS SINENSIS* (L.)
OSBECK]”**

por

Adriana Telias

Tesis presentada como uno de los
requisitos para obtener el título de
Ingeniero Agrónomo (Orientación
Producción Vegetal Intensiva)

MONTEVIDEO
URUGUAY
2001

Tesis aprobada por:

Directores: Alfredo Gravina
 Héctor Arbiza
 Domingo Martínez

Fecha: 27 de abril del 2001.

Autor: Adriana Telias

AGRADECIMIENTOS

Al grupo de Fisiología de citrus y a mi familia por su apoyo.

TABLA DE CONTENIDOS

	PAGINA
PAGINA DE APROBACION	II
AGRADECIMIENTOS	III
LISTA DE CUADROS Y FIGURAS	IV
<u>1. INTRODUCCION</u>	1
<u>2 REVISION BIBLIOGRAFICA</u>	2
2.1 INTRODUCCION	2
2.2 CREASING	5
<u>2.2.1 Descripción del desorden</u>	5
<u>2.2.2 Factores involucrados en la incidencia del desorden</u>	8
2.2.2.1 Carga de fruta	8
2.2.2.2 Grosor de la cáscara	8
2.2.2.3 Clima	8
2.2.2.4 Riego	9
2.2.2.5 Posición del fruto	10
2.2.2.6 Factores genéticos	10
2.2.2.7 Nutrición mineral	11
<u>2.2.3 Control del ‘creasing’</u>	17
<u>3. MATERIALES Y METODOS</u>	20
3.1 ANALISIS FOLIAR	20
3.2 EVALUACION DE INCIDENCIA	20
3.3 ANALISIS MINERAL DE CASCARA	21
3.4 ANALISIS ESTADISTICO	21
<u>4. RESULTADOS</u>	22
4.1 ANALISIS FOLIAR	22
4.2 ANALISIS DE CASCARA	22
<u>4.2.1 Frutos enteros</u>	22
<u>4.2.2 Análisis por zonas</u>	24
4.3 INCIDENCIA DE ‘CREASING’	24
<u>5) DISCUSION</u>	25
<u>6) CONCLUSIONES</u>	29
<u>7) RESUMEN</u>	30
<u>8) BIBLIOGRAFIA</u>	31

LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES

	PAGINA
Cuadro 1. Concentración foliar de cinco macronutrientes y relación K/Ca en terminales no fructíferos para los tres tratamientos de control de 'creasing'.	22
Cuadro 2. Pesos frescos de fruto y de cáscara.	22
Cuadro 3. Análisis mineral de cáscara de frutos enteros con y sin 'creasing'.	23
Cuadro 4. Análisis mineral de cáscara por zona de fruto. Promedios por tratamiento.	24
Cuadro 5. Incidencia de 'creasing' en cosecha. Promedios por tratamiento.	24
Figura 1. Contenido de K en cáscara de frutos enteros con y sin 'creasing'. Promedios por tratamiento.	23

1. INTRODUCCIÓN

La citricultura es el principal rubro hortifrutícola en el Uruguay, con una superficie aproximada a las 20.000há y una producción que alcanzó en 1999 las 299.121T (Furest,J.P., com. pers.). Un 50% del total producido corresponde a naranjas, de las cuales la tercera parte pertenece al grupo navel. El objetivo principal de la producción de cítricos en el país es la exportación de fruta fresca, lo cual implica lograr un producto de muy alta calidad de acuerdo a estándares internacionales. En 1999 se alcanzó un porcentaje exportable para el total de las naranjas del 50%. En el caso específico del grupo navel, existen diversas causas que provocan una disminución en la proporción de fruta exportable, lo que ha llevado a que en el año 1999, solo un 35% haya alcanzado la calidad requerida. Las principales causas de descarte en naranja navel son el rameado y el 'creasing', determinando este último, porcentajes de hasta 40% de fruta afectada (Gravina, 1998).

El 'creasing' es un desorden fisiológico que afecta a los frutos cítricos, fundamentalmente naranjas. En Uruguay la naranja navel es la variedad que presenta una mayor incidencia del desorden. Se han realizado numerosos estudios en distintos países acerca de las causas y su control, pero su origen es aún controvertido. El desorden ha sido asociado con factores tales como la carga de fruta, grosor de la cáscara, posición del fruto en la planta, manejo del riego, factores genéticos, climáticos y nutricionales, sin alcanzarse resultados consistentes en la mayoría de los casos.

El objetivo del presente trabajo es estudiar las posibles asociaciones entre los niveles de macronutrientes en hojas y cáscara de frutos con la incidencia del 'creasing'. Los resultados obtenidos podrán contribuir al conocimiento de las aún poco precisadas causas del desorden, así como también aportar elementos para definir medidas más ajustadas para su control.

2. REVISION BIBLIOGRAFICA

2.1 INTRODUCCIÓN

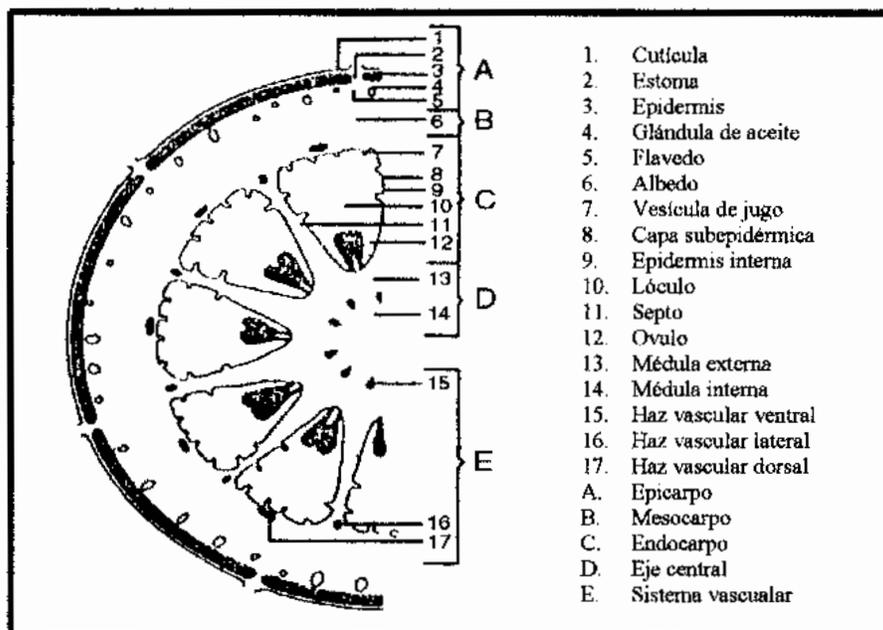
El fruto de los cítricos es una baya típica llamada hesperidio. En él se pueden distinguir el pericarpo y las semillas. El pericarpo está formado por:

- Exocarpo o flavedo, que es la región más externa y constituye la parte visible de la corteza, formada por células epidérmicas de color verde cuando el fruto es inmaduro y naranja o amarillo, según la especie, en la madurez.
- Mesocarpo o albedo, que es la región situada debajo del exocarpo, formado por un tejido blanco, esponjoso, de células parenquimáticas. Junto con el exocarpo constituye la corteza del fruto propiamente dicha.
- Endocarpo, que es la capa más interna del pericarpo y delimita tangencialmente los lóculos. Estos están rellenos de las vesículas de jugo y delimitados radialmente por unas delgadas membranas, formadas a partir de la epidermis interna de los carpelos, denominadas septos.

Las semillas se encuentran en el interior del endocarpo (González-Sicilia y Schneider, citados por Agustí *et al.*, 1995).

De acuerdo con Holtzhausen (1969), el fruto está dividido en tres áreas principales: la cáscara (epi y mesocarpo), endocarpo y eje central.

Representación esquemática de una sección transversal ecuatorial de un fruto de 'Washington' navel en plena floración (Holtzhausen, 1969)



Bain (1958), en un estudio realizado en naranja 'Valencia', determina que el crecimiento de un fruto cítrico presenta una curva sigmoide y puede ser dividido en tres etapas. La etapa I se extiende desde anthesis hasta el final de la caída fisiológica de los frutos y se caracteriza por un rápido crecimiento del fruto provocado por la división celular, con el consiguiente aumento del número de células en todos sus tejidos en desarrollo, excepto del eje central. El incremento de tamaño durante este período se debe principalmente a un incremento en el grosor de la cáscara. La etapa II es un período de rápido incremento en tamaño que se da por división celular y elongación en el caso de la epidermis y el flavedo externo, pero solo por expansión celular en el caso del albedo y el flavedo interno. El aumento de tamaño se debe principalmente a un aumento del volumen de la pulpa. El espesor de la cáscara alcanza su máximo al principio de esta etapa, y luego va disminuyendo debido a la presión ejercida por el endocarpo en expansión. La etapa III corresponde a la fase de maduración, en esta etapa el aumento de tamaño también se da por un aumento del tamaño de células, pero es más lento que en la etapa anterior.

Storey y Treeby (1999), en un trabajo sobre el crecimiento de naranjas navel, concluyen que el crecimiento a largo plazo del fruto o de sus partes constituyentes, expresado como peso o volumen, puede ser modelado por funciones sigmoideas simples. La transición entre las etapas I y II es el momento en el que se alcanza el máximo espesor de la cáscara.

Los frutos cítricos son afectados por una serie de desórdenes fisiológicos, tales como bufado, 'splitting' y 'creasing' entre otros. Grierson (1981) define como desorden fisiológico a toda enfermedad no parasítica que afecta a la fruta cítrica. Este autor clasifica a los desórdenes en aquellos de precosecha (dentro de los que incluye a los de origen nutricional y los relacionados con el clima), maduración, cosecha y por último aquellos vinculados con la postcosecha.

A continuación se describe brevemente aquellos desórdenes fisiológicos que presentan importancia a nivel comercial y que podrían tener cierta relación con el 'creasing'.

- **Bufado ('puffiness')**: implica la separación de la pulpa y la corteza y tiene su origen en un hinchamiento de esta última provocado por la humedad ambiente. Es raro en naranjas, pero ocurre con frecuencia en cultivares tipo mandarinas. Generalmente se manifiesta en la planta, dificultando el manejo de la fruta, pero también puede desarrollarse durante el almacenamiento. Algunos factores involucrados en su ocurrencia son la madurez avanzada, el vigor de la planta y el clima, particularmente la irregularidad en la disponibilidad de agua. Estudios realizados en Japón muestran que el bufado tiene un origen dual; por un lado la reducción por causas indeterminadas del albedo, y por otro el hinchamiento del flavedo por humedecimiento externo. La aplicación de giberelinas ha logrado una reducción del

bufado, pero al costo de que se presenten problemas de coloración de frutos (Grierson, 1981).

- **Rajado ('splitting')**: Implica el rajado de frutos y generalmente se desarrolla desde la zona estilar y alcanza, o incluso se extiende más allá de la zona ecuatorial del fruto. El origen del rajado de frutos todavía no está claro, reportándose como posibles causas los cambios climáticos, déficits hídricos estacionales, desbalances nutricionales, y varios agentes patogénicos. Una mezcla de GA₃ y 2,4-DP reduce significativamente el porcentaje de frutos afectados de mandarina 'Nova'. El nitrato de calcio tiene efectos similares pero es inefectivo en cuadros con baja incidencia de rajado (Almela *et al.*, 1994).
- **'Rind staining'** en naranjas navel: este desorden es primariamente un problema de fin de estación que resulta de un ablandamiento de la cáscara y que la vuelve susceptible a la abrasión mecánica. Las investigaciones realizadas demuestran que las dosis altas de N, así como el uso de ciertos portainjertos, determinan mayor aparición de este desorden. Las aplicaciones precosecha de giberelinas disminuyen la susceptibilidad de la fruta a la aparición de 'rind staining' (Coggins y Eaks, 1964).
- **'Rind breakdown'** en naranjas navel: el daño en la cáscara durante la fase de maduración puede ser provocado por lluvias conjuntamente con o inmediatamente seguidas de bajas temperaturas, pudiendo existir liberación de aceite interna y externamente, conjuntamente con el colapso de células epidérmicas, sin incluso decaimiento visible de las glándulas de aceite, lo cual resulta en manchas marrón amarillento a marrón oscuro. El hongo *Colletotrichum gloeosporioides* puede encontrarse generalmente en la superficie de las heridas, siendo una causa secundaria del daño. La incidencia es menor en árboles jóvenes y en aquellos en los que se aplica 2,4-D. Algunas prácticas culturales que permitirían disminuir la incidencia del desorden serían la creación de resistencia al frío en la planta y los frutos a través de la extensión del período entre riegos y la rápida y adecuada protección contra bajas temperaturas, así como permitir el secado lento de la fruta durante el procesamiento en la planta de empaque (Klotz *et al.*, 1966).
- **'Water spot'**: es un problema típico de las naranjas navel producidas bajo condiciones usualmente húmedas y luego sometidas a períodos anormalmente húmedos y frescos. También las lluvias prolongadas, después del cambio de color del fruto y cuando se ha iniciado la senescencia, provocan la aparición de este daño sobre la corteza. Todo lo que retarde la maduración de las células epidérmicas, particularmente pulverizaciones con aceites, pueden acentuar el problema (Grierson, 1981). Este desorden ocurre cuando las células epidérmicas han sufrido rupturas por endosmosis y su origen está en la absorción de agua desde el exterior. La extensión de la cáscara aparentemente no es suficiente para acompañar el aumento en volumen del fruto a medida que éste madura en climas húmedos. La absorción de agua

aumenta el volumen de la fruta más allá de la elasticidad de la cáscara, causando por lo tanto diminutas heridas a través de las cuales el agua penetra rápidamente, desarrollándose áreas con manchas húmedas con pequeñas heridas visibles (Klotz, 1978).

2.2 CREASING

2.2.1 Descripción del desorden

Dentro del grupo de las naranjas, y especialmente en aquellas del grupo navel, el 'creasing' se presenta como un desorden fisiológico muy importante como causal de descarte de fruta para exportación. De acuerdo con la evaluación de causas responsables de descarte de naranja 'Valencia' en plantas de empaque de Israel en los años 1973 y 1974 (Buch, citado por Monselise *et al.*, 1976) el 'creasing' fue la principal, provocando un 26% de descarte en promedio para la temporada. Datos recopilados por Gravina (1998) a partir de información publicada por Martínez (1995) y datos suministrados por Supino, E. (com. pers.) sobre la incidencia de este desorden en Uruguay muestran la importancia del 'creasing', siendo este desorden y el rameado de fruta las dos causas más importantes de descarte en naranjas del grupo navel.

Porcentajes de 'creasing' en diferentes variedades cítricas en plantas de empaque en Uruguay.

VARIEDAD	% DE 'CREASING'
Naranjas navel	20-40
Naranja 'Valencia'	5-10
Ellendale	10-20
Ortanique	0-15

Fuente: Gravina, 1998.

El término 'creasing' proviene del inglés 'crease', que significa pliegue, arruga, describiendo el aspecto de la fruta afectada, cuya cáscara presenta acanaladuras o estrías, desmereciéndola como fruta de exportación.

Se ha encontrado que el 'creasing' ocurre por la formación de lagunas, principalmente en el albedo, con el consecuente hundimiento del flavedo suprayacente a medida que se alcanza la madurez (Miller y Turnbull, El-Nabawy *et al.* y Klotz, citados por Abadalla *et al.*, 1984.). El 'creasing' se desarrollaría como una serie de eventos de desintegración celular en las capas de tejidos subepidérmicos de la cáscara del fruto en

desarrollo. Estos autores distinguen seis etapas en el desarrollo de este fenómeno, correspondiéndose la primera etapa con la diferenciación en el albedo de dos o más células contiguas de sus vecinas por la expansión de las mismas, con una laceración de la capa intercelular como consecuencia de la fuerza ejercida por las células expandidas. Evidencias de la ocurrencia de esta primera fase en el desarrollo del desorden se obtienen en este trabajo 28 días después del cuajado. En las siguientes etapas ocurren fenómenos tales como la laceración de los componentes celulares (fase II, con frutos de 42 a 56 días después de cuajado), expansión de los síntomas en diversas direcciones, observándose finalmente depresión del flavedo (fase VI), síntoma que se vuelve pronunciado a los 252 días luego del cuajado en el caso de naranja 'Baladi'. En el caso del limón y la lima dulce el proceso se detiene en la fase V, es decir, previo a que se dé la manifestación externa del desorden (Abadalla *et al.*, 1984).

Monselise *et al.* (1976) llevan a cabo estudios acerca de la actividad de enzimas que degradan las paredes celulares de los tejidos del albedo, dado que las fracturas observables en los tejidos afectados son presumiblemente provocadas por separación de células. Los resultados obtenidos al comparar la actividad pectolítica en tejidos con y sin 'creasing' de frutos de naranja 'Valencia Late' en la madurez muestran un incremento en comparación con las etapas más tempranas de desarrollo del fruto, pero este incremento es más notorio en los tejidos con 'creasing', siendo la actividad enzimática a fines de mayo (hemisferio norte) el doble a la que se observa en los tejidos normales. Los cambios en las pectinas, sustrato natural de las pectinmetilesterasas, muestran una disminución de los contenidos totales en tejidos con y sin 'creasing'. Concomitantemente, se produce una disminución del peso específico de los tejidos del albedo, la cual es nuevamente mayor en los tejidos con 'creasing', posiblemente debido a un aumento en los espacios intercelulares. En cuanto al metabolismo de las proteínas, encuentran que la mayor actividad pectolítica en los tejidos de frutos afectados probablemente se encuentra asociada con un incremento en la producción de proteína, de tal forma que ambas pueden ser inhibidas, al menos en parte, por un inhibidor de la síntesis proteica. El contenido de proteína en el albedo de frutos previamente tratados con giberelina en diciembre es aún considerablemente mayor en abril, con respecto a frutos no tratados, lo cual indica un estado más temprano en el proceso de senescencia. Sin embargo, la actividad específica de las proteínas es menor, indicando una mayor renovación en los tejidos afectados, probablemente debido a una mayor producción de sistemas enzimáticos involucrados en la degradación de la cáscara. Estos mismos autores plantean visualizar este desorden dentro de un contexto más amplio de patrones de crecimiento y senescencia de los frutos cítricos; los tejidos del albedo que se vuelven más esponjosos con el progreso de la maduración del fruto, son los sitios característicos de ruptura. El desarrollo de estas hendiduras está relacionado con la degradación de pectinas, menor conexión entre células, alcanzando su máxima manifestación en mandarinas "de cáscara suelta", en las que la cáscara se encuentra completamente separada de la pulpa, provocando un severo estado de bufado que vuelve al fruto

inadecuado para su comercialización. Según estos autores, el 'creasing' parece ser un paso inicial hacia el completo bufado.

Jona *et al.*, 1989, en un estudio microscópico de la cáscara y análisis químico llevado a cabo en naranja 'Valencia', confirman la reducción en el contenido de pectinas en las paredes celulares y la existencia de algunas diferencias morfológicas en otoño en los frutos con 'creasing'. Cuando el contenido de hemicelulosa y pectina representa más de un 80% de los polisacáridos de la pared, los frutos no se ven afectados; pero cuando el mismo se encuentra entre 70 y 80%, es posible observar síntomas a nivel microscópico.

El examen del proceso de decaimiento del albedo por microscopía electrónica muestra que durante la fase I de crecimiento del fruto, en la cual el aumento de tamaño se da principalmente por división de las células del albedo, el tejido es muy compacto. Luego de que cesa la división celular las células se vuelven fuertemente lobuladas, y en las uniones entre células las paredes se extienden formando protuberancias tubulares. Con la extensión de estos "brazos" se observa que parte de la pared celular se separa de las células vecinas dejando conexiones residuales entre células que pudieran ser material de la pared celular. El albedo continúa expandiéndose por extensión de los brazos tubulares, principalmente en el plano periclinal. En la maduración, la textura esponjosa del tejido se debe a los grandes espacios intercelulares que tienden a formar cavidades de aire con una orientación radial en el tejido. Cuando la presión ejercida por el crecimiento del fruto no es aliviada por crecimiento del tejido, se producen rupturas en el albedo, observándose que las células que bordean dichas heridas se separan por la laminilla media, dejando los restos de los brazos de células interconectadas. A medida que la cáscara se expande y se deforman las células, se observa material celular gelatinoso extendiéndose entre las células. La separación de los brazos de las células algunas veces ocurre sin producirse daños importantes en las mismas, de tal forma que éstas conservan su turgencia, pero claramente muchas células sufren daños irreparables y algunas pierden su turgencia, colapsando las paredes celulares. Las micrografías sugieren que las rupturas se producen en el albedo por un debilitamiento de las conexiones entre las células, más que por una fractura brusca de las paredes celulares. El punto más débil en la arquitectura de la matriz del albedo parece ser la región de la laminilla media en la unión de dos células. Las rupturas se producen a lo largo de capas de células y espacios de aire en una dirección radial, normal a la dirección del estrés. En el caso del albedo, los grandes espacios de aire explican el tan irregular arreglo de los surcos producidos (Storey y Treeby, 1994). En este trabajo los autores concluyen que los resultados no parecen sugerir que la aparición del 'creasing' se encuentre relacionada con una modificación de la capa de cera epicuticular y con un consecuente cambio en la tasa de intercambio de agua a través de la cutícula

2.2.2 Factores involucrados en la incidencia del desorden

Varios factores han sido propuestos como posibles participantes en la ocurrencia del 'creasing', aunque en la mayoría de los casos no se cuenta con evidencias concluyentes. A continuación se presentan dichos factores y los resultados de investigación con los que se cuenta en el presente.

2.2.2.1 Carga de fruta

Se ha reportado que la carga de fruta afecta la incidencia del 'creasing' (Le Roux y Crous; citados por Holzhausen, 1981), asociándose altas cosechas con una mayor incidencia del desorden. Según Jones *et al.* (1967), la incidencia de 'creasing' es aún más variable que los rendimientos. Estos autores encontraron valores de coeficiente de variación de entre 9 y 85% para la incidencia del desorden. El coeficiente cambia año a año para una localidad dada, y también de localidad a localidad para un año dado, encontrándose generalmente en el entorno del 60% para los datos de un solo año. Este valor contrasta con coeficientes de variación de 30% para el rendimiento y de 5% para los sólidos solubles. Los resultados obtenidos por Treeby *et al.* (1995) no muestran que exista relación entre la carga de fruta en naranja 'Bellamy' injertada sobre siete portanjeritos y la incidencia de 'creasing'. En dicho estudio, la mayor cosecha se produjo en el tercer año del experimento, pero casi un 40% de la fruta cosechada en ese año no presentó síntomas del desorden, comparado con un 24% registrado en el año de menor cosecha por árbol. Gambetta *et al.* (2000) tampoco encuentran relación entre la carga de fruta y el porcentaje de 'creasing' en naranja 'Washington' navel.

2.2.2.2 Grosor de la cáscara

Reitz y Koo (1959) observan que la fruta más afectada por el desorden es aquella con cáscara más delgada. Por otro lado una importante reducción en la incidencia del 'creasing' es lograda por Greenberg *et al.* (1996) con la aplicación de NAA, tratamiento que determina la producción de frutos de mayor tamaño y mayor grosor de cáscara. Anwar *et al.* (2000) indican que para las condiciones de California, el grosor de la cáscara en el mes de octubre, explicaría el 60% de la variación en la incidencia del 'creasing' en cosecha. Sin embargo Treeby *et al.* (2000) no encuentra que el grosor de la cáscara influya sobre la expresión del desorden.

2.2.2.3 Clima

Jones *et al.* (1967) obtienen datos de porcentaje de frutos con 'creasing' en 27 árboles durante 10 años, conjuntamente con registros diarios de temperatura. El único

aspecto de la temperatura que se encuentra significativamente correlacionado con el 'creasing' es el rango entre mínima y máxima para dos períodos específicos. El primero considera el rango entre la mínima media para junio y la máxima media para julio (hemisferio Norte). Este es el período de 'june drop' e inicio de la fase II de crecimiento del fruto. El segundo período considera el rango entre la mínima media para el período comprendido entre el 15 de diciembre y el 15 de enero y la máxima media para el período comprendido entre el 15 de enero y el 15 de febrero. Estos autores no encuentran una explicación clara de porqué estos dos períodos son críticos para la manifestación del 'creasing', pero concluyen que el rango de temperatura, más que la temperatura *per se*, estaría relacionado con el 'creasing'.

Treeby *et al.* (1995) encuentran que las temperaturas máximas medias a mediados de verano en un año de bajo 'creasing' presentan menores variaciones, con una menor proporción de días en los que se superan los 40°C, y menor precipitación que en los años de alta incidencia del desorden.

Los resultados obtenidos por Gambetta *et al.* (2000) en lo que se refiere a las condiciones climáticas muestran que para el período comprendido entre octubre y diciembre (hemisferio sur), los años de alta incidencia de 'creasing' coinciden con una mayor humedad relativa promedio que la del año de baja incidencia. En ese mismo período, no se encuentra relación con las temperaturas medias, las mínimas o máximas promedio ni con la amplitud térmica. Durante el período de cambio de color de la fruta (abril y mayo), la humedad relativa promedio también es mayor en aquellos años de alta incidencia de 'creasing', registrándose además temperaturas medias más altas en el mes de abril.

2.2.2.4 Riego

Los resultados sobre el efecto del riego en la incidencia del 'creasing' han sido contradictorios. Miller y Turnbull, citados por Jones *et al.* (1967) encuentran una mayor incidencia de 'creasing' en frutos de árboles regados que en aquellos sin riego, encontrándose más fruta afectada cuanto mayor es la tasa de riego. Sin embargo, Le Roux y Crous, también citados por Jones *et al.* (1967) no observan ningún efecto del riego en la incidencia del 'creasing' en ensayos realizados en Sudáfrica. Por otro lado, Mathews, citado por Holtzhausen (1981) encuentra menos 'creasing' en los árboles regados.

González-Altozano y Castel (1999) estudiaron el efecto del riego con déficit regulado (RDI) en mandarina 'Clementina de Nules'. Los tratamientos consistieron en un testigo, en el cual el riego se aplicó sin restricción (125% ET) durante todo el año y tratamientos de RDI en los que el riego se redujo al 50 y 25% de la evapotranspiración del cultivo durante uno de los siguientes períodos: 1) floración y cuajado, 2) fase inicial

de crecimiento del fruto y 3) crecimiento final del fruto y maduración. Un tratamiento adicional consistió en la aplicación de 50% ET durante todo el año. Los tratamientos de riego reducido durante el otoño (3) provocan la aparición de 'creasing' para ambos niveles de RDI en el primer año del experimento (1995), siendo mayor la severidad en el caso de 25% de ET. En 1996 sin embargo, menos del 1% de la fruta es afectada por 'creasing' en cualquiera de estos dos tratamientos. Estos resultados se deben analizar teniendo en cuenta que en 1995 la precipitación anual fue de 249mm y la Eo anual fue 1698mm, mientras que en 1996 los valores fueron de 409mm y 1644mm respectivamente.

De acuerdo con Treeby *et al.* (2000) la incidencia de 'creasing' en plantas de naranja 'Washington' navel es significativamente menor cuando la mitad de la zona radicular se deja secar por períodos extensos de tiempo antes de alternar el lado regado, comparado a árboles irrigados en forma convencional, en ambos lados.

2.2.2.5 Posición del fruto

En un estudio de la relación entre la zona del árbol y el 'creasing' llevado a cabo durante tres años, Jones *et al.* (1967), encuentran que bajo las condiciones del sur de California, los frutos en la mitad sur del árbol presentan en general mayor incidencia de 'creasing' que aquellos en la mitad orientada al norte, y son además los primeros en manifestar el desorden. En este mismo trabajo los autores exponen que el 'creasing' se desarrolla primero en la cara orientada hacia el tronco, y es por lo tanto menos severo en la cara expuesta del fruto. Este desarrollo inicial del 'creasing' se encontraría relacionado con el gradiente radial de temperatura a lo largo del fruto, y por lo tanto a un estrés hídrico diferencial.

Gilfillan *et al.* (1981), en este caso trabajando en el hemisferio sur, obtienen mayores porcentajes de 'creasing' en la cara sur de la planta. Esto indica una gran inconsistencia entre los resultados sobre la influencia de este factor.

Los resultados obtenidos por Gravina *et al.* (1998), muestran que el 'creasing' aparece predominantemente en la cara del fruto enfrentada al tronco y en la zona más exterior de la planta. En el 98% de los casos el 'creasing' se presenta en la cara interna de los frutos, mientras que un 72% de los frutos afectados se ubica en los 50cm exteriores de la copa.

2.2.2.6 Factores genéticos

a) Variedad

Jones *et al.* (1967), a partir de datos de 10 años de incidencia de 'creasing' y rendimiento de 27 árboles tratados uniformemente, concluyen que podría haber algún factor genético involucrado en la aparición del desorden, y que a través de la selección sería posible obtener clones altamente productivos y con relativamente baja incidencia de 'creasing'. También es sabido que ciertos cultivares, tal como "Mediterranean sweet", presentan tendencia a la presencia de 'creasing' y que han virtualmente desaparecido debido a esta razón (Holtzhausen, 1981).

Como ya fue mencionado, existen grandes diferencias en el porcentaje promedio de 'creasing' a nivel nacional entre diferentes especies y variedades (Gravina, 1998). Entre las naranjas, especie que presenta en general mayor incidencia del desorden, se registran porcentajes más altos en el caso de naranjas navel (20-40%), en comparación con 'Valencia' (5-10%). El limón, en el otro extremo, es una especie en la que el 'creasing' raramente se manifiesta.

b) Portainjerto

El 'creasing' se manifiesta más en plantas sobre citrange Troyer que sobre limón rugoso (Lee y Holmden citados por Holtzhausen, 1981; Gilfillan *et al.*, 1981), siendo este último uno de los portainjertos que infieren mayor vigor a la copa.

Sin embargo, Treeby *et al.* (1995) realizan un completo trabajo de comparación de siete portainjertos en relación con el 'creasing' y encuentran un comportamiento diferente. Los resultados permiten ordenarlos de acuerdo a la incidencia de 'creasing' de la siguiente manera: naranjo dulce < mandarino Cleopatra < trifolia < citranges Carrizo y Troyer < limón rugoso < lima de Rangpur. Los portainjertos influyen la distribución por tamaño, pero no se registra una interacción entre portainjerto y tamaño de fruta sobre la incidencia del 'creasing', por lo tanto, la influencia sobre la incidencia del desorden no se da a través de una modificación en la proporción de fruta de un determinado tamaño. El mecanismo por el cual el portainjerto ejerce su influencia no es conocido, existiendo varias hipótesis al respecto.

2.2.2.7 Nutrición mineral

a) Evaluación del estado nutricional.

El método más usado para la evaluación del estado nutricional de las plantas es el análisis de plantas, que consiste en la determinación de la concentración de un elemento o fracción del mismo en una muestra proveniente de una parte de la planta muestreada en determinada etapa de su desarrollo. Se han propuesto varias formas de interpretar los resultados del análisis de plantas, siendo la más conocida aquella que consiste en

comparar la concentración de determinado nutriente en la muestra problema con un valor crítico estándar para ese nutriente y cultivo. Otra forma de interpretar los resultados consiste en relacionarlos a un rango de suficiencia dentro del cual el suministro de nutrientes sería adecuado (Barbazán y Zamalvide, 1997). Existen dos escuelas de muestreo a nivel mundial, una de ellas desarrollada por Embleton, que utiliza la hoja de un brote de primavera sin fruto (HnF), de 3 a 5 meses de edad, y la otra desarrollada por Chapman, que emplea la hoja de un brote de primavera con fruto terminal (HF), de 4 a 10 meses de edad. Ambas formas de extraer la muestra presentan sus ventajas y desventajas; en principio con el muestreo de HF se cometen menos errores al seleccionar la hoja, siendo más fácil de identificar el tipo de brotación. En contraste, con el muestreo de HnF se debe ser experimentado en la selección del tipo de brotación que corresponde, es más rápido de llevar a cabo y se puede realizar en plantas jóvenes que aún no han entrado en producción. Dado que las concentraciones de los nutrientes en las hojas varían con la edad, las muestras deben ser tomadas cuando se presenten las menores variaciones en el contenido de nutrientes. Estas variaciones son función de las condiciones locales, además de las propias de la combinación portainjerto-variedad., por lo cual el período óptimo de muestreo debe ser determinado según investigaciones locales (Goñi, 1997).

Estandar foliar para hoja no fructífera.

	Deficiente	Bajo	Satisfactorio	Alto	Exceso
N (%)	<2.2	2.20-2.30	2.40-2.60	2.7-2.80	>2.80
P (%)	<0.09	0.09-0.11	0.12-0.16	0.17-0.29	>0.30
K (%)	<0.40	0.40-0.69	0.70-1.09	1.10-2.00	>2.30
Ca (%)	<1.60?	1.6-2.9	3.0-5.5	5.6-6.9	>7.0
Mg (%)	<0.16	0.16-0.25	0.26-0.60	0.70-1.1	>1.20?

Fuente: Embleton *et al.* (1978)

Los resultados obtenidos por Mara *et al.* (1982), para naranja 'Valencia Late' sobre pie trifolia en la zona de Salto sobre formación Salto, muestran que el período de mayor estabilidad de los niveles de N, P y K en hoja fructífera y no fructífera son los meses de abril a junio (hojas de 7 a 9 meses).

A nivel nacional se cuenta con los valores presentados por Mara *et al.* (1982) para naranja 'Valencia' sobre trifolia. En el caso del N, el promedio de los niveles foliares asociados con máximos rendimientos para los cuatro ensayos NP y NPK en el año 1978, arroja un valor de N de 2.23% para el promedio de los años 1975 y 1976. Este nivel se situaría pues muy próximo a la zona donde se superponen los estándares de Embleton y Chapman. Se comienzan a encontrar efectos depresivos en la zona próxima a la denominada como nivel alto por Embleton y niveles deficientes en la zona próxima a la denominada como deficiente por Chapman. Para el caso del P, no se dispone de

información local como para comparar la validez de ambos estándares para la zona. A pesar de que los rangos satisfactorios para el K están en uno de los estándares por encima de 0.68 y en el otro por encima de 1.0, la bibliografía coincide en que por encima de niveles foliares de 0.4 HF (0.7 HnF.) se produce un ligero aumento de producción por incremento de tamaño de fruta y la decisión de agregar o no K reside básicamente en el efecto esperado sobre la calidad de la fruta, fundamentalmente el tamaño. Se observa que al pasar de menos de 0.4 a más de 0.6% se produce un incremento muy significativo en el cuajado de frutos. No existe todavía la información que permita determinar el nivel mínimo de K por sobre el cual este efecto no se produce.

b) Nitrógeno

El N afecta el rendimiento y muchos aspectos de calidad de la fruta. En cuanto al tamaño de fruta, estos autores indican que el mismo se incrementa al elevarse el nivel en hojas de brotes no fructíferos desde un 2.0 a un 3.0%. El número de frutos cosechados y el rendimiento se ven afectados en forma positiva fundamentalmente con un incremento desde 2.0 a 2.4%. En lo que refiere a la coloración de los frutos, el aumento en los contenidos de N foliares produce un mayor reverdecimiento de la fruta, mayor tiempo hasta el cambio de color y una disminución en la superficie cubierta por coloraciones anaranjadas. Los mayores contenidos de N también aumentan la incidencia del 'rind staining' en naranjas navel, determinan un mayor espesor de la cáscara y determinan una leve reducción del 'creasing' (Embleton *et al.*, 1978).

Los primeros resultados conocidos sobre el efecto de este nutriente en la aparición del desorden indican que los bajos niveles están asociados con una incidencia severa, mientras que se observa una baja incidencia con la aplicación de altas dosis (Le Roux y Crous, citados por Holtzhausen, 1981), resultados que concuerdan con los obtenidos por Reitz y Koo (1959). Jones *et al.* (1967) en un experimento factorial en el que se evaluaron tres dosis de fertilizante nitrogenado y tres dosis de fertilizante potásico aplicados al suelo, observan que un incremento en la dosis de N reduce el 'creasing' cuando no se aplica K, pero no tiene un efecto significativo con la dosis alta de K. A su vez, un aumento sustancial en la tasa de K reduce la incidencia solo cuando no se agrega N. No se indican efectos aditivos del N y del K en dicho experimento. Otro estudio realizado por los mismos autores en naranja 'Valencia', no muestra efectos consistentes de año en año, y solo en dos de los seis años evaluados los efectos de la fertilización nitrogenada son significativos. En otro experimento, también con naranja 'Valencia', se cuantifica menor incidencia de 'creasing' en las parcelas tratadas anualmente con urea foliar en julio, agosto y noviembre (hemisferio norte). Sin embargo, este tratamiento en particular resulta en bajos rendimientos, lo que, según los autores, puede ser la causa de la baja incidencia del desorden. Entre los tratamientos de aplicación de N al suelo, 11b de N por planta produce menor incidencia que 21b. Las aplicaciones fraccionadas de N resultan en una menor proporción de frutos con 'creasing' que las aplicaciones únicas en febrero. No se registran diferencias significativas entre los efectos del $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ y de la

urea en la incidencia del desorden. Los autores concluyen que los resultados obtenidos en estos experimentos muestran la ausencia de efectos consistentes de la dosis de N en la incidencia de este desorden fisiológico. Los resultados, sin embargo, sugerirían que las aplicaciones de N en febrero resultan en una mayor aparición del desorden que las aplicaciones realizadas en verano, ya sea únicas o fraccionadas. En lo que refiere a características de los frutos con 'creasing', se obtienen mayores concentraciones de N en la cáscara de frutos afectados, respecto a frutos sanos.

Experimentos realizados en Israel por Bar Akiva (1975) muestran que los tratamientos que incluyen un fertilizante foliar de fórmula 8-10.5-0 (mezcla de $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$ + $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$ acuosos), ya sea solo, o en combinación con KNO_3 , reducen el 'creasing' más eficientemente que el KNO_3 solo en la mayoría de los experimentos. Los análisis de calidad de fruto revelan que este producto reduce el peso del fruto e incrementa los sólidos solubles. Los resultados del análisis foliar muestran un leve pero no significativo aumento en el contenido de N en hojas de brotes fructíferos; 2.12% en el testigo y entre 2.2 y 2.3% en los tratamientos con 8-10.5-0. El valor en el testigo puede considerarse bajo, mientras que el de los tratamientos se encuentra en el rango normal de acuerdo con Chapman (1960). El P pasa desde 0.103% en el testigo a valores entre 0.108 y 0.113% en los tratamientos, encontrándose en este caso el testigo y los tratamientos dentro del rango bajo. Las aplicaciones de KNO_3 incrementan la concentración de K en las hojas, siendo el valor en el testigo 0.551% y 0.606% para uno de los tratamientos incluyendo el fertilizante foliar mencionado, valores que pueden considerarse bajos de acuerdo con Chapman (1960). Los resultados no dejan claro si la reducción del 'creasing' se debe al efecto de los NH_4^+ y del PO_4^{3-} actuando conjuntamente, o si es solo la acción del ion NH_4^+ . La menor efectividad lograda cuando se aplicó un fertilizante foliar de fórmula 12.5-5.5-0 estaría sugiriendo un efecto del ion PO_4^{3-} , lo que contradice reportes sobre el efecto del P sobre la incidencia del 'creasing'. El incremento en la acidez del fruto debido al 8-10.5-0 se asemeja al efecto producido por el ion NH_4^+ , al igual que la disminución en el tamaño de fruto provocada por este tratamiento, aunque este último efecto también podría ser atribuible al PO_4^{3-} . El aumento de los sólidos solubles parece un efecto del NH_4^+ , dado que se ha observado que fuentes amoniacales aplicadas al suelo afectaron en forma similar a naranjas 'Valencia'.

c) Fósforo

El número de frutos cosechados y el rendimiento pueden ser incrementados por un aumento de los niveles de P hasta valores de 0.13% en hojas de brotes no fructíferos (Embleton *et al.*, 1973). Se puede esperar una disminución del tamaño de fruta al incrementar los niveles de P desde 0.10 a 0.15%. Los mayores niveles de P también se encuentran asociados con cáscaras más finas y con mayores probabilidades de ocurrencia de reverdecimiento de la cáscara. En lo que refiere al 'creasing', estos autores citan que la incidencia del mismo se incrementa con aumentos de las concentraciones

del nutriente hasta 0.14%, no existiendo ningún efecto con incrementos por encima de este valor.

Los bajos contenidos foliares de P pueden ser provocados por altas aplicaciones de N, lo que resulta en cáscaras gruesas y poco 'creasing' (Le Roux y Crous, citados por Holtzhausen, 1981). Fourie y Joubert, citados por Holtzhausen (1981) reportan que la aplicación de P, especialmente en ausencia de K, agrava la incidencia del 'creasing'. También en experimentos realizados por Jones *et al.*, (1967) se observa, a partir de experimentos factoriales con P, K y dolomita, que las aplicaciones al suelo de P incrementan la incidencia del 'creasing'. Existe una interacción significativa entre el P y el K. Estos autores también evalúan el efecto de la aplicación de diferentes dosis de P, partiendo de árboles inicialmente deficientes en este nutriente, observándose que ocurre un incremento significativo en la incidencia del 'creasing' solamente cuando el P aumenta desde un nivel de deficiencia para el rendimiento (0.115% HnF) hasta un mínimo adecuado (0.126%). Dado que a nivel comercial se deben mantener niveles adecuados de P, los autores concluyen que este nutriente no tiene un efecto de importancia económica en este experimento. Se encuentran mayores concentraciones de P en la cáscara de frutos con 'creasing' respecto a frutos sanos (Jones *et al.*, 1967).

Haas, citado por Holzhausen (1981), reporta que el albedo contiene menos P que el flavedo y que altos niveles de P determinan cáscaras finas y por lo tanto más 'creasing'.

Gambetta *et al.* (en prensa) encuentran mayores concentraciones de P en la cáscara de los frutos con 'creasing'.

d) Potasio

Con contenidos de K por debajo de 0.7% en hojas de brotes no fructíferos, se puede reducir el cuajado de frutos e incrementar la caída de fruta precosecha, produciendo ambos fenómenos una reducción en los rendimientos obtenidos. Un incremento en el contenido de K en hojas generalmente determina un aumento en el tamaño de fruta. Debido a los efectos del K sobre el tamaño de fruta y el número de frutos cosechados, un incremento en el K en el rango entre 0.3 y 0.7% tiene un muy fuerte efecto sobre los aumentos de rendimiento. Un aumento por encima de 0.7% incrementa el peso de la cosecha debido a los efectos sobre el tamaño de fruta. En cuanto a aspectos de calidad de fruta, un aumento en los niveles de K dentro del rango entre 0.3 y 1.7% puede tener algún efecto adverso sobre la textura y determinar un excesivo grosor de la cáscara, mayor tiempo hasta el cambio de color y reverdecimiento. El 'creasing', si se presenta, es usualmente reducido mediante un incremento en los niveles de K (Embleton *et al.*, 1978).

En lo que refiere a este nutriente, Sites y Deszyck (citados por Holtzhausen, 1981), encuentran que el porcentaje de 'creasing' disminuye considerablemente a

medida que aumenta la concentración de K en la solución a aplicar. Sin embargo, concentraciones superiores a 8% de K_2O no tienen efectos importantes en el porcentaje de 'creasing'. Fourie y Joubert (citados por Holtzhausen, 1981) reportan que el K disminuye la incidencia de 'creasing', pero el efecto no es consistente y varía año con año. Por otro lado, Jones *et al.* (1967) determinaron que las aplicaciones al suelo de K_2SO_4 disminuyen la incidencia del 'creasing', pero solo cuando no se aplica N. Según estos mismos autores la aplicación foliar de KNO_3 determina aumentos significativos en la concentración de N y K en hojas post-tratamiento, así como una reducción significativa en el porcentaje de fruta con 'creasing', resultados coincidentes con los obtenidos en Israel por Bar Akiva y Gotfried y Safran (citados por Bar Akiva, 1975). Sin embargo, en experimentos realizados por Bar Akiva (1975) y Monselise *et al.* (1976), no se obtienen reducciones en la incidencia del desorden con la aplicación de este producto. Los resultados obtenidos por Gravina *et al.* (1998), no demostraron un efecto positivo de la aplicación de KNO_3 y de sales potásicas. Según estos últimos autores la falta de respuesta puede justificarse dado que se parte de plantas con niveles medios a altos de este nutriente.

Mayores contenidos de K en la cáscara de frutos con 'creasing' son reportados por Jones *et al.* (1967) y Gambetta *et al.* (2000).

De acuerdo con Anwar *et al.* (2000), el grosor de la cáscara y la concentración de K en el momento de máximo grosor, explican un 65% de la variación del 'creasing' en cosecha.

e) Calcio

Los resultados obtenidos por Jones *et al.* (1967), muestran mayores contenidos de Ca en la cáscara de los frutos sin 'creasing', resultados que no son confirmados por Gambetta *et al.* (2000).

Storey y Treeby (1999), trabajando con árboles adultos, con una historia de 'creasing' severo y frecuente, obtienen mayores relaciones K/Ca y Mg/Ca durante la fase I de desarrollo del fruto, comparado con frutos de árboles jóvenes.

Treeby *et al.* (2000) encuentran reducciones del orden de 25 al 30% en la incidencia del desorden con la aplicación de Ca foliar, no mejorándose el control con la combinación con ácido giberélico, siendo el momento más efectivo inmediatamente luego de finalizada la división celular.

f) Magnesio

De acuerdo con Jones *et al.* (1967), la aplicación de dolomita no tiene un efecto significativo sobre el 'creasing'. Estos mismos autores obtienen mayores contenidos de

este nutriente en la cáscara de los frutos sin 'creasing'. Gambetta *et al.* (2000) no encuentra diferencias en la concentración de Mg en cáscara entre frutos sanos y afectados.

2.2.3 Control del 'creasing'

Es este apartado no se incluirá todo lo referente al control del 'creasing' mediante la aplicación de nutrientes, lo que ya fue presentado en puntos anteriores.

El ácido giberélico (GA_3) es usado ampliamente en el mundo para el control de desórdenes en la cáscara de los frutos durante los períodos de pre y postcosecha. Cuando se aplica GA_3 a árboles de naranja navel aproximadamente dos semanas antes del cambio de color, se logra un enlentecimiento del ablandamiento de la cáscara y un retraso en la toma de color. Cuanto antes se realice la aplicación mayor será el efecto sobre el ablandamiento, pero si la aplicación se realiza al iniciarse el cambio de color, puede que no se alcancen coloraciones buenas de los frutos. El ácido giberélico provoca un retraso significativo en la pérdida de clorofila y reduce la tasa de acumulación de pigmentos carotenoides (Coggins, 1981). Estudios histológicos muestran que la fruta tratada con GA_3 presenta una cáscara con una estructura similar a aquella de la fruta más joven (Coggins, 1969). Según El-Otmani y Coggins, citados por Zaragoza (1996) el modo en que el ácido giberélico retrasa la senescencia de la cáscara es a través de una disminución en la tasa de acumulación de cera y retardando los cambios en la ultraestructura de la misma.

Se han estudiado los cambios bioquímicos asociados con la senescencia natural y la retrasada con GA_3 en la cáscara de naranjas navel, observándose una mayor incorporación de O_2 , mayor tasa respiratoria, un retraso en la acumulación de azúcares, menor relación $K/(Ca+Mg)$ y mayor nivel de P. Estos resultados implican que la acción de la GA_3 se da a través de la preservación de más mitocondrias y membranas plasmáticas funcionales (Lewis *et al.*, 1967). Un trabajo realizado en níspero muestra un retraso en el ablandamiento del fruto con la aplicación de GA_3 debido al efecto de esta fitohormona en el metabolismo de la pared celular, retrasando o inhibiendo los cambios que acompañan el ablandamiento del fruto (Ben-Arie *et al.*, 1996).

Las giberelinas producen modificaciones sensibles en la extensibilidad de las paredes celulares, planteándose numerosas hipótesis que explican cómo las paredes celulares podrían perder rigidez y hacerse más flexibles tras la aplicación de GA_3 . Entre otros efectos las giberelinas inducen la síntesis de polímeros, influyen en la penetración del Ca e inhiben la secreción de peroxidasas en las paredes celulares (Azcon-Bieto y Talón, 1993).

El ácido giberélico ha sido recomendado para el control de múltiples desórdenes que afectan a los cítricos, entre los que se pueden mencionar al rajado (Rabe y Van Rensburg, 1996; Almela *et al.* 1994), bufado de las mandarinas (Agustí *et al.*, 1998), 'rind breakdown' (Klotz *et al.*, 1966), 'rind staining' (Coggins y Eaks, 1964), 'peel pitting' (Zaragoza *et al.*, 1996) y 'water spot' (Riehl *et al.* y Coggins y Hield, citados por Klotz, 1978).

En lo que refiere al 'creasing' en particular, existen varios trabajos que demuestran que se puede lograr un control efectivo del mismo con el uso de GA₃. Monselise *et al.* (1976), trabajando con naranja 'Valencia' en Israel, concluyen que los mejores resultados se obtienen cuando la aplicación se realiza entre mediados de junio y mediados de julio (diámetro promedio de frutos entre 30 y 40mm) y nuevamente, aunque con una eficiencia un tanto menor en noviembre y diciembre (frutos aproximadamente de 50-60mm). Las lecturas del penetrómetro muestran que los tratamientos que causan una menor incidencia de 'creasing' generalmente aumentan la fuerza necesaria para producir rupturas en la cáscara, comparando con el testigo o con los tratamientos menos exitosos de aplicación de GA₃. El control logrado es similar con los tratamientos realizados en julio o en noviembre, sin embargo la aplicación de GA₃ en noviembre inhibe considerablemente el desverdizado natural de los frutos, y no debería por lo tanto, ser usado con fines comerciales. En este trabajo el KNO₃ se presenta como un pobre coadyuvante de la giberelina. Los mejores resultados se obtienen con la aplicación en julio de una mezcla conteniendo 20mg.L⁻¹ de GA₃, 4% de fosfato de amonio (8:10,5:0), 1% de hidróxido de amonio y 0.025% de un agente mojante. La efectividad del GA₃ en el control es también confirmada en Israel por Jona *et al.* (1989), quienes logran una reducción del 'creasing' en naranja 'Valencia' con una aplicación en verano (20mg.L⁻¹).

Gilfillan *et al.* (1981), trabajando en Sudáfrica con naranjas 'Washington' navel, llegan a resultados que les permiten recomendar dosis de entre 10 y 20mg.L⁻¹ según el portainjerto y el momento en que se piensa llevar a cabo la recolección (dosis más altas en citrange Troyer con respecto a limón rugoso y para cosechas más tardías). Se recomienda realizar la aplicación cuando el diámetro promedio de fruto se encuentra entre 30 y 50mm (70 a 100 días postantesis). El fosfato de urea no aumentó la eficiencia en el control del 'creasing'.

Tugwell *et al.*, (1997), trabajando con naranjas navel y 'Valencia' en Australia concluyen que dichas variedades deben ser pulverizadas a principios de enero, cuando el fruto tiene entre 30 y 50mm de diámetro, con 20mg.L⁻¹ de ácido giberélico acidificado a pH 4.0.

Gilfillan y Cutting (1992), evalúan el efecto de realizar la aplicación de ácido giberélico destinado al control del 'creasing', conjuntamente con la aplicación de aceite (0.8%) realizada en enero (hemisferio Sur) para el control de la cochinilla roja

californiana (*Aonidiella aurantii* Mask.). Los resultados muestran que la reducción del 'creasing' es menos efectiva cuando se agrega aceite. La acidificación de la solución hasta pH 4.0 mejora la eficiencia, incluso con la adición de aceite mineral. Se concluye que el aceite no debe ser mezclado con las pulverizaciones con GA₃. Si el aceite es aplicado primero, se debe dejar pasar un período de tres semanas antes de aplicar GA₃ de forma tal que el residuo de aceite sea mínimo sobre las plantas.

A nivel nacional se cuenta con los resultados de tres años de trabajo en control del 'creasing'. Las evaluaciones se realizaron en dos ensayos (Punta Espinillo y Kiyú) y en ambos casos se trató de plantas de 'Washington' navel injertadas sobre *Poncirus trifoliata*, con riego localizado. El GA₃ aplicado cuando los frutos tienen entre 40 y 55mm de diámetro, en concentraciones entre 10 y 20mg.L⁻¹ logra controlar la incidencia del 'creasing' en la mayoría de las situaciones estudiadas. Aplicaciones más tardías, no tienen efecto en el control e inciden negativamente en la coloración de los frutos. El GA₃ combinado con nitrato de K no incrementa la eficiencia del control mientras que la combinación con fosfato monoamónico muestra una tendencia a mejorarla. En cuanto al momento de aplicación, los mejores resultados se obtienen en la primera quincena de febrero (frutos entre 50 y 55mm de diámetro), aunque en algunos casos se observa un leve retraso en la toma de color. Con respecto a la severidad del desorden, en el 50% de los casos se logra disminuir el porcentaje de descarte de frutos debido a la presencia de 'creasing' (frutos con más del 10% de la cáscara afectada).

Greenberg *et al.* (1996) reportan sobre el efecto de las auxinas de síntesis en el control del 'creasing' en naranja 'Valencia'. La incidencia se reduce significativamente con la aplicación de NAA (300mg.L⁻¹, diámetro promedio 15.5mm). La acidificación de la solución con H₃PO₄ (0.10%) incrementa el efecto y reduce la incidencia de 'creasing' a 19.5% comparado contra 37.5% en el NAA sin acidificar y 68.2% del testigo. Las aplicaciones con 2,4-DP no tienen efecto sobre la incidencia del desorden. Trabajos posteriores (Greenberg *et al.*, 2000) confirman estos resultados en naranja navel 'Newhall' y 'Carter'.

3. MATERIALES Y METODOS

El material vegetal a analizar proviene de un ensayo ubicado en Punta Espinillo, en el departamento de Montevideo (35° Latitud Sur), en el que se evaluaron tratamientos para el control del 'creasing'. Se utilizaron plantas de naranjo 'Washington' navel [*Citrus sinensis* (L.) Osbeck] de 16 años de edad, injertadas sobre *Poncirus trifoliata* (L.) Raf, con riego localizado. Los tratamientos consistieron en la aplicación de ácido giberélico (GA_3 , 20mgL^{-1}), fosfato monoamónico ($NH_4H_2PO_4$, 2%) y un testigo. Las aplicaciones fueron realizadas el 7/02/00, con un diámetro promedio de fruto de 52mm. En ambos casos se acidificó la solución con la adición de un coadyuvante (BB5), llevándose a un pH de 4.5 en el caso del primer tratamiento y a 5.5 en el caso del segundo. Los árboles fueron pulverizados con puntero, aplicándose 5 litros por planta, de forma de mojar completamente el follaje (2400L/há). El diseño del experimento fue en bloques completos al azar con cinco repeticiones y dos plantas por parcela.

3.1 ANÁLISIS FOLIAR

El 10/4/00 se realizó el muestreo foliar para análisis en laboratorio, el cual consistió de 15 hojas por parcela, correspondientes al tramo medio de brotes cortos, no fructíferos, de la brotación de primavera. Las hojas tomadas en las primeras horas de la mañana y conservadas a baja temperatura se trasladaron inmediatamente al laboratorio donde luego de ser lavadas con agua corriente y posteriormente con agua destilada, se secaron en estufa de aire forzado a 60°C durante 48 horas. Las muestras una vez secas se molieron en molino Wiley y se procedió al análisis de N, P, K, Ca y Mg. En el caso de N, P y K se realizó una digestión de la muestra por vía húmeda con ácido sulfúrico y perhidrol (H_2O_2). El N se determinó por el método de Kjelhdal, el P por el método colorimétrico (Murphy-Riley) y el K por espectrofotometría de emisión. En el caso del Ca y Mg se realizó una calcinación de la muestra en mufla a 550°C , disolviéndose posteriormente la muestra con ácido clorhídrico (10%). Se determinó Ca y Mg por espectrofotometría de absorción atómica.

3.2 EVALUACIÓN DE INCIDENCIA

La segunda etapa del trabajo de campo se llevó a cabo en la cosecha, realizada el 25 de julio del 2000, momento en el cual se realizó una evaluación de incidencia de 'creasing' en el 100% de la fruta cosechada.

3.3 ANÁLISIS MINERAL DE CÁSCARA

Inmediatamente finalizada la cosecha se procedió a la preparación de las muestras de cáscara de fruta para el análisis de nutrientes en laboratorio. Los frutos a utilizar fueron lavados, luego se extrajo la cáscara (flavedo y albedo), colocándose posteriormente en estufa de aire forzado a 60°, durante 48 horas. Se registró el peso fresco de fruto y de cáscara. Las muestras secas se molieron en molino Wiley. Se analizó la totalidad de la cáscara de diez frutos por tratamiento, cinco de ellos con 'creasing' y cinco que no manifestaran el desorden. Por otro lado, se procedió al análisis por separado de porciones de cáscara con 'creasing' y porciones sin 'creasing', tomándose para ello cinco frutos por tratamiento. Los elementos analizados, y los procedimientos utilizados fueron los mismos que en el caso del análisis foliar. En todos los casos los frutos con 'creasing' seleccionados manifestaban alta severidad del desorden.

3.4 ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Los resultados obtenidos fueron analizados mediante el sistema de análisis estadístico SAS (1997).

4. RESULTADOS

4.1 ANÁLISIS FOLIAR

Los resultados de la concentración foliar de los cinco macronutrientes analizados no muestran diferencias significativas entre tratamientos (Cuadro 1).

Cuadro 1. Concentración foliar de cinco macronutrientes y relación K/Ca en terminales no fructíferos para los tres tratamientos de control de 'creasing'.

Tratamiento	N (%)	P (%)	K (%)	Ca (%)	Mg (%)	K/Ca
Testigo	2.55	0.17	1.46	2.62	0.22	0.569
GA ₃	2.64	0.16	1.46	2.74	0.22	0.546
NH ₄ H ₂ PO ₄	2.56	0.18	1.51	2.72	0.20	0.566

No se registraron diferencias significativas entre tratamientos ($p \leq 0.10$)

4.2 ANÁLISIS DE CÁSCARA

4.2.1 Frutos enteros

Los datos de peso fresco de los frutos utilizados para el análisis de cáscara completo obtenidos durante la preparación de las muestras se presentan en el Cuadro 2.

Cuadro 2. Pesos frescos de fruto y de cáscara

Fruto	Peso de fruto (g)	Peso de cáscara (g)
Con 'creasing'	209.3 b	56.3 b
Sin 'creasing'	314.3 a	94.2 a

Letras diferentes en una misma columna indican diferencias significativas (test de Tukey, $p \leq 0.10$)

Se observan diferencias significativas en el peso de frutos y cáscara entre los frutos muestreados con y sin la presencia del desorden.

Los resultados del análisis estadístico muestran que no existe interacción entre el tratamiento y la presencia o ausencia de 'creasing' en el caso del N, P, Ca y Mg. Debido a esto, se presentan los promedios sin considerar los diferentes tratamientos (Cuadro 3).

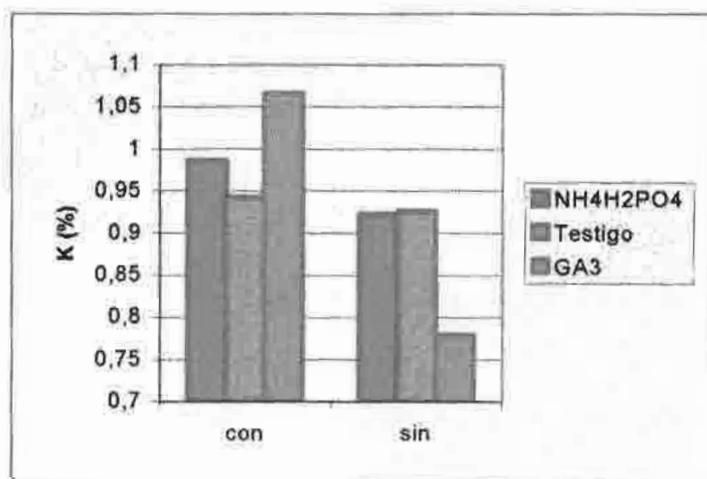
Cuadro 3. Análisis mineral de cáscara de frutos enteros con y sin 'creasing'.

Fruto	N (%)	P (%)	Ca (%)	Mg (%)
Con 'creasing'	0.867 ns	0.064 a	0.301 b	0.086 ns
Sin 'creasing'	0.825 ns	0.058 b	0.335 a	0.085 ns

Letras diferentes en una misma columna indican diferencias significativas (test de Tukey, $p \leq 0.10$)

Se registran diferencias significativas solo en el caso del P y del Ca, siendo más altas las concentraciones del primero en la cáscara de los frutos con 'creasing', mientras que en el caso del Ca se presentan mayores concentraciones en la cáscara de frutos sin 'creasing'. En cuanto al N, se observa una tendencia a la presencia de mayores niveles de este nutriente en los frutos afectados.

En lo que refiere al K, se registró interacción entre tratamiento y tipo, razón por la cual se presentan los valores promedio por tratamiento y por tipo de fruto (Figura 1).

Figura 1. Contenido de K en cáscara de frutos enteros con y sin 'creasing'. Promedios por tratamiento.

Se observan diferencias significativas entre las concentraciones de K en la cáscara de frutos tratados con ácido giberélico, siendo las mismas superiores en los frutos afectados. La misma tendencia se verifica en el caso del tratamiento con fosfato monoamónico, por el contrario, en el caso del testigo los valores de K son similares entre frutos con y sin 'creasing'.

Se encuentra una correlación positiva y alta ($r=0.52$) entre el peso fresco del fruto y la concentración de Ca en la cáscara. Por otro lado se obtiene una correlación negativa entre el peso de cáscara y la concentración de K ($r=-0.376$), siendo positiva en el caso del Ca ($r=0.393$).

La relación K/Ca encontrada es estadísticamente mayor en la cáscara de frutos con 'creasing' (datos no presentados).

4.2.2 Análisis por zonas.

Se registran mayores contenidos de N, P y K en la zona de cáscara con presencia de 'creasing', ocurriendo lo contrario en el caso del Ca, nutriente que aparece en mayores concentraciones en la zona de la cáscara no afectada. No se registran diferencias significativas en el caso del Mg (Cuadro 4).

Cuadro 4. Análisis mineral de cáscara por zona de fruto. Promedios por tratamiento.

Zona	N (%)	P (%)	K (%)	Ca (%)	Mg (%)
Con 'creasing'	0.963 a	0.0670 a	0.987 a	0.331 b	0.087 ns
Sin 'creasing'	0.777 b	0.0587 b	0.925 b	0.372 a	0.092 ns

Letras diferentes en una misma columna indican diferencias significativas (test de Tukey, $p \leq 0.10$)

Por último, la relación K/Ca encontrada es significativamente mayor en las porciones de cáscara con 'creasing' (datos no presentados).

4.3 INCIDENCIA DE 'CREASING'

En el Cuadro 5 se presentan los porcentajes de fruta afectada evaluados en cosecha.

Cuadro 5. Incidencia de 'creasing' en cosecha. Promedios por tratamiento.

Tratamiento	Incidencia (%)
Testigo	27
GA ₃	17.7
NH ₄ H ₂ PO ₄	31.7

No se registraron diferencias significativas entre tratamientos ($p \leq 0.10$)

5) DISCUSION

Los niveles foliares de N encontrados se encuentran dentro del rango óptimo correspondiente al estándar de Embleton *et al.* (1978), siendo cercanos al valor presentado como óptimo por Mara y Gofñi (1982) para Valencia en la zona de Salto. El P y el K presentan concentraciones que se ubican por encima del rango óptimo del estándar de Embleton *et al.* (1978), mientras que ocurre lo contrario para el Ca y el Mg, ubicándose ambos en valores por debajo del rango óptimo de acuerdo a estos mismos autores.

No es posible establecer relaciones entre las concentraciones foliares de nutrientes y la incidencia de 'creasing'. Las parcelas tratadas con ácido giberélico y fosfato monoamónico, con porcentajes de fruta afectada de 17 y 31.7% respectivamente, no se diferencien estadísticamente en los porcentajes de 'creasing', pero se aprecia una clara tendencia a la reducción del mismo con la aplicación de ácido giberélico. Sin embargo, esta reducción en la manifestación del desorden no se asocia con modificaciones en las concentraciones de macronutrientes en hojas.

De acuerdo con Embleton *et al.* (1978) un incremento de los contenidos foliares de N desde 2 a 2.6% y de K desde 0.3 a 1.7%, así como una reducción del P por debajo de 0.14%, se encuentran asociadas con una reducción en la incidencia del 'creasing'. Según esto, la alta incidencia encontrada en cosecha para los tres tratamientos podría estar explicada por los altos contenidos de P. Sin embargo, las concentraciones de K y N no se encuentran en valores que permitan explicar una alta incidencia.

Tomando en conjunto la información suministrada por el análisis de cáscara de frutos enteros y el análisis por zonas de fruto, es posible asociar las menores concentraciones de Ca con la presencia de 'creasing', hecho que también fue observado por Jones *et al.* (1967). Se descarta que las diferencias encontradas en el caso del análisis de cáscara completa se deban a las diferencias en peso de cáscara entre frutos con y sin 'creasing', dado que las concentraciones de Ca son también mayores en las zonas afectadas del fruto. Numerosos desórdenes fisiológicos han sido vinculados a una insuficiencia localizada de Ca (Shear, 1975). También ha sido citado que este nutriente retrasa la maduración en mandarinas (Jackson, 1992) y que la aplicación foliar de nitrato de Ca reduce la incidencia de 'peel pitting' en mandarinas 'Fortune' (Zaragoza *et al.*, 1996). La degradación de los pectatos es mediada por la enzima poligalacturonasa, la cual es fuertemente inhibida por altas concentraciones de Ca^{+} . De acuerdo con esto, en tejidos deficientes en Ca, la actividad de la poligalacturonasa se incrementa, siendo la desintegración de las paredes celulares y el colapso de los tejidos afectados un síntoma típico de la deficiencia de este nutriente (Marschner, 1986). Monselise *et al.* (1976) encuentran mayor actividad pectolítica y acumulación de productos de la degradación de pectinas en los tejidos con 'creasing'. El hecho de que las concentraciones foliares de

este nutriente se encontraran por debajo del rango óptimo sugiere una posible insuficiencia del mismo para abastecer a los frutos. Dado que el Ca se acumula en los frutos durante la fase de división celular y primera parte de la de elongación celular, pero no durante la maduración (Treeby *et al.*, 2000), que la translocación del Ca por vía floemática se encuentra impedida por diversos mecanismos (Ferguson, 1980) y que la disponibilidad fue posiblemente restringida, es posible inferir que una alta proporción de los frutos haya sufrido distintos grados de deficiencia de este nutriente, siendo esto uno de los posibles factores desencadenantes de la ocurrencia de 'creasing'. Según esto, debería haber existido algún factor que determinara una baja absorción de Ca durante dicha etapa o eventualmente una insuficiencia de Ca a nivel del suelo. El hecho de que es posible obtener reducciones en la incidencia del desorden con la aplicación de Ca foliar luego de finalizada la fase de división celular (Treeby *et al.*, 2000), podría confirmar las relaciones encontradas en este estudio.

Otro resultado que estaría confirmando la existencia de una relación entre el Ca y la ocurrencia del 'creasing' se refiere a las relaciones K/Ca encontradas, si se tiene en consideración que el K es un nutriente antagónico del Ca. Tanto en el análisis de cáscara completa, como en el análisis por zona, se obtiene una mayor relación cuando el desorden está presente, alcanzándose en ambos casos significancia estadística.

En el caso del P, existe una clara asociación entre la presencia de 'creasing' y mayores concentraciones de este nutriente en cáscara de frutos, así como también en las zonas afectadas de los mismos. Estos resultados concuerdan con los obtenidos por Embleton *et al.*, (1973), Le Roux y Crous y Fourie y Joubert, citados por Holtzhausen (1981), en lo que refiere a la asociación del 'creasing' con mayores dosis de aplicación de este nutriente, factor que se asocia con presencia de cáscaras más finas, y mayores concentraciones en cáscara de frutos (Jones *et al.*, 1967 y Gambetta *et al.*, en prensa). Pese a no haberse registrado diferencias significativas en el caso del análisis foliar en las concentraciones de P, se observa una tendencia a mayores concentraciones de este nutriente a medida que disminuye la efectividad del tratamiento, observándose el menor valor promedio en el caso del tratamiento con ácido giberélico (17,7% de 'creasing', y el mayor en el caso de la aplicación de fosfato monoamónico (31,7%).

En el caso del N no se verifican diferencias en la concentración en cáscara completa de frutos con y sin 'creasing', contrariamente a lo reportado por Jones *et al.* (1967), quienes encuentran mayores valores en frutos con 'creasing'. En el caso del análisis de cáscara por zona de fruto, se encuentran mayores porcentajes en la porción afectada, lo que podría explicarse, de acuerdo con los resultados de Monselise *et al.* (1976), por una mayor demanda de este nutriente asociada a la síntesis de sistemas enzimáticos involucrados en la degradación de la cáscara, encontrándose una mayor incorporación de leucina marcada y mayor actividad específica de las proteínas en los tejidos con 'creasing'. El bitter pit, desorden que afecta a manzanas y peras, ha sido asociado con relaciones entre nutrientes, así como otros factores, asociados o no con

factores nutricionales. Se encuentra una relación positiva entre el N en fruto y la incidencia de 'bitter pit' en manzana, aunque el rol de este nutriente en el desarrollo del desorden aún no es entendido con claridad. Aparentemente, las aplicaciones de N bajo la forma de NH_4^+ resultarían en bajos niveles de Ca en fruto e incrementarían la incidencia del desorden (Terblanche *et al.*, 1980). Van Schreven, citado por Terblanche *et al.* (1980) sugiere que la fertilización con N tiene un efecto indirecto en la incidencia de 'bitter pit' por el incremento que provoca en la relación hoja/fruta y en el tamaño de fruto, sin embargo no es posible trasladar directamente estos resultados al caso de frutos cítricos y a la incidencia del 'creasing'.

La diferencia encontrada en la concentración de K en frutos con y sin 'creasing' en función de los tratamientos aplicados, no puede ser explicada con la información disponible. La mayor concentración de este nutriente en la cáscara de los frutos con 'creasing' en las parcelas tratadas con ácido giberélico, coincide con lo presentado por Jones *et al.* (1967) en naranja 'Valencia', comportamiento que no se verifica en los otros dos tratamientos. Considerando además el estudio por zonas del fruto, se evidencia una asociación entre el mayor contenido de K en la cáscara y la presencia del desorden. De acuerdo con estos mismos autores, la ausencia de 'creasing' estaría relacionada con un mayor grosor de la cáscara, asociado con un mayor tenor de este nutriente, pero no al efecto del K *per se*. El K, generalmente asociado con aniones de ácidos orgánicos, es el principal soluto requerido en las vacuolas para la elongación celular. Sin embargo, de allí en adelante puede ser reemplazado en las vacuolas para el mantenimiento de la turgencia por otros solutos como azúcares reductores (Marschner, 1986), lo que sugiere que el efecto positivo de una mayor concentración de este nutriente se ubicaría en etapas tempranas del desarrollo del fruto. La respuesta a las aplicaciones de K en el control del desorden no ha sido consistente, reportándose efectos positivos (Jones *et al.* (1967) en ensayos donde las plantas testigo presentaban concentraciones foliares de K del orden de 0.34% (terminales no fructíferos), mientras que Bar Akiva (1975), con concentraciones foliares de 0.55% (terminales fructíferos), Monselise (1976) y Gambetta *et al.* (2000) no obtienen una reducción de la incidencia por medio de la aplicación foliar de KNO_3 o sales potásicas. Terblanche *et al.* (1980) confirman la existencia de una relación positiva entre la incidencia de bitter pit en manzana y el K en fruto, asociándose este hecho al posible efecto de este nutriente sobre los niveles de ciertos ácidos orgánicos, así como por su inhibición sobre los niveles de Ca en fruto.

Los resultados obtenidos en los análisis foliares y de cáscara permiten concluir que no existe asociación entre los contenidos de Mg en el momento de la cosecha y la ocurrencia del desorden, no confirmándose las diferencias encontradas por Jones *et al.* (1967) en referencia a las concentraciones de Mg entre frutos con y sin 'creasing'.

Es posible que existan asociaciones entre el contenido de nutrientes en etapas más tempranas de desarrollo del fruto y la ocurrencia del 'creasing', pero dada la tardía

manifestación del desorden, un análisis realizado en fases iniciales de crecimiento no podría correlacionarse con la posterior aparición de los síntomas.

En lo que refiere al efecto de los tratamientos aplicados, no se observa un efecto de los mismos sobre el balance nutricional en hojas y cáscara de frutos, con la excepción de lo observado en el caso de la concentración de K en cáscara completa de frutos con y sin 'creasing'. Según esto, el efecto de estos tratamientos sobre la incidencia del desorden no se debería a su interacción con los nutrientes estudiados.

6) CONCLUSIONES

Los resultados permiten establecer asociaciones entre la concentración de N, P, K y Ca en cáscara de frutos y la ocurrencia del 'creasing', pero no con las concentraciones foliares de dichos nutrientes. Los elementos que muestran una más clara relación son el Ca y el P, encontrándose mayores concentraciones del primero en la cáscara completa de frutos sanos y en las porciones de cáscara no afectadas, ocurriendo lo contrario en el caso del P. Dado que la relación del Ca con numerosos desórdenes fisiológicos ha sido comprobada en un amplio número de trabajos, y considerando que se ha logrado una reducción de la incidencia de 'creasing' con la aplicación foliar de este nutriente, los resultados de este estudio permiten confirmar la asociación de este desorden con la disponibilidad y acumulación de Ca en los frutos. El N y el K muestran una asociación con el desorden, pero fundamentalmente cuando el análisis se realiza separando porciones sanas y afectadas. Los tratamientos considerados no mostraron efectos relevantes sobre las concentraciones de estos macronutrientes en hojas y en cáscara de frutos en relación con el 'creasing', lo cual indica que el efecto de dichos tratamientos en el control del desorden no se encuentra vinculado a la modificación de balances nutricionales.

7) RESUMEN

El 'creasing' es un desorden fisiológico que afecta a la fruta cítrica, tornándola inadecuada para la exportación. En Uruguay, donde el principal objetivo de la producción de cítricos es la exportación, los altos porcentajes de descarte debido a este desorden determinan cuantiosas pérdidas económicas. Numerosos factores han sido asociados con el desorden, tales como la carga de fruta, posición del fruto en la planta, clima, riego, determinantes genéticos y nutrición mineral, no alcanzándose resultados concluyentes sobre la influencia de los mismos en la mayoría de los casos. El objetivo de este trabajo es profundizar en el estudio de la influencia de la nutrición mineral sobre la incidencia del 'creasing', a través del análisis mineral de hojas y cáscara de frutos sanos y afectados. El experimento se realizó en Punta Espinillo (35° latitud Sur) en plantas de la variedad 'Washington' navel, injertadas sobre *Poncirus trifoliata*, bajo riego localizado. El diseño del experimento fue en bloques al azar con 5 repeticiones y 3 tratamientos para el control del 'creasing'. Los tratamientos consistieron en aplicación de GA₃ (7/2/00, 20mgL⁻¹), aplicación de fosfato monoamónico (7/2/00, 2%) y testigo. Se realizó un muestreo para análisis foliar en abril, tomándose hojas de terminales no fructíferos. Los nutrientes analizados fueron N, P, K, Ca y Mg. La cosecha se llevó a cabo el 25/7/00, momento en el cual se realizó una evaluación de incidencia del desorden en el 100% de la fruta cosechada. Se realizaron análisis de cáscara de frutos (albedo y flavedo) para la determinación de N, P, K, Ca y Mg, utilizándose dos criterios; por un lado se analizó la totalidad de la cáscara de frutos sanos y de frutos afectados, y por otro se analizó por separado porciones sanas y afectadas de la cáscara de un mismo fruto. Los resultados no muestran diferencias estadísticas en la concentración foliar de los cinco macronutrientes. La incidencia verificada en cosecha fue 17.7, 27 y 31.7% para el GA₃, testigo y fosfato monoamónico respectivamente. Se verificó una mayor concentración de P y menor de Ca en cáscara completa de frutos con 'creasing', independientemente de los tratamientos. En las parcelas tratadas con GA₃ se registraron diferencias significativas en la concentración de K en la cáscara de frutos sanos y afectados, siendo mayor en estos últimos. El análisis por zona de fruto mostró mayor concentración de N, P y K en las zonas afectadas y menor de Ca, independientemente de los tratamientos. Según estos resultados, el mecanismo por el cual los tratamientos logran una modificación en la incidencia del desorden no estaría relacionado con la modificación de balances nutricionales.

8) BIBLIOGRAFIA

1. ABADALLA, K.M.; BADAWI, A.M.; TEWFIK, A.A. 1984. Anatomical aspects of creasing development in citrus rind. Proc. Int. Soc. Citriculture, 1:267-271.
2. AGUSTÍ, M. 1998. Factores precosecha que afectan la calidad de los frutos cítricos. I. Factores medioambientales. Todo Citrus, 1: 22-34.
3. AGUSTÍ, M.; ALMELA, V.; AZNAR, M.; JUAN, F.; ERES, V. 1995. Desarrollo y tamaño final del fruto de los agrios. Generalitat Valenciana. Conselleria D'Agricultura, pesca i alimentació. Sèrie divulgació tècnica. No. 32. 80p.
4. ALMELA, V.; ZARAGOZA, S.; PRIMO-MILLO, E.; AGUSTI, M. 1994. Hormonal control of splitting in 'Nova' mandarin fruit. J. of Hort. Sci. 69(6): 969-973.
5. ANWAR, A.; SUMMERS, L.L.; KLEIN, G.J.; LOVATT, C.J. 2000. Albedo breakdown in California. Tomado de ISC Congress 2000. Program and abstracts:128.
6. AZCON-BIETO, J.; TALON, M. 1993. Fisiología y bioquímica vegetal. Interamericana McGraw-Hill. 581p.
7. BAIN, J.M. 1958. Morphological, anatomical, and physiological changes in the developing fruit of the 'Valencia' orange [*Citrus sinensis* (L.) Osbeck]. Aust. J. Bot., 6: 1-24.
8. BAR-AKIVA, A. 1975. Effect of foliar application of nutrients on creasing of 'Valencia' oranges. HortScience, 10(1):69-70.
9. BARBAZAN, M.; ZAMALVIDE, J. P. 1997. Análisis de plantas. In Manejo de la fertilidad en producciones intensivas (Horticultura y Fruticultura). Montevideo. Facultad de Agronomía. pp:41-45.
10. BEN ARIE, R., SAKS, Y., SONEGO, L., FRANK, A. 1996. Cell wall metabolism in giberellin-treated persimmon fruits. Plant Growth Regul., 19:25-33.
11. CHAPMAN, H.D. 1960. Leaf and soil analysis in citrus orchards. Univ. Calif. Div. Agr. Sci. Ext. Serv. Manual. 25:53 pp.
12. COGGINS, C.W. 1969. Giberellin research on citrus rind aging problems. Proc. 1st Int. Citrus Symp., 3:1177-1185.

13. COGGINS, C.W. 1981. The influence of exogenous growth regulators on rind quality and internal quality of citrus fruits. *Proc. Int. Soc. Citriculture*, 1:214-216
14. COGGINS, C. W.; EAKS, I.L. 1964. Rind staining and other rind disorders of navel orange reduced by gibberelin. *California Citrog.* 50(2):47.
15. EMBLETON, T.W.; JONES, W; LABANAUSKAS, C.K.; REUTHER W. 1973. Leaf analysis as a diagnostic tool and guide to fertilization *In* *The Citrus industry*. W. Reuther Ed. Vol III. pp:183-210
16. EMBLETON, T.W.; JONES, W.; PALLARES, C.; PLATT, R. G. 1978. *Proc. Int. Soc. Citriculture*:280-285.
17. ERICKSON, L.C. 1968. The general physiology of citrus. *In* *The Citrus Industry, II*, W. Reuther, L.D. Batchelor, H.J. Weber (eds), Univ. Calif., Div.Agr.Sci., California.
18. FERGUSON, I.B. 1980. The uptake and transport of calcium in the fruit tree. *In* *Mineral nutrition of fruit trees*. D. Atkinson, J. E. Jackson, R. O. Sharples and W. M. Waller. Gran Bretaña. Butterworths. pp:183-192.
19. GAMBETTA, G.; ARBIZA, H.; FERENCZI, A.; GRAVINA, A.; ORLANDO, L.; SEVERINO, V.; TELIAS, A. 2000. Estudio y control del "Creasing" en naranja 'Washington' navel (*Citrus sinensis* (L.) Osbeck). *In* *Memorias de las Jornadas de presentación de resultados de investigación y desarrollo tecnológico del rubro Citrus*:13-16.
20. GAMBETTA, G.; ARBIZA, H.; FERENCZI, A.; GRAVINA, A.; ORLANDO, L.; SEVERINO, V.; TELIAS, A. 2000. Creasing on 'Washington' navel orange (*Citrus sinensis* (L.) Osbeck) in Uruguay. Study and control. *Tomado de ISC Congress 2000. Program and abstracts*:126.
21. GIERSON, W. 1981. Physiological disorders of citrus fruits. *Proc. Int. Soc. Citriculture*, 2: 764-767.
22. GILFILLAN, I. M.; STEVENSON, J.A.; WHAL, J. P. 1981. Control of creasing in Navels with gibberelic acid. *Proc. Int. Soc. Citriculture*, 1:224-226.
23. GILFILLAN, I. M.; CUTTING, J.G.M. 1992. Creasing reduction en navel oranges: lower efficacy of gibberellic acid in spray mixtures containing petroleum oil. *Proc. Int. Soc. Citriculture*, 1: 527-529.

24. GONZALEZ-ALTOZANO, P.; CASTEL, J. R. 1999. Regulated deficit irrigation in 'Clementina de Nules' citrus trees. I. Yield and fruit quality effects. *Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, 74 (6):706-713
25. GOÑI, C. 1997. Fertilización en cítricos. In *Manejo de la fertilidad en producciones intensivas (Horticultura y Fruticultura)*. Montevideo. Facultad de Agronomía. pp:83-94.
26. GRAVINA, A. 1998. Producao de citros para exportacao no Uruguai. V Seminario Internacional de Citros. *Tratos culturais, Anais. Bebedouro*. pp:273-288
27. GRAVINA, A.; FERENCZI, A.; GAMBETTA, G.; ARBIZA, H.; ORLANDO, L. 1998. Incidencia y control del creasing en naranja W. Navel (*Citrus sinensis* L.Osbeck). In *Quinto Seminario Internacional de Citros. Tratos culturais, Anais. Bebedouro*. pp:44-45
28. GREENBERG, J.; ESTHEL, G.; GOTFREED, A. 1996. Effects of NAA, 2,4-D and 2,4-DP on yield, fruit size and creasing of 'Valencia' orange. *Proc. Int. Soc. Citriculture*, 1:934-937.
29. GREENBERG, J.; MOSSAK, I.; KAPLAN, I. 2000. Effects of NAA and 2,4-DP on fruit size, yield, and creasing of 'Newhall' and 'Carter' navel oranges. *Tomado de ISC Congress 2000. Program and abstracts*:154.
30. HOLTZHAUSEN, L.C., 1969. Observations on the developing fruit of *Citrus sinensis* cultivar Washington Navel from anthesis to ripeness. Faculty of agriculture. University of Stellenbosch. Technical communication No 91.
31. HOLTZHAUSEN, L.C. 1981. Creasing: formulating a hypothesis. *Proc. Int. Soc. Citriculture*, 1:201-204.
32. JACKSON, P.R.; AGUSTÍ, M.; ALMELA, V.; JUAN, M. 1992. Tratamientos para mejorar la conservación del fruto de mandarina Fortune. *Levante agrícola*, 317:16-22.
33. JONA, R., GOREN, R.; MARMORA, M. 1989. Effect of gibberellin on cell-wall components of creasing peel in mature 'Valencia' orange. *Scientia Horticulturae*, 39 (2): 105-115. *Tomado de Horticultural Abstract* 59 (9): 7876.1989.
34. JONES, W.W.; EMBLETON, T.W.; GARBER, M.J.; CREE, C.B. 1967. Creasing of orange fruit. *Hilgardia*, 38 (6): 230-240.

35. KLOTZ, L. J. 1978 Fungal, bacterial, and nonparasitic diseases and injuries originating in the seedbed, nursery, and orchard. *In* The citrus industry. W. Reuther ed. University of California. Division of Agricultural Science. Pp: 1-66.
36. KLOTZ, L. J.; COGGINS, C.W., DE WOLFE, T. A. 1966. Rind breakdown of navel oranges. *Calif. Citrog*, 51(5):174, 196.
37. LEWIS, LN., COGGINS, C.W., LABANAUSKAS, C.K. and DUGGER, W.M. 1967. Biochemical changes associated with natural and gibberellin A₃ delayed senescence in the navel orange rind. *Plant Cell Physiol.* 8:151-160.
38. MARA, H., GOÑI, C., DOTI, R., SECONDI, A. 1982. Análisis foliar. Muestreo de hoja fructífera vs hoja no fructífera. Fertilización en citrus en base a análisis foliar, Boletín técnico N° 6. R.O.U. M.A.P. Dirección de suelos. Dirección general de investigación agropecuaria.
39. MARA, H., GOÑI, C., DOTI, R., SECONDI, A. 1982. Determinación de la variación estacional de los niveles de macronutrientes N, P y K en montes de naranja Valencia sobre pie Trifolia en hoja fructífera y hoja no fructífera. Fertilización en citrus en base a análisis foliar, Boletín técnico N° 6. R.O.U. M.A.P. Dirección de suelos. Dirección general de investigación agropecuaria.
40. MARSCHNER, H. 1986. Mineral nutrition of higher plants. 2da reimp. Irlanda del Norte. Academic Press. 674p.
41. MARTINEZ, D. 1995. Causas de descarte zafra 1995. *Citrus*, 27:18-19.
42. MONSELISE, S.P.; WEISER, M.; SHAFIR, N.; GOREN, R.; GOLDSCHMIDT, E.E. 1976. Creasing of orange peel – physiology and control. *Journal of Horticultural Science*, 51: 341-351.
43. REITZ, H. J. and KOO, R.C.J. 1959. Effect of nitrogen and potassium fertilization on yield, fruit quality, and leaf analysis of Valencia orange. *Fla. Agr. Exp. St. J. Series*, 926: 244-252.
44. SAS/STAT[®] Software: Changes and enhancements through release 6.12, Cary, NC:SAS Institute Inc., 1997. 1167 pp.
45. SHEAR, C. B. 1975 Calcium-related disorders of fruits and vegetables. *Hortscience* 10(4): 361-365.

46. STOREY, R.; TREEBY, M. 1994. The morphology of epicuticular wax and albedo cells of orange fruit in relation to albedo breakdown. *Journal of Horticultural Science*, 69 (2):239-338.
47. STOREY, R.; TREEBY, M. 1999. Short- and long- term growth of navel orange fruit. *Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, 74(4): 464-471.
48. STOREY, R. and TREEBY, M. 1999. Seasonal changes in nutrient concentrations of navel orange fruit. *Sci. Hortic.*, 84: 67-82.
49. TERBLANCHE, J. H.; GURGEN, K.H.; HESEBECK, I. An integrated approach to orchard nutrition and bitter pit control. In Mineral nutrition of fruit trees. D. Atkinson, J. E. Jackson, R. O. Sharples and W. M. Waller. Gran Bretaña. Butterworths. pp:71-82.
50. TREEBY, M.T., STOREY, R. and BEVINGTON, K.B. 1995. Rootstock, seasonal, and fruit size influences on the incidence and severity of albedo breakdown in Bellamy navel oranges. *Aust. J. Exp. Agric.*, 35(1): 103-108.
51. TREEBY, M.T.; MINE, D.J.; STOREY, R.; BEVINGTON, K.B.; LOVEYS, B.R.; HUTTON, R. 2000. Creasing in Australia: causes and control. Tomado de ISC Congress 2000. Program and abstracts: 58.
52. TUGWELL, B. L.; CHVYL, W. L.; MOULDS, G.; HILL, J. 1997. Control of albedo breakdown with gibberellic acid. *Proc. Int. Soc. Citriculture*, 2: 1147-1149.
53. ZARAGOZA, S.; ALMELA, V.; TADEO, F.R.; PRIMO-MILLO, E.; AGUSTI, M. 1996. Effectiveness of calcium nitrate and GA₃ on the control of peel-pitting of 'Fortune' mandarin. *Journal of Horticultural Science* 71(2):321-326.